

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Pelat Beton Prategang

Pelat beton prategang adalah suatu struktur pelat yang dibentuk dengan memberikan tegangan awal tertentu pada baja tulangnya untuk mendukung beban-beban eksternal yang terjadi. Tujuan memberikan tegangan awal atau prategang adalah untuk menimbulkan tegangan awal tekan beton pada bagian penampang, yang nantinya akan timbul tegangan tarik pada waktu komponen struktur mendukung beban, sehingga pada saat beban bekerja seluruhnya tegangan tarik total berkurang atau bahkan lenyap sama sekali.

Sistem pelat beton prategang sangat cocok untuk struktur lantai atau atap dari bangunan-bangunan industri yang memikul beban-beban hidup dengan tingkat yang lebih tinggi dan diinginkan luasan lantai yang tidak terpotong, sehingga diperlukan bentang-bentang yang lebih panjang di antara unsur-unsur tumpuannya. Pelat beton prategang dapat ditumpu oleh dinding, tetapi lebih sering ditumpu oleh balok yang dicor secara monolit dengan pelat atau langsung ditumpu oleh kolom tanpa balok atau girder (balok penopang).

Pelat yang didukung oleh balok sepanjang dua sisi yang sejajar disebut dengan pelat beton aksi satu arah (one-way slab), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Beban-beban yang terjadi ditahan oleh pelat pada arah yang tegak

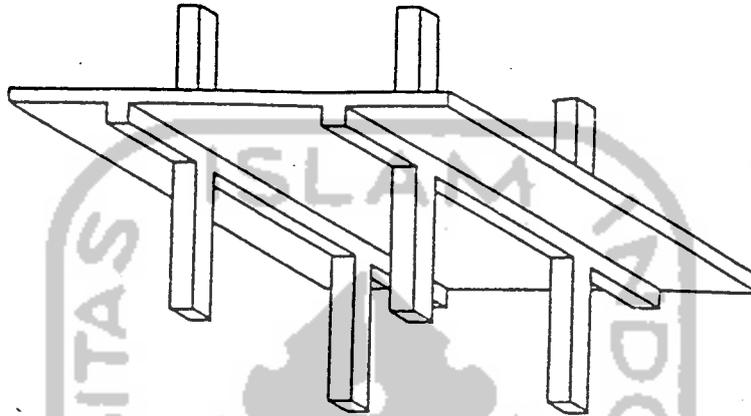
lurus terhadap gelagar-gelagar penunjang. Tetapi pelat dapat juga didukung oleh balok pada keempat sisinya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pelat jenis ini dapat juga ditumpu oleh dinding dari pasangan batu atau dinding beton bertulang. Pelat yang didukung oleh balok pada keempat sisinya dan pelat tersebut tidak menerus disebut pelat beton panel tunggal.

Dalam keadaan tertentu pelat dapat ditumpu langsung oleh kolom-kolom tanpa menggunakan balok penumpu/girder. Pelat tersebut disebut pelat datar (flat plate) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Pada umumnya pelat seperti itu dipakai untuk panjang bentang dan beban yang bekerja yang tidak terlalu besar. Untuk jenis pelat datar yang dicor di atas tanah, kemudian diangkat dengan menggunakan dongkrak yang ditempatkan pada kolom sampai elevasi yang diinginkan, disebut pelat angkat (lift slab) dengan teknik pengangkatannya ditunjukkan pada Gambar 2.4.

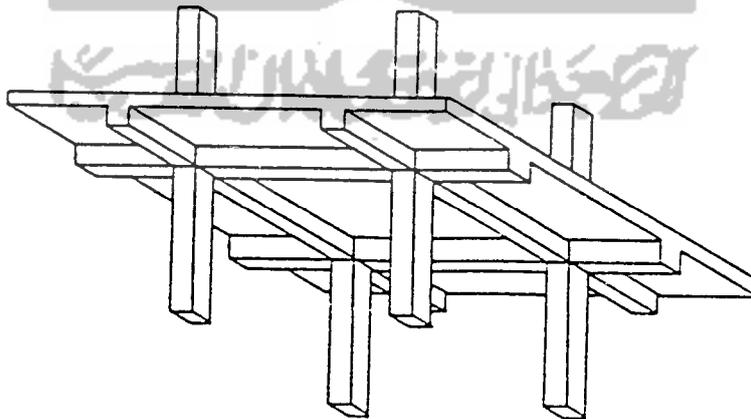
Struktur pelat tanpa menggunakan balok penumpu/girder tetapi pada bagian kolom dibawah pelat mempunyai ketebalan yang lebih besar dan berfungsi sebagai kepala kolom disebut panel turun (drop panel) dan kapital kolom (column capital), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5. Kedua jenis pelat tersebut digunakan untuk mengurangi tegangan-tegangan yang terjadi akibat geser dan momen negatif di sekitar kolom.

Jenis pelat yang didukung oleh balok-balok yang membentuk suatu anyaman (balok grid) disebut pelat anyaman (grid slab), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Jenis pelat ini bertujuan untuk mengurangi beban mati dari struktur pelat,

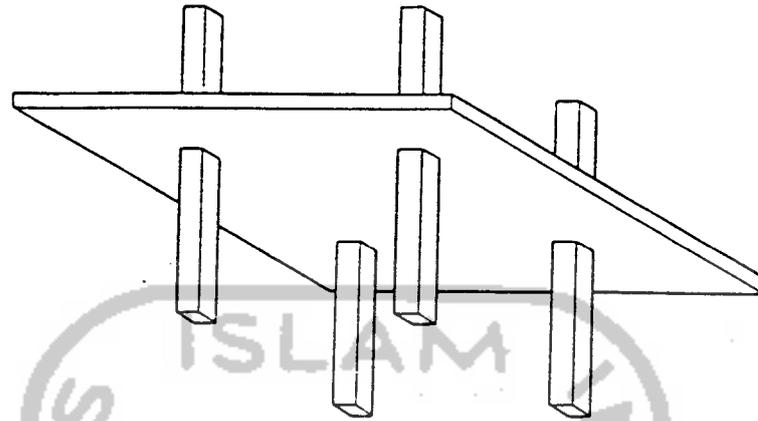
sehingga dibentuk rongga-rongga dengan pola menyerupai garis lurus yang saling berlawanan arahnya.



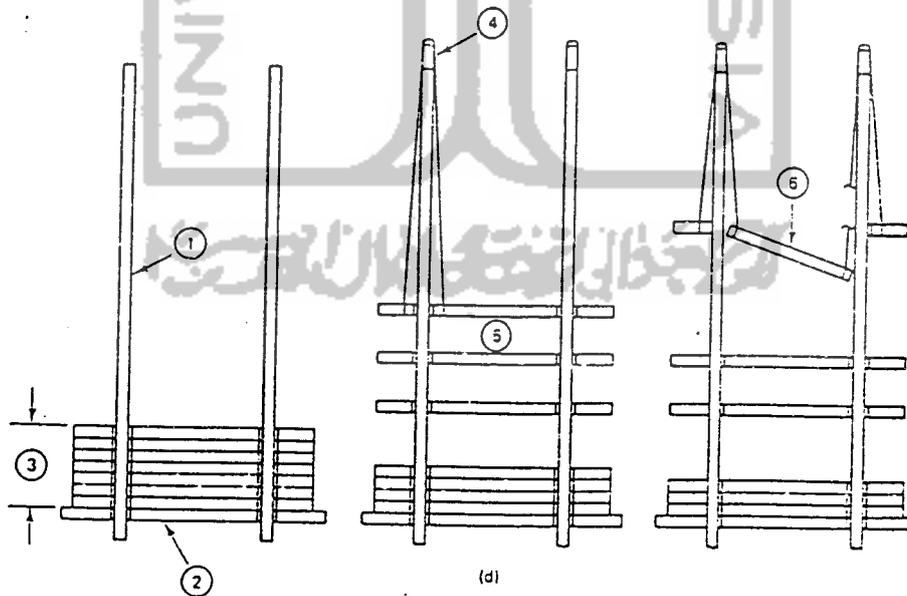
Gambar 2.1 Pelat yang ditumpu oleh balok sepanjang dua sisi yang sejajar



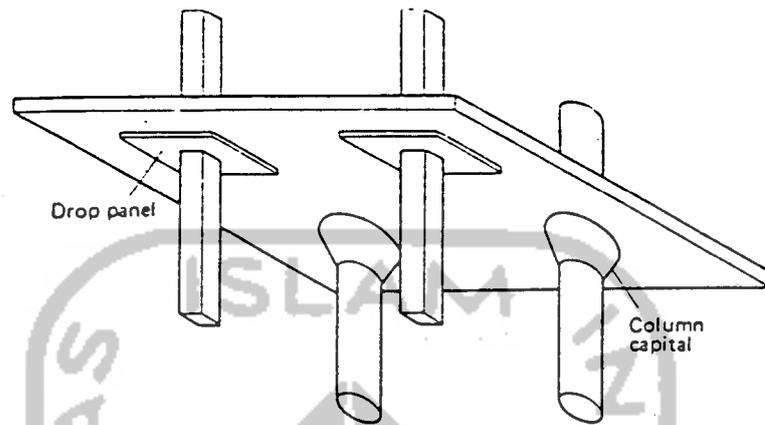
Gambar 2.2 Pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya



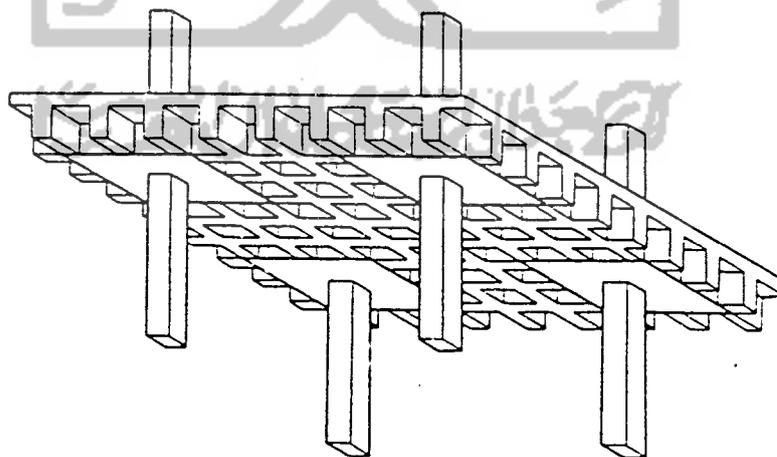
Gambar 2.3 Pelat datar (flat plate)



Gambar 2.4 Teknik pengangkatan pelat angkat (lift slab)



Gambar 2.5 Pelat panel turun (drop panel)  
dan pelat kapital kolom (column capital)

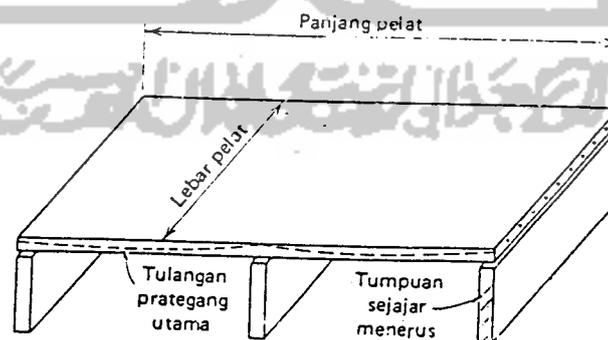


Gambar 2.6 Pelat anyaman (grid slab)

### 2.1.1 Perilaku Pelat Beton Prategang Satu Arah

Pelat beton prategang satu arah adalah struktur pelat yang baja prategangnya diletakkan sepanjang sisi yang pendek. Hampir semua tumpuan pelat tersebut menerus selebar pelat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Kadang-kadang tumpuan tersebut terputus sebelum mencapai seluruh lebar pelat, dalam hal ini bagian yang tidak tertumpu harus didisain sebagai kondisi yang berbeda.

Apabila perbandingan panjang terhadap lebar sebuah panel pelat lebih besar dari 2, maka sebagian besar beban akan ditahan oleh pelat dalam arah pendek terhadap gelagar-gelagar penunjang, sehingga tulangan-tulangan utama ditempatkan sepanjang bentang arah pendek pelat tersebut. Namun perlu juga ditambahkan tulangan non prategang pada arah melintang yang bertujuan untuk mengatasi susut dan mendistribusikan beban terpusat.

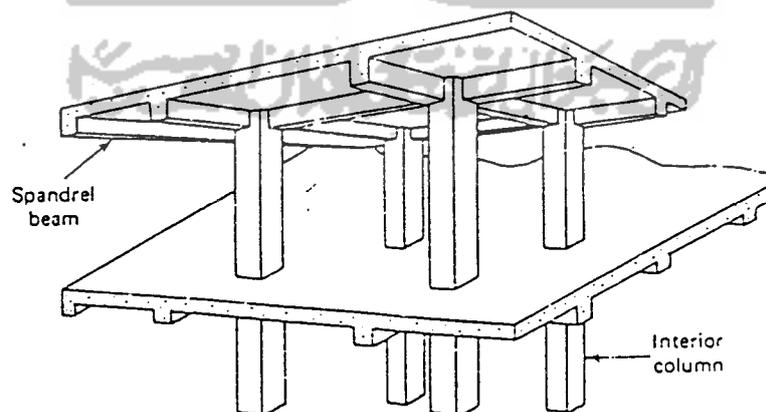


Gambar 2.7 Pelat beton prategang satu arah

Pada umumnya didalam mendisain pelat satu arah adalah dengan meninjau suatu pias pelat selebar 1 meter panjang ( $m'$ ), dan pias tersebut diperlakukan sebagai suatu balok. Gaya prategang dan eksentrisitas dari tendon ditetapkan berdasarkan tipe tendon yang digunakan. Umumnya digunakan tendon-tendon konsentris untuk prapenegangan transversal dari pelat satu arah, yang berguna untuk mencegah defleksi. Selanjutnya analisis perilaku pelat satu arah hampir sama dengan perilaku pada balok prategang.

### 2.1.2 Perilaku Pelat Beton Prategang Dua Arah

Pelat beton prategang dua arah, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 adalah struktur pelat yang baja prategangnya ditempatkan dalam dua arah yang saling tegak lurus untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja. Tendon atau baja prategang diletakkan sepanjang bentang pada masing-masing arah untuk mendapatkan kekuatan lentur pada seluruh luasan pelat.



Gambar 2.8 Pelat beton prategang dua arah

Pelat beton prategang dapat direncanakan dengan menggunakan metode perimbangan beban (load balancing) atau dengan metode balok (beam method). Kedua metode tersebut akan menghasilkan momen lawan (resisting momen) yang sama pada masing-masing arah.

Sistem pelat prategang dua arah dapat ditumpu oleh dinding atau balok pada keempat sisinya. Perencanaan dari jenis pelat tersebut meliputi perhitungan momen-momen lenturan dalam arah-arah utama pelat. Beban-beban eksternal ditahan dengan aksi pelat dua arah yang akan menghasilkan momen dalam masing-masing arah. Besar dan sifat momen yang terjadi pada pelat dua arah sangat tergantung pada tipe beban, perbandingan sisi-sisi pelat dan derajat kekangan pada tumpuan-tumpuannya.

## **2.2 Konsep Dasar Beton Prategang**

Struktur-struktur modern cenderung berkembang menuju struktur yang lebih ekonomis dengan menggunakan metode-metode perencanaan dan penggunaan material berkekuatan tinggi. Konsep tersebut dikenal dengan sistem beton prategang. Hal ini akan menghasilkan suatu penampang yang lebih ramping dan akan memberikan pengurangan pada berat struktur.

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi tertentu sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai pada batas tertentu.

Menurut T.Y Lin dan H. Burns (1988), ada tiga konsep dasar dalam menganalisis sifat-sifat dari beton prategang, yaitu sebagai berikut ini.

### 2.2.1 Sistem Prategang untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan yang Elastis

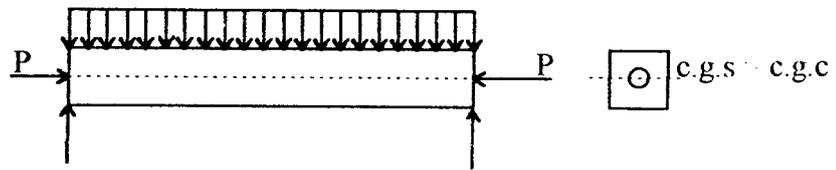
Beton merupakan material getas yang dapat ditransformasikan menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tegangan awal pada beton. Pemberian tegangan desak ini dilakukan dengan menarik baja prategang (tendon).

Kriteria tidak terjadinya tegangan tarik beton, pertama kali dikemukakan oleh Eugene Freyssinet, 1928. Dari konsep ini dapat diambil kesimpulan bahwa tidak akan terjadi retak tarik pada beton. Dengan demikian beton tidak lagi menjadi bahan yang getas, melainkan sebagai material yang elastis. Sehingga beton prategang dapat digambarkan sebagai benda yang mengalami dua sistem peribebanan yaitu gaya internal prategang dan gaya eksternal. Gaya yang diakibatkan oleh penarikan tendon akan menghasilkan gaya tekan pada beton dan dapat dilakukan secara konsentris maupun eksentris terhadap titik berat penampang beton.

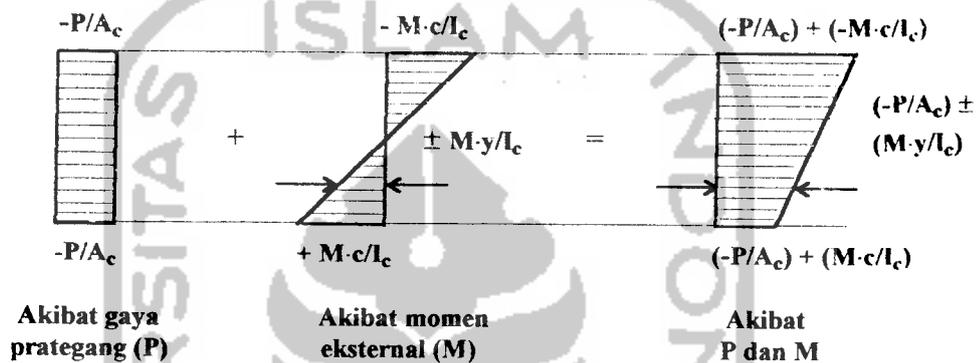
#### 1. Tendon Konsentris

Tendon prategang ditempatkan tepat pada titik berat penampang atau garis netral penampang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9, sehingga akan menghasilkan distribusi tegangan pada penampang akibat gaya prategang dan momen eksternal sebesar :

$$f = -\frac{P}{A_c} \pm \frac{M \cdot c}{I_c} \dots\dots\dots (2.1)$$



Pelat yang diberi gaya prategang dan beban eksternal

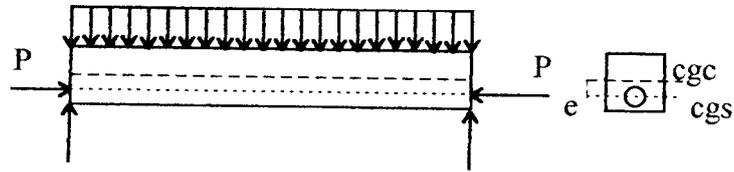


Gambar 2.9 Distribusi tegangan sepanjang penampang beton dengan tendon konsentris

2. Tendon Eksentris

Tendon prategang ditempatkan dengan menggunakan eksentrisitas baik sejajar dengan garis netral penampang beton maupun membentuk parabola yang eksentrisitasnya selalu berubah dan pada ujung bentang eksentrisitasnya nol atau sama dengan garis netral penampang beton, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Distribusi tegangan yang terjadi pada penampang beton sebesar :

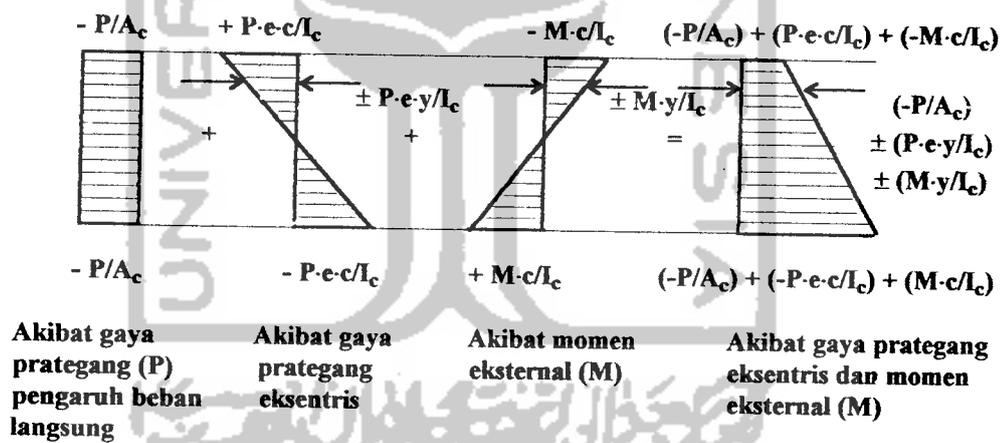
$$f = -\frac{P}{A_c} \pm \frac{P \cdot e \cdot c}{I_c} \pm \frac{M \cdot c}{I_c} \dots\dots\dots (2.2)$$



Pelat yang diberi gaya prategang dan beban eksternal dengan tata letak tendon eksentris yang eksentrisitasnya tetap (konstan)



Pelat yang diberi gaya prategang dan beban eksternal dengan tata letak tendon eksentris yang eksentrisitasnya selalu berubah (variabel)



Gambar 2.10 Distribusi tegangan sepanjang penampang beton dengan tendon eksentris

dengan :

$P$  = gaya prategang tendon (kN)

$A_c$  = luas penampang beton ( $m^2$ )

$I_c$  = momen inersia penampang ( $m^4$ )

- $M$  = momen akibat beban eksternal (kN-m)
- $f$  = tegangan yang terjadi pada serat penampang beton (Mpa)
- $e$  = eksentrisitas tendon terhadap titik berat penampang (mm)
- $c$  = jarak titik berat penampang terhadap serat terluar beton (mm)
- $y$  = jarak yang ditinjau terhadap titik berat penampang (mm)

### 2.2.2 Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton

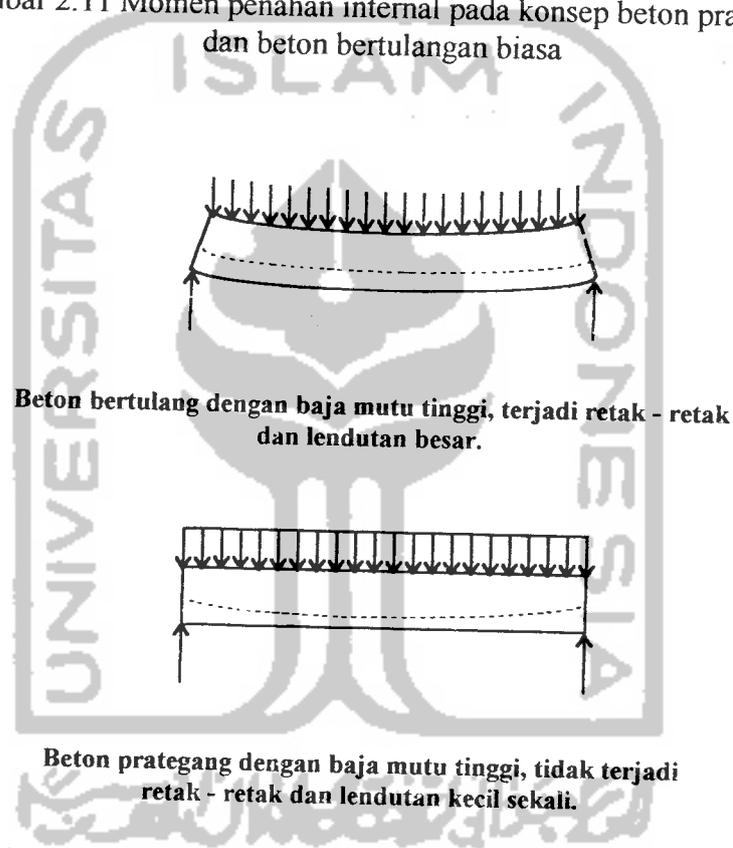
Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton seperti pada struktur beton bertulangan biasa, dengan baja tulangan untuk menahan gaya tarik dan beton menahan gaya desak. Aksi dari dua material yang bekerja tersebut membentuk momen kopel penahan untuk melawan momen eksternal, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.

Pada konsep beton prategang baja mutu tinggi dipakai dengan jalan menarik baja tersebut sebelum kekuatannya dimanfaatkan secara penuh. Jika baja mutu tinggi ditanamkan pada beton bertulangan biasa, sebelum seluruh kemampuan baja dikerahkan maka pada beton akan terjadi retak berat akibat beban luar yang bekerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.

Sedangkan didalam konsep beton prategang baja ditarik lebih dahulu, maka pada saat beban luar bekerja diharapkan pada saat beton bagian tarik mencapai tegangan ijin, tegangan pada baja juga telah mencapai tegangan ijin.



Gambar 2.11 Momen penahan internal pada konsep beton prategang dan beton bertulangan biasa



Gambar 2.12 Pelat beton dengan menggunakan baja mutu tinggi

### 2.2.3 Sistem Prategang dengan Metode Perimbangan Beban

Sistem ini didasarkan pada penggunaan gaya vertikal ke atas dari tendon (baja prategang) dengan cara menempatkan kabel tendon sesuai dengan diagram momen yang terjadi untuk mengimbangi beban-beban eksternal yang dialami pelat.

Gaya prategang dipandang sebagai suatu usaha untuk membuat kondisi yang seimbang, sehingga komponen-komponen struktur yang melentur tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan tertentu.

Jika tendon terbungkus beton akibat penarikan, akan timbul gaya ke atas yang merata. Akibat aksi gaya prategang tersebut, tendon akan memberikan beban aksial tekan dan beban terbagi merata ke atas. Adanya eksentrisitas tendon ( $e$ ) pada komponen struktur prategang tersebut, akan menghasilkan momen negatif yang akan mengimbangi momen-momen eksternal, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Beban terbagi merata dari tendon parabola

Tendon dipasang melengkung dan diletakkan dalam posisi sedemikian rupa sehingga eksentrisitas gaya prategang disepanjang komponen menyesuaikan besar momen akibat beban luar.

Prinsip-prinsip perimbangan beban dapat dilakukan dengan dua arah penegangan. Hal ini sangat cocok diterapkan dalam menganalisis pelat beton, karena tujuan dari penggunaan metoda perimbangan beban tersebut adalah mengimbangi beban luar sehingga seluruh struktur akan memiliki distribusi tegangan yang merata dalam masing-masing arah dan tidak melendut akibat pembebanan tersebut.

Besarnya gaya perimbangan yang dihasilkan oleh tendon dengan gaya-gaya yang terdistribusi secara merata ke atas adalah sebagai berikut :

$$W_{(bal)} = \frac{8 \cdot P \cdot e}{L^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$W_{netto} = W_{(total\ ke\ bawah)} - W_{(bal)}$$

$$M_{netto} = \frac{1}{8} \cdot W_{(netto)} \cdot L^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Adapun tegangan-tegangan yang terjadi pada serat penampang adalah :

$$f = -\frac{P}{A_c} \pm \frac{M_{(netto)} \cdot c}{I_c} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

$W_{(bal)}$  = beban perimbangan ( $kN/m^2$ )

$W_{(net)}$  = beban bersih eksternal ( $kN/m^2$ )

$P$  = gaya prategang tendon ( $kN$ )

$A_c$  = luas penampang beton ( $m^2$ )

$I_c$  = momen inersia penampang ( $m^4$ )

$M_{(net)}$  = momen bersih eksternal ( $kN-m$ )

$f$  = tegangan pada serat penampang beton (Mpa)

$e$  = eksentrisitas tendon terhadap titik berat penampang (mm)

$L$  = panjang bentang bersih (m)

$c$  = jarak titik berat penampang terhadap serat terluar beton (mm)

## 2.3 Tahap - Tahap Pembebanan pada Beton Prategang

### 1. Tahap Awal

Struktur yang diberi gaya prategang tetapi tidak dibebani oleh beban eksternal. Tahap ini terdiri dari 4 macam, yaitu :

- a. Sebelum diberi gaya prategang.
- b. Pada saat diberi gaya prategang.
- c. Pada saat peralihan gaya prategang.
- d. Pada saat penarikan kembali.

### 2. Tahap Antara

Tahap ini adalah tahapan selama pengangkutan dan pengangkatan. Hal ini terjadi hanya pada komponen-komponen struktur pracetak pada saat diangkut ke lapangan dan dipasang pada posisinya.

### 3. Tahap Akhir

Tahap ini adalah tahapan bila beban kerja yang sesungguhnya telah bekerja pada struktur. Untuk struktur beton prategang, terutama pada kasus-kasus tertentu sangat perlu untuk mengontrol retak dan beban batasnya. Sehingga perlu analisis terhadap beban-beban dibawah ini, yaitu :

- a. Beban yang bekerja tetap

Akibat beban-beban tetap yang bekerja, menyebabkan terjadinya lendutan ke atas atau ke bawah dari komponen struktur prategang. Sehingga lendutan akibat beban tetap tersebut harus dibatasi sesuai dengan rencana.

b. Beban kerja

Untuk mendisain struktur prategang, harus ada pemeriksaan terhadap tegangan dan regangan yang berlebihan akibat beban kerja pada penampang struktur.

c. Beban retak

Terjadinya retak pada struktur prategang berarti adanya perubahan yang mendadak pada tegangan rekat dan tegangan geser. Untuk struktur-struktur yang terkena pengaruh korosi dan tanpa rekatan pada tendon yang tidak menerima pengaruh retak akan berakibat terjadinya lendutan yang besar, maka penting sekali adanya perhatian pada beban retak tersebut.

d. Beban batas

Struktur yang didisain berdasarkan tegangan kerja, mungkin tidak selalu mempunyai nilai keamanan yang cukup terhadap kelebihan beban. Kekuatan batas dari struktur diartikan sebagai beban maksimum yang dapat dipikul sebelum struktur beton hancur. Oleh karena itu perlu adanya analisis terhadap kapasitas minimum struktur pada saat memikul beban yang lebih besar, sehingga perlu ditentukan kekuatannya.

## 2.4 Dasar-Dasar Analisis Perencanaan

Didalam mendisain dan menganalisis perilaku pelat beton prategang dua arah, khususnya pada panel tunggal harus diperhitungkan beberapa faktor yang berhubungan dengan perilaku struktur tersebut.

Faktor-faktor yang berhubungan dengan perencanaan pelat beton prategang, khususnya pada panel tunggal adalah :

1. jenis pembebanan yang akan dipikul oleh struktur pelat,
2. sistem gaya-gaya yang bekerja pada pelat,
3. karakteristik bahan yang digunakan pada pelat,
4. batas-batas tegangan ijin tegangan pada struktur,
5. dasar-dasar asumsi yang akan digunakan dalam perencanaan.

## 2.5 Metode Analisis

### 1. Menetapkan metode analisis

Metode analisis yang digunakan harus disesuaikan dengan tinjauan yang akan dianalisis dan tujuan yang akan dicapai. Pada analisis lentur pelat beton prategang dua arah digunakan metode kekuatan batas (ultimit) sehingga didapatkan hasil analisis lentur yang lebih akurat.

### 2. Memahami karakteristik bahan dan perilaku struktur

Sebelum menganalisis suatu penampang, pemahaman rumus dasar yang akan digunakan harus sesuai dengan metode analisisnya. Karakteristik bahan, seperti mutu beton, baja, tata letak tendon dan besaran-besaran seperti tebal pelat, panjang bentang, modulus elastis, dan batasan-batasan lain yang sangat mendukung dalam melakukan analisis.

### **3. Analisis hitungan**

Setelah memenuhi kriteria untuk hitungan dilakukan analisis terhadap perilaku-perilaku struktur yang akan ditinjau, sehingga dapat dihasilkan suatu analisis yang tepat.

### **4. Pengambilan kesimpulan**

Dari hasil analisis tersebut dapat diambil suatu kesimpulan mengenai suatu perencanaan pelat yang efisien dan efektif terhadap pengaruh perilaku-perilaku struktur khususnya pada pelat itu sendiri.

### **5. Saran**

Dari hasil kesimpulan diharapkan dapat memberikan suatu gambaran dan pertimbangan dalam merencanakan suatu elemen struktur khususnya pada pelat beton prategang panel tunggal, sehingga didapatkan dimensi penampang pelat yang ekonomis dan kuat terhadap pengaruh perilaku struktur yang bekerja.