

# **BAB III**

## **TINJAUAN PONDASI TIANG PANCANG**

### **BETON BERTULANG**

#### **3.1. Pengertian**

Beton bertulang adalah suatu sistem struktur yang terdiri dari semen, air, pasir dan agregat lainnya dengan proporsi tertentu, dan diberi baja tulangan yang kemudian dibentuk sesuai dimensi struktur yang diinginkan. Fungsi baja tulangan adalah untuk menambah kekuatan tarik pada beton, karena beton meskipun memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatannya rendah. Dengan demikian diharapkan kerusakan akibat tarik dapat dihindari.

Pondasi tiang pancang beton bertulang adalah tiang pancang yang terbuat dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan ("bekisting") tertentu, kemudian setelah cukup kuat/keras lalu diangkat dan dipancang ke dalam tanah dengan menggunakan alat pemancang.

#### **3.2. Dasar Perencanaan**

Jika seluruh panjang tiang tertanam di dalam tanah, maka tiang itu direncanakan sebagai kolom pendek, karena tanah di sekitar dinding luar tiang biasanya menahan tekukan ("buckling"). Adapun jika tanah pondasi sangat lembek, pemeriksaan terhadap kemungkinan tekuk perlu dilakukan.

### 3.3. Penulangan Pondasi Tiang Pancang Beton Bertulang

Dalam perencanaan pondasi tiang ini digunakan penulangan simetris, dimana penulangan pada sisi-sisinya sama jumlahnya. Tujuan utamanya mencegah kesalahan atau kekeliruan penempatan tulangan yang dipasang. Penulangan simetris juga diperlukan apabila ada kemungkinan terjadinya gaya bolak-balik pada struktur, misalnya karena arah gaya lateral tanah atau gempa.

Menurut SK SNI T-15-1991-03 jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang dibatasi dengan rasio penulangan  $\rho_g$  antara 0,01 dan 0,08.

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana :  $A_g$  = luas penampang tiang ( $\text{mm}^2$ )

$A_{st}$  = luas penampang tulangan ( $\text{mm}^2$ )

Pengikat tulangan pokok memanjang pada pondasi ini menggunakan tulangan spiral, karena menurut hasil dari berbagai eksperimen menunjukkan tulangan spiral lebih tangguh daripada tulangan sengkang (Istimawan D.,1994). Jumlah minimum batang tulangan pokok memanjang pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang ikat segiempat atau lingkaran, dan 6 untuk batang tulangan yang dikelilingi oleh spiral.

Adapun rasio penulangan spiral  $\rho_s$  adalah sebagai berikut :

$$\rho_s = \frac{4 A_{sp}}{D_s \cdot s} \leq \rho_s \text{ min} \dots\dots\dots (3.2)$$

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9.3 :

$$\rho_s \text{ min} = 0,45 \left[ \frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f_c'}{f_{sy}} \dots\dots\dots (3.3)$$

dimana :

$$\rho_s = \frac{\text{volume tulangan spiral satu putaran}}{\text{volume inti kolom setinggi } s}$$

$A_{sp}$  = luas penampang batang tulangan spiral ( $\text{mm}^2$ )

$D_s$  = diameter inti kolom (dari tepi ke tepi luar spiral) (mm)

$s$  = jarak spasi tulangan spiral (mm)

$A_g$  = luas penampang tiang ( $\text{mm}^2$ )

$A_c$  = luas penampang lintang inti kolom (tepi luar ke tepi luar spiral) ( $\text{mm}^2$ )

$f_{sy}$  = tegangan luluh tulangan baja spiral (MPa)

$f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)

### 3.4. Kekuatan Pondasi Tiang Pancang Terhadap Beban Aksial

Kondisi pembebanan aksial pada pondasi tiang pancang jika tanpa eksentrisitas yang merupakan keadaan khusus, kuat beban aksial nominal atau teoritis adalah sebagai berikut :

$$P_o = 0,85 f_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana :  $A_g$  = luas penampang tiang ( $\text{mm}^2$ )

$A_{st}$  = luas penampang tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$P_o$  = kuat beban aksial nominal atau teoritis tanpa eksentrisitas (KN)

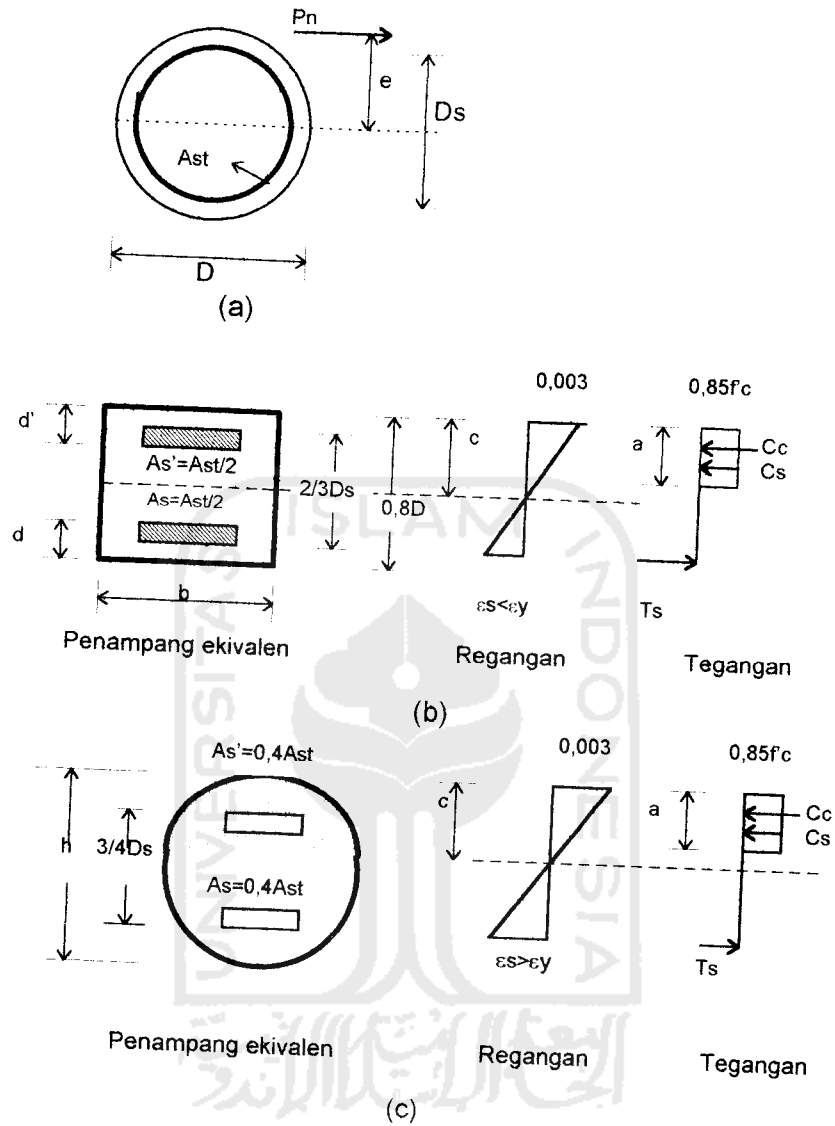
$f_y$  = tegangan luluh baja tulangan (MPa)

SK SNI T-15-1991-03 menentukan bahwa di dalam praktek tidak ada tiang yang terbebani tanpa eksentrisitas, maka diberikan faktor reduksi kekuatan untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum sebesar 15 % untuk tulangan dengan pengikat spiral.

Apabila menurut hitungan suatu struktur tekan secara teoritik hanya mendukung gaya aksial sentris, eksentrisitas tambahan atau eksentrisitas awal minimum tertentu tetap harus diperhitungkan. Eksentrisitas minimum dapat ditimbulkan oleh kekangan di ujung komponen karena menggunakan hubungan monolit dengan komponen struktur lain.

Tiang dengan penampang bundar tidak mengenal istilah beban uniaksial, yaitu beban yang bekerja secara bersamaan terhadap sumbu lentur  $x$  dan  $y$ , seperti halnya pada tiang berpenampang persegi atau bujursangkar. Dalam hal ini digunakan istilah beban eksentris, yaitu beban yang bekerja pada suatu eksentrisitas tertentu, tanpa membedakan arah  $x$  maupun arah  $y$ .

Whitney mengasumsikan bahwa penampang bundar dapat ditransformasikan menjadi penampang segiempat ekuivalen untuk keadaan "balanced" dan keruntuhan tekan (Nawy, 1990). Tetapi untuk keruntuhan tarik, tetap digunakan penampang aktual namun masih memakai pengelompokan tulangan tekan dan tarik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Penampang ekuivalen berdasarkan asumsi Whitney

(a) penampang aktual, (b) penampang segiempat ekuivalen (keruntuhan tekan)

(c) penampang ekuivalen (keruntuhan tarik)

a. Keruntuhan balanced

Pada keadaan ini penampang tiang bundar ditransformasikan menjadi penampang persegi ekivalen, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. tinggi dalam arah lentur sebesar  $0,8.D$  dimana  $D$  adalah diameter luar penampang,
2. lebar segiempat ekivalen diperoleh dengan membagi luas bruto penampang dengan  $0,8.D$ , jadi  $b = A_g / 0,8D$ ,
3. luas tulangan total  $A$  ekivalen didistribusikan pada dua lapis sejajar dengan jarak  $2D_s / 3$  dalam arah lentur, dimana  $D_s$  adalah diameter lingkaran tulangan (terjauh) as ke as.

Selanjutnya untuk menghitung tinggi garis netral tinggi blok tegangan aksial tekan dan momen pada keadaan "balanced" diuraikan di bawah ini.

Untuk  $E_s = 2.10^5$  Mpa,

$$c_b = \frac{600 d}{600 + f_y} \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

dimana jika  $f'_c < 30$  MPa ;  $\beta_1 = 0,85$

jika  $30 < f'_c < 55$  Mpa ;  $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$

jika  $f'_c > 55$  Mpa ;  $\beta_1 = 0,65$

$$P_{nb} = 0,85 f'_c \cdot b \cdot a_b + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y \quad \dots \dots \dots (3.7)$$

$$M_{nb} = P_{nb} \cdot e_b$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b \cdot (y - c_b/2) + A'_s \cdot f'_s \cdot (y - d') + A_s \cdot f_y \cdot (d - y) \quad \dots \dots \dots (3.8)$$

### b. Keruntuhan Tekan

Terjadinya keruntuhan tekan diawali dengan hancurnya beton. Eksentrisitas gaya yang terjadi lebih kecil daripada eksentrisitas "balanced"  $e_b$  dan beban tekan  $P$  melampaui kekuatan berimbang  $P_{nb}$ .

Persamaan keruntuhan tekan dapat diperoleh dengan menganggap  $A_s'$  menjadi  $0,5 A_{st}$ ,  $(d-d')$  menjadi  $2D_s/3$  dan  $d$  menjadi  $0,5.(h + 2D_s/3)$ , serta menggantikan  $h$  menjadi  $0,8.D$ .

$$P_n = \frac{A_{st} \cdot F_y}{\frac{3 \cdot e}{D_s} + 1} + \frac{A_g \cdot f_c}{\frac{9,6 \cdot D \cdot e}{(0,8D + 0,67 \cdot D_s)^2} + 1,18} \quad \dots \dots \dots (3.9)$$

### c. Keruntuhan tarik

Apabila keruntuhannya berupa keruntuhan tarik maka digunakan penampang bundar aktual untuk menghitung  $C_c$ , tetapi 40 % dari luas tulangan  $A_{st}$  dikelompokkan sejajar berjarak  $0,75D_s$ .

Dengan menganggap tulangan tekan telah leleh dan daerah tekan beton mempunyai luas  $A$ , Whitney (Park, 1974) berasumsi bahwa jarak pusat penampang terhadap pusat berat luasan  $A$ , diberikan sebagai berikut :

$$x = 0,211h + 0,293 \left( 0,785h - \frac{2A}{h} \right) \quad \dots \dots \dots (3.10)$$

Bila diasumsikan juga bahwa tulangan tekan telah leleh dan  $A_s' = A_s$  maka dari persamaan 3.7 diperoleh :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c A \text{ atau } A = \frac{P_n}{0,85 f_c} \quad \dots \dots \dots (3.11)$$

Sehingga,

$$x = 0,211 + 0,293 \left( 0,785h - \frac{P_n}{0,85hf_c} \right) \dots\dots\dots (3.12)$$

Dari beberapa asumsi mengenai keruntuhan tarik, maka momen yang terjadi terhadap tulangan baja tarik dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_n (e + 0,375D_s) = P_n (x + 0,375D_s) + 0,4.A_{st}.f_y \dots\dots\dots (3.13)$$

Substitusikan harga  $x$  pada persamaan 3.13, sehingga didapatkan persamaan kuadrat dalam  $P_n$ . Dengan menggunakan rumus ABC diperoleh :

$$P_n = 0,85h^2f'_c \left[ \sqrt{\left( \frac{0,85e}{h} - 0,38 \right)^2 + \frac{m\rho_g D_s}{2,5h}} - \left( \frac{0,85e}{h} - 0,38 \right) \right] \dots\dots(3.14)$$

dimana :

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}, m = \frac{f_y}{0,85f'_c}, \text{ dan}$$

$e$  = eksentrisitas gaya tekan terhadap sumbu lentur penampang bundar.

### 3.5. Kapasitas Momen Retak

Akibat pengangkatan pada tiang pancang akan terjadi momen akibat berat sendiri. Momen yang terjadi tersebut harus lebih kecil dari momen retak penampang tiang. Adapun besarnya momen retak tersebut dapat dinyatakan dengan rumus di bawah ini.

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{C} \dots\dots\dots (3.15)$$



dimana :

$f_r$  = tegangan retak (MPa)

$$= 0,7\sqrt{f_c}$$

$I_g$  = momen inersia penampang ( $\text{mm}^4$ )

$C$  = jarak garis netral ke tepi serat terluar (mm)

