

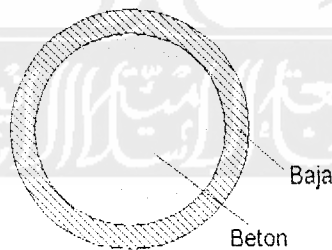
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kolom Komposit Baja Beton

Kolom Komposit baja beton adalah kolom yang terbentuk dari baja dan beton yang kedua-duanya bekerja bersama-sama untuk menahan gaya tekan aksial.

Salah satu jenis kolom komposit baja beton adalah *concrete-filled pipe*. *Concrete-filled pipe* adalah komposit dari baja dan beton dibentuk dengan cara pipa baja diisi dengan beton sehingga dihasilkan kolom komposit baja beton. Penampang melintang *Concrete-filled pipe* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Concrete-filled pipe

Pipa baja yang diisi beton memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom pipa baja ataupun dengan kolom beton bertulang. Hal ini karena pada kolom pipa baja diisi beton, beton menjadi terkekang sehingga kolom memiliki kekakuan yang besar. Semakin kaku kolom maka semakin kuat kolom tersebut.

Sehingga kolom pipa baja yang diisi beton akan lebih kuat dibandingkan dengan kolom beton bertulang maupun kolom pipa baja sebab kolom pipa baja diisi beton memiliki kekakuan lebih besar dari kolom beton bertulang maupun kolom pipa baja.

Untuk menghindari tekuk lokal pada baja maka (AISC-LRFD) memberikan syarat untuk kolom komposit baja beton sebagai berikut

1. Luas dari baja (A_s) \geq 4% dari luas seluruhnya.
2. Kekuatan beton berkisar antara $3 < f'_c < 8$ ksi
3. Nilai kekuatannya baja $f_y < 55$ ksi
4. Tebal pipa menggunakan rumus berikut ini:

$$t = D \sqrt{\frac{f_y}{8 \times E_s}} \quad (3.a)$$

dengan :

t – tebal pipa, D – diameter luar pipa, F_y – Kuat baja

E_s = modulus elastis baja

3.2 Kekuatan Dasar Kolom

Nilai kelangsingan kolom mempengaruhi kapasitas kolom. Berdasarkan kelangsingannya kolom dapat di golongkan menjadi 2 yaitu, kolom pendek dan kolom panjang.

3.2.1 Kolom pendek

Kolom komposit yang dibebani gaya aksial akan mengalami perpendekan, dianggap bahwa masing-masing material penyusun kolom komposit yaitu baja dan beton mengalami perpendekan ukuran panjang yang sama. jika semua

clemen dari kolom komposit mengalami tegangan yang sama, besarnya beban dapat diturunkan dari penjumlahan gaya yang disebabkan oleh tegangan .

Beban maksimum yang dapat diterima dari kolom pendek dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$P_0 = A_s \cdot f_y + 0.85 f'_c A_c \quad (3.1)$$

dengan:

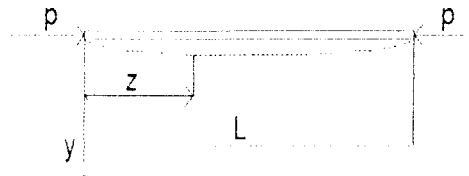
A_s = luas tampang baja, A_c = luas tampang beton, F_y = tegangan leleh baja, f'_c = tegangan beton

Dari persamaan 3.1 dapat dilihat bahwa beban maksimum yang dapat ditahan oleh kolom pendek komposit baja beton sangat tergantung dari tegangan leleh baja dan tegangan desak beton. Semakin kuat dan baik mutu dan kekuatan bahan penyusun dari kolom komposit maka akan semakin meningkatkan kuat tekan kolom komposit baja beton. Luasan penampang dari pipa baja maupun dari beton juga mempengaruhi kuat tekan kolom pendek komposit baja beton.

3.2.2 Kolom Panjang

Teori tekuk kolom pertama kali dikemukakan oleh *Euler*. Batang yang dibebani konsentris yang semula seratnya lurus dan semua seratnya tetap elastis hingga tekuk terjadi akan mengalami lengkungan. Logika yang sama dapat digunakan untuk mengetahui tekuk pada kolom komposit. Kolom euler dapat di analisis dari sebuah batang yang di bebani pada ujungnya (*Salmon dan Johnson, 1990*). Batang yang dibebani gaya tekan aksial diujungnya akan mengalami lendutan.

Gambar kolom euler dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Kolom Euler

Bila $k^2 = P/EI$, penyelesaian persamaan differensial linier berordo dua ini dapat dinyatakan sebagai:

$$y = A \sin kz + B \cos kz \quad (3.2a)$$

Dengan menerapkan syarat batas (a) $y = 0$ di $z = 0$; dan (b) $y = 0$ di $z = l$, kita peroleh dari syarat (a) $B = 0$; dari syarat (b), $0 = A \sin kL$. Kemudian dari syarat terjadinya tekuk yaitu $kL = N\pi$ maka diperoleh;

$$\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 = \frac{P}{EI} \quad (3.2b)$$

$$P = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad (3.2c)$$

untuk kolom dengan kelengkungan tunggal dimana nilai $n = 1$ maka akan

diperoleh persamaan beban kritis euler. Rumus beban kritis euler dapat dilihat

pada persamaan 3.2d

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2} \quad (3.2d)$$

dengan:

kl = panjang efektif kolom, EI = Kekakuan kolom.

Rumus euler memperlihatkan bahwa kuat tekan suatu kolom selalu berbanding terbalik dengan kuadrat panjang efektif kolom. Persamaan Euler memperlihatkan dengan jelas bahwa kekuatan kolom berbanding lurus dengan kekakuan kolom, semakin kaku kolom itu maka kekuatan desak kolom itu akan semakin besar. Persamaan euler ini digunakan untuk kolom-kolom panjang.

3.2.3 Beban Kritis Furlong

Penelitian tentang kolom komposit baja beton yang dilakukan oleh Furlong memberikan hubungan antara beban kritis kolom komposit baja beton dengan panjang efektif kolom komposit.

Hubungan beban kritis Furlong dapat dinyatakan dalam persamaan (3.3a) dan (3.3b)

Untuk $kl < kl_c$ maka menurut furlong dianggap sebagai kolom pendek. Furlong menggunakan persamaan 3.4a untuk menghitung beban kritis pada kolom pendek.

$$P_{cr} = P_{e1} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{kl}{kl_c} \right)^2 \right] \quad (3.3a)$$

sedang untuk *long colum* (kolom panjang) furlong mangadaptasi beban kritis yang dikemukakan oleh euler, *long colum* dinyatakan dengan $kl > kl_c$. Pada kondisi $kl > kl_c$ maka persamaan yang dipakai adalah persamaan 3.3b. Pada kolom komposit kekakuan kolom dapat dinyatakan dengan EI_{tan} ,

dengan mengganti EI pada rumus euler dengan EI_{tan} , maka rumus beban kritis euler menjadi:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI_{tan}}{(kl)^2} \quad (3.3b)$$

Persamaan beban kritis yang dikemukakan furlong untuk kolom panjang ($kl > kl_c$), hampir sama dengan beban kritis kolom euler hanya pada beban kritis euler nilai EI diganti dengan nilai EI_{tan} .

3.3 Modulus Kekakuan Tangensial (EI_{tan})

Kekakuan kolom adalah merupakan hasil perkalian antara modulus elastis material penyusun kolom dengan inersia tampang melintang kolom. (EI). Pada kolom pipa komposit baja beton kekakuannya dapat ditentukan sebagai modulus kekakuan tangensial (EI_{tan}). Modulus kekakuan tangensial dapat di tentukan dari penelitian (*test*) atau dengan cara yang biasa dilakukan yaitu diperkirakan dari karakteristik tegangan-regangan dari baja dan beton.

Untuk tujuan desain, fungsi tegangan regangan dapat dipakai untuk analisis.dan dapat diturunkan untuk mendapatkan kelengkungan masing-masing material sebagai fungsi regangan. nilai EI_{tan} didapat dari kombinasi dari modulus elastisitas baja (E_s) dan modulus tangensial beton (E_c) serta momen inersia dari baja (I_s) dan momen inersia beton (I_c). Nilai EI_{tan} dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$EI_{tan} = E_s I_s + 0,5 E_c I_c \quad (3.4a)$$

dengan :

E_s = modulus elastis baja, E_c = modulus elastis beton

I_s – momen Inersia silinder baja, I_c – momen Inersia beton

Persamaan 3.4a merupakan persamaan kekakuan kolom pipa komposit baja beton. Kekakuan kolom pipa komposit baja beton merupakan hasil penjumlahan dari kekakuan kolom kolom Baja ($E_s I_s$) dan kekakuan kolom beton ($0.5 I_c E_c$).

Nilai modulus kekakuan dari beton (E_c) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$E_c = w_c^{1.5} 33 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Mpa}) \quad (3.4b)$$

rumus 3.3a dipakai untuk mencari E_c dalam satuan lbs.

$$E_c = w_c^{1.5} 900 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Mpa}) \quad (3.4c)$$

Rumus 3.3b dipakai untuk mencari E_c dalam satuan Mpa

Modulus elastisitas Beton juga dapat dicari dengan persamaan:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Mpa}) \quad (3.4d)$$







Rumus 3.3c dipakai untuk mencari E_c dalam satuan Mpa.

3.4 Panjang Effektiv kolom

Panjang efektif adalah jarak antara ujung-ujung sendi ekivalen dari suatu kolom. Panjang efektif kolom riil adalah jarak antara ujung-ujung kolom. Panjang efektif kolom riil dinyatakan dalam (kl).

Sedang panjang efektif kolom ekuivalen ditentukan dari jenis pengekangan dari ujung-ujung kolom itu. Panjang efektif kolom ekuivalen dinyatakan sebagai (kl_c). Sehingga nilai panjang efektif kolom ekuivalen memiliki nilai yang bervariasi tergantung dari jenis pengekangannya.

Nilai k untuk panjang efektif kolom ditunjukkan pada gambar 4.1.

Bentuk kolom yg tertekuk						
Harga k	0,5	0,7	1,0	1,0	2	2,0

Gambar 4.1 Faktor panjang efektif untuk kolom

Dari persamaan euler pada persamaan 3.2d maka akan diperoleh persamaan untuk nilai kl yaitu:

$$kl = \pi \sqrt{\frac{EI_{\text{tan}}}{P_{cr}}} \quad (3.5a)$$

Persamaan panjang efektif kolom komposit baja beton, panjang efektif kolom komposit ekuivalen baja beton dinyatakan sebagai (kl_c). Nilai kl_c diperoleh Dengan mengganti P_{cr} dengan $0,5P_o$ dari rumus pada persamaan 3.4a maka akan didapatkan nilai Persamaan panjang efektif kolom komposit (kl_c). Panjang efektif kolom komposit dinyatakan dalam persamaan (3.5a)

$$kl_c = \pi \sqrt{\frac{EI_{\text{tan}}}{0,5.P_o}} \quad (3.5b)$$

Panjang efektif ekivalen kolom pada persamaan 3.4d dipengaruhi oleh besarnya nilai kekakuan kolom . Semakin kaku kolom maka panjang efektifnya akan semakin besar.

3.5 Kelangsingan kolom

Kelangsingan kolom didefinisikan sebagai perbandingan panjang kolom dengan jari-jari kelembamannya (*salmon dan johson*).

Berdasarkan kelangsingan , kolom digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu kolom pendek (*stocky column*) dan kolom langsing (*slender column*)

a. Kolom pendek (*stocky column*)

Kolom pendek adalah kolom yang memenuhi kriteria sebagai berikut:

$$\frac{k.l}{r} < 22$$

dengan:

$$\frac{k.l}{r} = \text{kelangsingan, } r = \text{jari-jari kelembaman}$$

k = faktor panjang efektif, bergantung pada kondisi pengekangan ujung-ujung.

b. Kolom langsing (*slender column*)

Kolom langsing adalah kolom yang memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\frac{k.l}{r} > 22$$

Kolom langsing biasanya mengalami kerusakan karena ketidak stabilannya hal ini karena kolom langsing lebih mudah mengalami tekuk yang mengakibatkan rusaknya kolom sebelum material penyusun kolom terlampaui batas elastisnya.

3.6 Beton

Beton adalah material yang terbentuk dari pencampuran semen portland, air dan agregat.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton sangat tergantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama proses pembuatan.

Beton mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tarik diperkuat dengan batang baja, sehingga terbentuk suatu struktur komposit.

3.6.1 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban dibagi dengan luasan permukaan beton yang menerima beban tersebut. Umumnya sifat beton lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi, umur beton cukup berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Untuk mendapatkan kuat desak dari masing-masing benda uji digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat desak} = \frac{P}{A} \quad (3.6a)$$

$$f'c = \text{Kuat desak} \times kb$$

$$f'cr = \frac{\sum_{i=1}^N fc}{N} \quad (3.6b)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (fc - f'cr)^2}{N-1}} \quad (3.6c)$$

dengan:

P = beban maksimum (kN), A = luas permukaan (cm^2), K_b = konversi

F'_{cr} = kuat desak beton rata-rata (Mpa), N = jumlah benda uji,

3.7 Luasan tampang Kolom Komposit

Untuk menghitung luasan dan inersia penampang kolom komposit dipakai luasan transformasi dimana lausan baja dianggap sebagai beton dengan nilai faktor sebesar N .

$$N = \frac{E_s}{E_c} \quad (3.7)$$

Momen inersia dari tampang kolom komposit dapat dihitung dari persamaan 3.7a

$$I_{composite} = \frac{1}{64} \pi (D_i^4 - D_d^4) + \frac{1}{N} \frac{1}{4} \pi (D_d^4) \quad (3.7a)$$

Luasan tampang komposit dapat dihitung dari persamaan 3.7b

$$A_{composite} = \frac{1}{4} \pi (D_i^2 - D_d^2) + \frac{1}{N} \frac{1}{4} \pi (D_d^2) \quad (3.7b)$$

3.8 Hipotesis

Perbedaan angka kelangsingan (kl/r) pada kolom akan berpengaruh terhadap kuat tekan kolom, semakin besar nilai kelangsingan (kl/r) maka kuat tekan kolom akan semakin kecil. Nilai kl dipengaruhi oleh nilai kekakuan kolom (EI) semakin besar EI maka semakin kuat kolom tersebut.