BAB III

LANDASAN TEORI

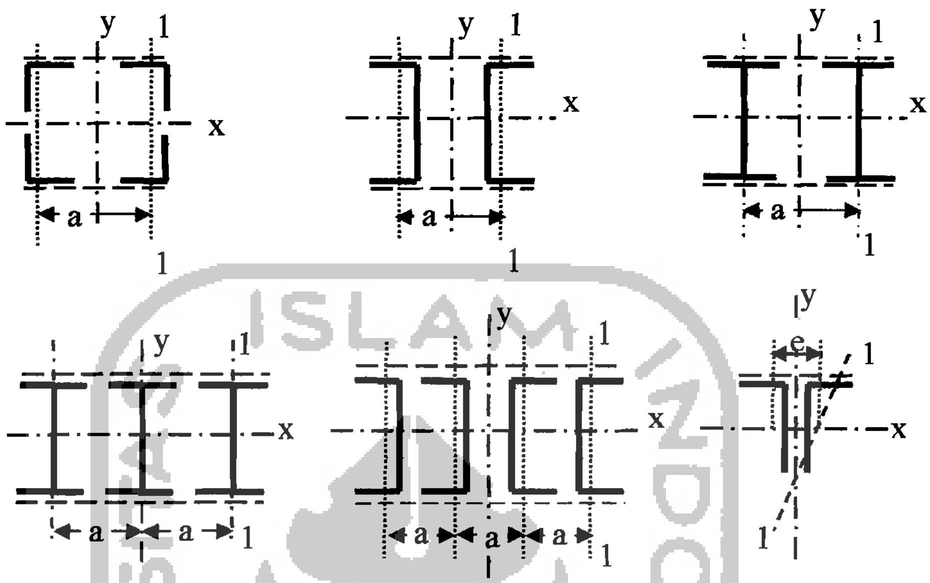
3.1 Kolom

Kolom merupakan batang desak karena beban yang bekerja adalah aksial desak sepanjang sumbu bahan. Kolom merupakan elemen struktur yang harus direncanakan dan dihitung secara cermat mengenai kekuatan terhadap beban yang bekerja karena elemen struktur ini berhubungan erat dengan kestabilan bangunan.

Ada beberapa hal yang menyebabkan kehancuran pada kolom diantaranya adalah sifat kolom yang mengalami tekuk elastik atau tekuk inelastik. Sifat kolom yang mengalami suatu tekuk tertentu dipengaruhi oleh angka kelangsingan (*slenderness ratio*). Berdasarkan kelangsingannya, batang tekan atau kolom dapat digolongkan dalam 3 macam, yaitu kolom langsing (*slenderness column*), kolom sedang (*medium column*), dan kolom gemuk (*stocky column*).

3.1.1 Kolom tersusun

Profil tersusun dari profil-profil yang kecil, tipis, dan ringan, tetapi dapat menghasilkan I yang besar. Pada komponen struktur tersusun yang terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan pada tempat-tempat tertentu, kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua elemen struktur itu, sedangkan sumbu bebas bahan adalah sumbu yang sama sekali tidak, atau hanya memotong sebagian dari elemen komponen struktur itu. (lihat **Gambar 3.1**)



Gambar 3.1 Bentuk-bentuk Penampang Tersusun

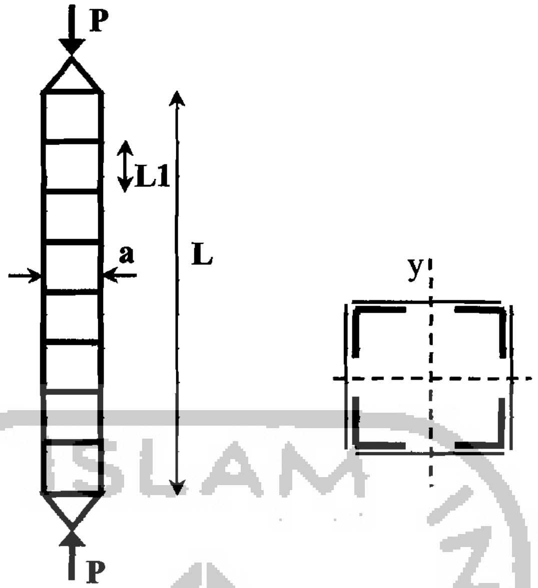
x – x adalah sumbu bahan

y – y adalah sumbu bebas bahan

1 -1 adalah sumbu minimum dari elemen batang (satu profil)

— — - adalah pelat kopel

Untuk membentuk kolom tersusun diperlukan perangkai yang berupa profil atau batang. Susunan profil atau batang tersusun dengan profil siku dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**



Gambar 3.2 Konfigurasi Dengan Batang Tranversal

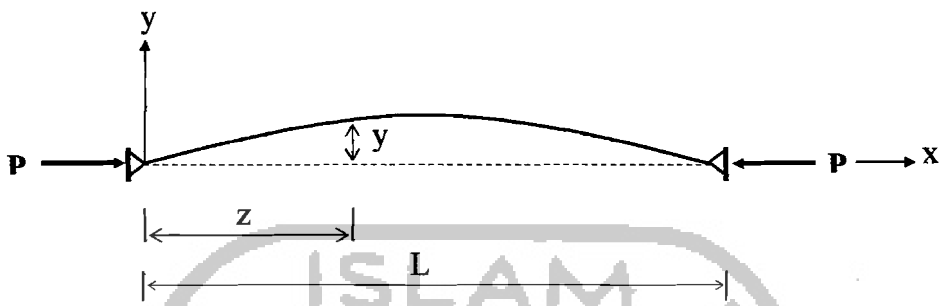
Pada kolom atau batang tekan yang panjang dengan beban yang berat, kolom tersusun lebih banyak di gunakan karena lebih hemat di banding menggunakan profil tunggal. Pada profil tersusun, jarak antar batang transversal dapat diatur, sehingga dapat memenuhi kebutuhan kolom yang dipakai.

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan kegagalan pada kolom, diantaranya adalah peristiwa tekuk. Sifat kolom yang mengalami suatu tekuk tertentu di pengaruhi oleh angka kelangsingan.

3.1.2 Tekuk Elastik

Teori tekukan kolom berasal dari *Leonhard Euler* dalam tahun 1744. Suatu batang yang semula lurus mendapat pembebanan kosentrik, dimana semua serat tetap dalam keadaan elastik sampai terjadi tekukan, akan sedikit bengkok.

Gambar 3.3 menunjukkan profil siku yang dibebani kedua ujungnya..



Gambar 3.3 Kolom Euler

Pada sembarang lokasi z, momen lentur M_z pada batang yang sedikit terbengkokkan terhadap sumbu utama x yang ditunjukkan oleh Persamaan diferensial Salmon adalah:

$$M_z = P\,y \tag{3.1}$$

dan karena:

$$\frac{d^2y}{dz^2} = -\frac{M_z}{EI} \tag{3.2}$$

Maka, Persamaan diferensialnya menjadi:

$$\frac{d^2y}{dz^2} + \frac{P}{EI}y = 0 \tag{3.3}$$

Dengan memisalkan $k^2 = P / EI$, penyelesaian persamaan diferensial linier tingkat dua ini dapat diwujudkan menjadi:

$$y = A \sin kz + B \cos kz \tag{3.4}$$

Dengan menerapkan syarat batas, *(a)* $y = 0$ pada $z = 0$, dan *(b)* $y = 0$ pada $z = L$, dapat diperoleh untuk kondisi (a), B = 0; dan untuk kondisi *(b):*

$$0 = A \sin kL \tag{3.5}$$

Pemenuhan Persamaan 3.5 dapat dicapai dengan tiga macam cara: *(a)* konstanta A = 0; yakni tidak ada defleksi; *(b)* kL = 0; yakni tidak ada beban luar; dan *(c)* $kL = N\pi$, yakni syarat terjadinya tekukan. Dengan demikian,

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

$$P = \frac{n^2\pi^2 EI}{L^2} \tag{3.6}$$

Ragam tekukan fundamental, defleksi kurfatur tunggal ($y = A \sin \pi z/L$ dari Persamaan 3.4), akan terjadi bila $n = 1$; dengan demikian, beban kritik Euler untuk kolom dengan dua ujung sendi adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \tag{3.7}$$

atau dinyatakan dalam tegangan tekan rata – rata, dengan $I = A_g r^2$:

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{(L/i)^2} \tag{3.8}$$

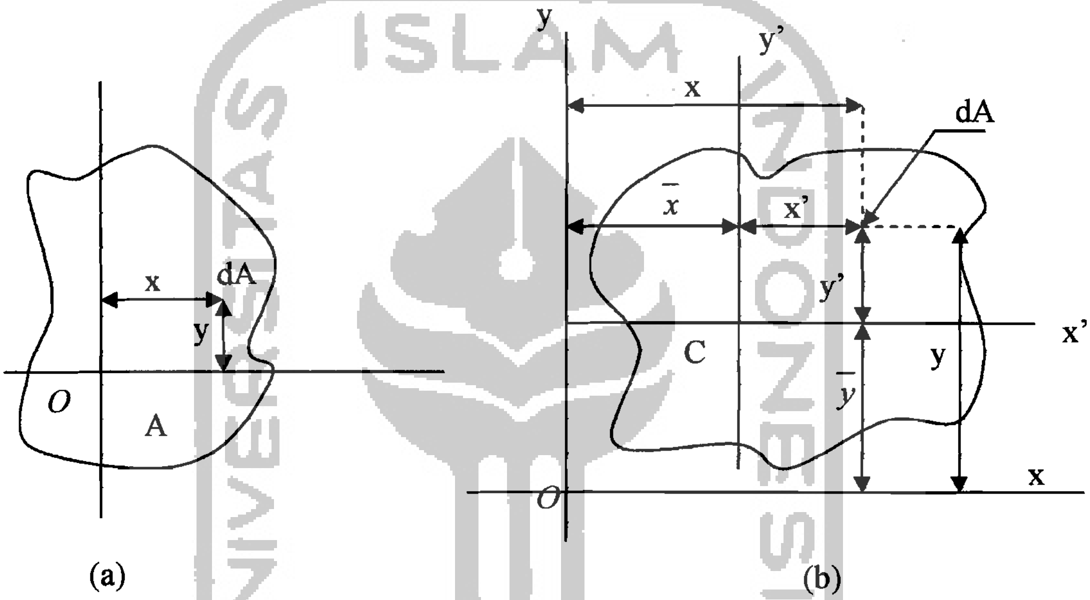
Pendekatan Euler pada umumnya tidak dipakai dalam desain karena tidak sesuai dengan hasil percobaan, kolom dengan panjang yang biasa digunakan dalam desain tidak sekuat yang ditunjukkan oleh Persamaan (3.7).

3.2 Momen Inersia Maksimum dan Minimum

3.2.1 Perkalian Kelembaman

Integral

$$P_{xy} = \int xy \, dA \qquad (3.9)$$



Gambar 3.4 Perkalian Kelembaman dari bidang A terhadap Sumbu x dan y

Perkalian kelembaman (P_{xy}) dari bidang A terhadap sumbu x dan y adalah diperoleh dengan mengalikan masing-masing elemen dA dari luas A dengan koordinatnya x dan y dan mengintegrasikannya ke seluruh bidang (**Gambar 3.4**(a)).

Di tinjau dari bidang A dan sistem koordinat cartesian x dan y (**Gambar 3.2**(b)), melalui titik berat C dari bidang itu yang berkoordiant $\bar{x}$ dan $\bar{y}$, kita tarik sumbu titik berat x' dan y' yang sejajar, berturutan, pada sumbu x dan y. Beri tanda x dan y sebagai koordinat elemen luas dA terhadap sumbu semula, dan dengan $\bar{x}$ dan $\bar{y}$ koordiat elemen yang sama terhadap sumbu titik berat, kita tulis $x = x' + \bar{x}$ dan $y = y' + \bar{y}$, subsitusikan kedalam persamaan (3.9), kita peroleh rumus untuk perkalian kelembaman P_{xy} :

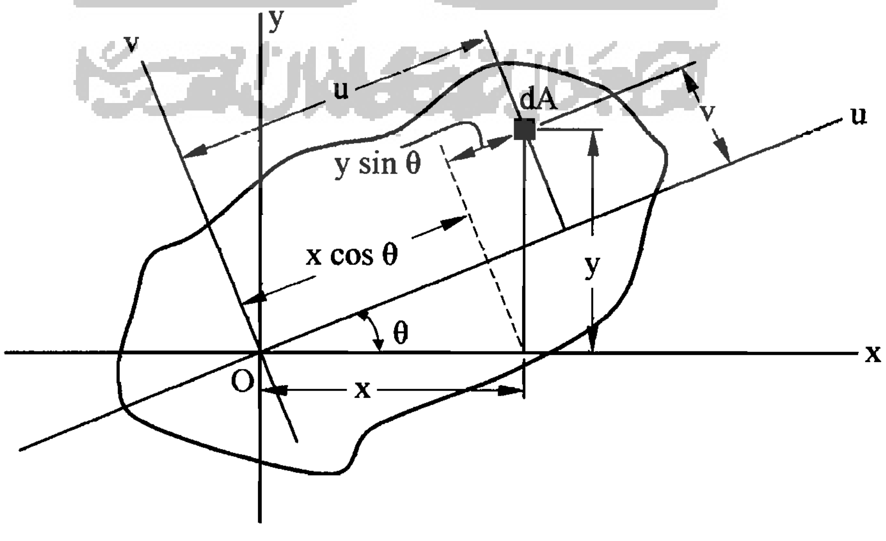
$$P_{xy} = \int xy \; dA = \int \left(x' + \bar{x}\right)\left(y' + \bar{y}\right) dA$$

$$= \int x'y' \; dA + \bar{y}\int x'dA + \bar{x}\int y'dA + \bar{x}\,\bar{y}\int dA \qquad (3.10)$$

integral yang pertama menyatakan perkalian kelembaman $\bar{P}_{x'y'}$ dari bidang A terhadap sumbu titik berat x' dan y'. Dua integral menyatakan momen pertama dari bidang itu terhadap sumbu titik berat; integral ini terreduksi menjadi nol, karena titik berat C terletak pada sumbu ini. Akhirnya, kita lihat bahwa integral yang terakhir sama dengan luas total A. Jadi, kita bisa menuliskan:

$$P_{xy} = \bar{P}_{x'y'} + \bar{x}\,\bar{y}\,A \qquad (3.11)$$

3.2.2 Sumbu Utama Dan Momen Kelembaman Utama



Gambar 3.5 Luasan Bidang Tak Beraturan

Tinjau bidang yang luasnya A dan sumbu koordinat x dan y (**Gambar 3.5**), anggap bahwa momen dan perkalian kelembaman :

$$I_x = \int y^2 \, dA \qquad I_y = \int x^2 \, dA \qquad P_{xy} = \int xy \, dA \tag{3.12}$$

Dari bidang A diketahui, dapat ditentukan momen dan perkalian kelembaman I_u, I_v dan P_{uv} dari terhadap sumbu baru u dan v yang diperoleh dengan memutar sumbu semula terhadap titik asal melalui sudut θ.

Hubungan antara koordinat u, v dan x, y dari elemen luas dA :

$$u = x \cos\theta + y \sin\theta \qquad v = y \cos\theta - x \sin\theta \tag{3.13}$$

Substitusi v ke dalam rumusan untuk I_u, kita peroleh

$$I_u = \int v^2 \, dA = \int (y \cos\theta - x \sin\theta)^2 \, dA$$

$$= \cos^2\theta \int y^2 dA - 2\sin\theta \cos\theta \int xy \, dA + \sin^2\theta \int x^2 dA \tag{3.14}$$

Perhitungan rumusan (3.12) didapatkan :

$$I_u = I_x \cos^2\theta - 2P_{xy} \sin\theta \cos\theta + I_y \sin^2\theta \tag{3.15}$$

Dengan cara serupa, didapatkan rumusan untuk I_v dan P_{uv} :

$$I_v = I_x \sin^2\theta + 2P_{xy} \sin\theta \cos\theta + I_y \cos^2\theta \tag{3.16}$$

$$P_{uv} = I_x \sin\theta \cos\theta + P_{xy}(\cos^2\theta - \sin^2\theta) - I_y \sin\theta \cos\theta \tag{3.17}$$

Dengan menjumlahkan persamaan (3.15) dan (3.16) suku demi suku, didapatkan :

$$I_u + I_v = I_x + I_y \tag{3.18}$$

Dengan memakai hubungan trigonometrik $sin\ 2\theta = 2 sin\ \theta\ cos\ \theta$ dan $cos\ 2\theta = cos^2\theta - sin^2\theta$, bisa dituliskan persamaan (3.15), (3.16) dan (3.17) sebagai berikut :

$$I_u = \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2} cos\ 2\theta - P_{xy} sin\ 2\theta \quad (3.19)$$

$$I_v = \frac{I_x + I_y}{2} - \frac{I_x - I_y}{2} cos\ 2\theta + P_{xy} sin\ 2\theta \quad (3.20)$$

$$P_{uv} = \frac{I_x - I_y}{2} sin\ 2\theta + P_{xy} cos\ 2\theta \quad (3.21)$$

Eliminasi dari persamaan (3.19) dan (3.21), hal ini dilakukan dengan mentranspose $(I_x + I_y)/2$ dalam persamaan (3.19), mengkuadratkan kedua bagian persamaan (3.19) dan (3.21) dan menjumlahkannya, dapat ditulis :

$$\left(I_u - \frac{I_x + I_y}{2}\right)^2 + P^2_{uv} = \left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + P^2_{xy} \quad (3.22)$$

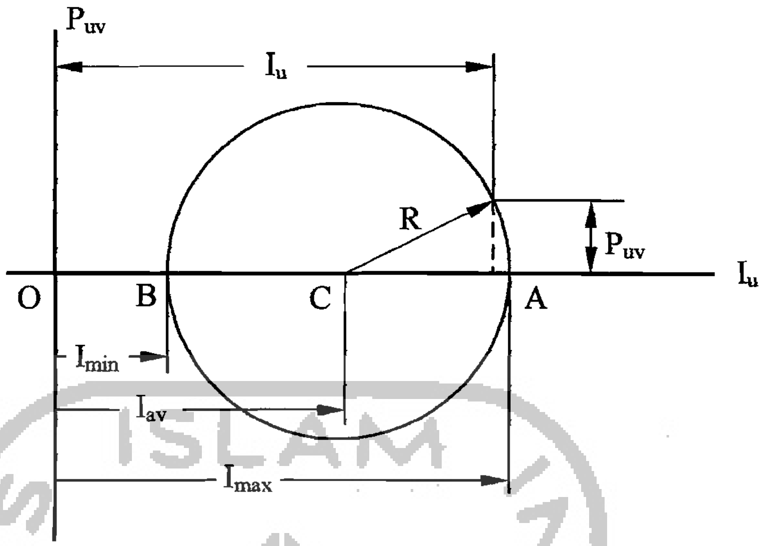
Ambil

$$I_{av} = \frac{I_x + I_y}{2} \quad \text{dan} \quad R = \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + P^2_{xy}} \quad (3.23)$$

Dapat ditulis persamaan (3.22) dalam bentuk :

$$(I_u - I_{av})^2 + P^2_{uv} = R^2 \quad (3.24)$$

Yang merupakan persamaan lingkaran berjejari R yang berpusat di titik C yang berabsis I_{av} dan ordinat O (Gambar 3.5).



Gambar 3.6 Lingkaran Jari-Jari R

Titik A bersesuian dengan harga maksimum momen kelembaman I_u, sedangkan titk B bersesuaian dengan harga minimumnya. Harga θ_m dari parameter θ yang bersesuaian dengan titik A dan B diperoleh dengan mengambil $P_{uv} = 0$ dalam persamaan (3.21), maka didapat :

$$\tan 2\theta_m = -\frac{2P_{xy}}{I_x - I_y} \qquad (3.25)$$

Hubungan diatas diperoleh dengan mendeferensialkan I_u dalam persamaan (3.19) dan mengambil $dI_u / d\theta = 0$.

Dari **Gambar 3.6**

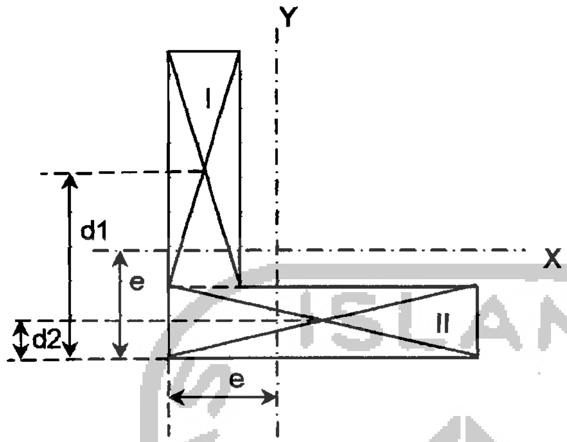
$$I_{max} = I_{av} + R \qquad \text{dan} \qquad I_{min} = I_{av} - R \qquad (3.26)$$

Substitusi persamaan (3.23) ke persamaan (3.26), maka diperoleh :

$$I_{max,min} = \frac{I_x - I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + P^2_{xy}} \qquad (3.27)$$

3.2.3 Momen Inersia Profil Siku

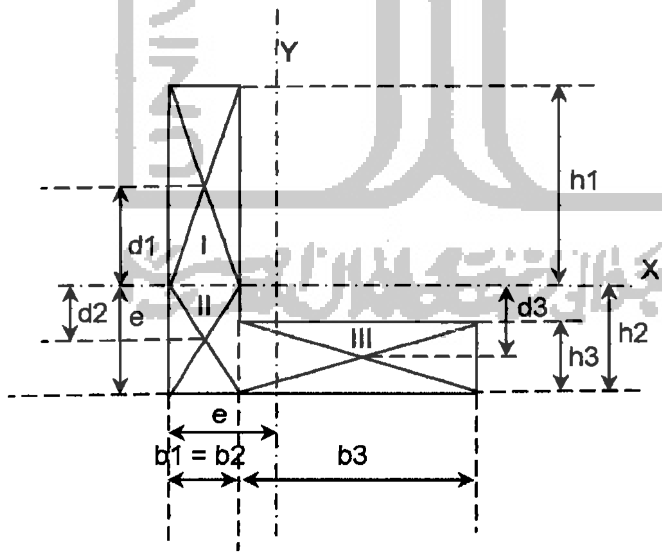
- Garis netral (e) terhadap sisi bawah



$$e = \frac{\sum A.d^2}{\sum A}$$

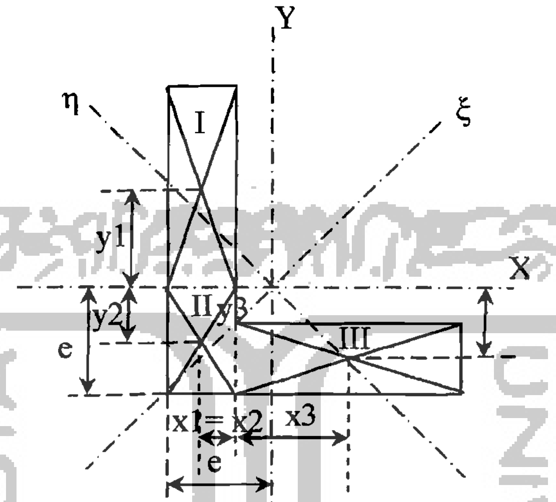
A = luasan setiap bidang

- Inersia (Ix =Iy)



$$Ix = Iy = \sum \left(A.d^2 + \tfrac{1}{12}.b.h^3 \right)$$

- **Momen Inersia Minimum (I_{min})**



$$I_{min} = \frac{Ix + Iy}{2} - \sqrt{\left(\frac{Ix - Iy}{2}\right)^2 + \left(\sum x.y.A\right)}$$

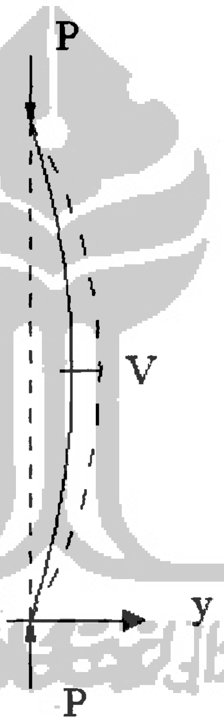
- **Jari-jari Girasi Minimum (i_{min})**

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

3.3 Efek Geser

3.3.1 Efek Geser Kolom Tunggal

Gere dan Thimoshenko, 1985 menyatakan Leonard Euler adalah orang yang pertamakali memformulasikan ekspresi beban kritis elastis pada kolom langsing yang penampangnya solid dengan kedua ujungnya sendi. Kolom yang disebani gaya tekan aksial dapat dilihat pada **Gambar 3.7** Akibat pengaruh beban (P), kolom melentur dan didalam penampangnya timbul gaya geser.



Gambar 3.7 Deformasi Kolom Akibat Pembebanan

Pelenturan akibat gaya tekan ditunjukkan dengan garis lengkung penuh, sedangkan pelenturan akibat gaya lintang dinyatakan dengan garis putus-putus. Ditinjau penampang batang yang letaknya x dari ujung bawah. Andaikan pelenturan ditempat tersebut adalah y. Pelenturan akibat beban (P), dinyatakan dengan Persamaan (3.28) berikut:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{E.I}.y \tag{3.28}$$

Gaya geser (V) yang timbul pada penampang batang adalah :

$$V = \frac{dM}{dx} \quad \text{atau} \quad V = P.\frac{dy}{dx} \tag{3.29}$$

Kemiringan (slop) yang terjadi akibat gaya geser adalah :

$$\theta = \frac{tegangan.geser}{mod\,ulus.geser} \tag{3.30}$$

Dengan memperhitungkan factor bentuk (β), diperoleh :

$$\theta = \frac{\beta.V}{AG} \tag{3.31}$$

Dengan :

G = modulus geser

$$= \frac{E}{2(1+\mu)}$$

μ = nilai banding poison (untuk baja = 0,3)

β = 1,2 untuk profil siku

Pelenturan akibat gaya lintang dinyatakan dengan Persamaan :

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\beta}{A.G}.P.\frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.32}$$

Pelenturan total (akibat P dan V) adalah :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{E.I}.y + \frac{\beta.P}{AG}\frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.33}$$

atau:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI}\left[\frac{1}{1-P\beta/AG}\right]y = 0 \tag{3.34}$$

Maka penyelesaian persamaan beban kritik Eulernya adalah :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \frac{1}{\left[1 + \frac{\beta}{AG} \frac{\pi^2 EI}{L^2}\right]} \tag{3.35}$$

3.3.2 Efek Geser Kolom Tersusun

Efek geser kolom tersusun dengan perangkai transversal pada pembebanan kritis yang dijelaskan oleh *Kuleuven* ditunjukkan dengan Persamaan 3.36 berikut :

$$P_{cr1} = \frac{1}{\frac{1}{P_{cr0}} + \frac{1}{S_v}} = P_{cr0} \frac{1}{1 + \frac{P_{cr0}}{S_v}} \tag{3.36}$$

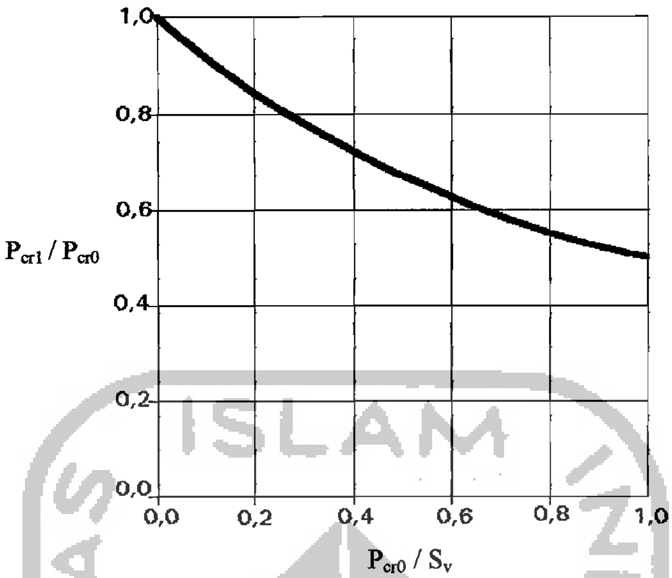
dimana :

$P_{cr0} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$, Persamaan Euler

$S_v = \frac{GA}{\beta}$, kekakuan geser dari kolom

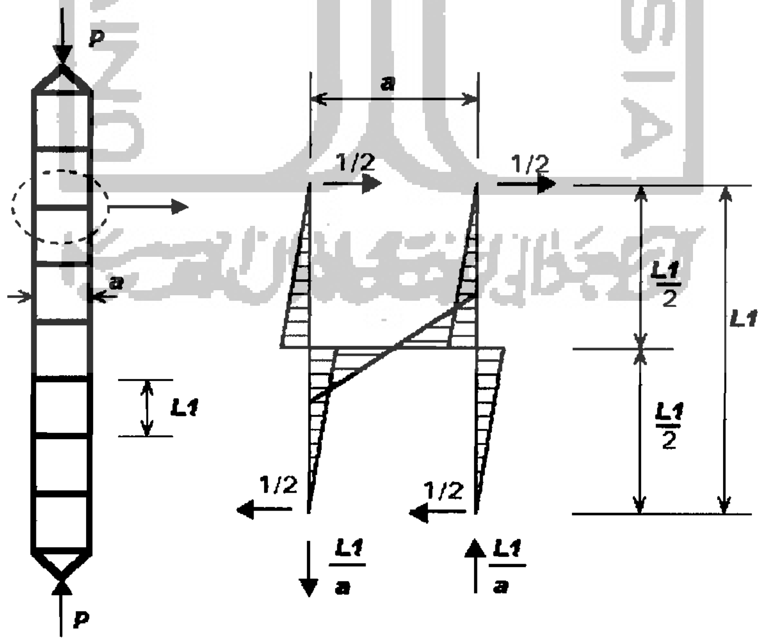
Dari Persamaan diatas dapat diketahui bahwa $P_{cr1} < P_{cr0}$, semakin besar rasio P_{cr0} / S_v , maka semakin kecil rasio $P_{cr1} / P_{cr0} < 1$.

Dari Persamaan 3.36 didapat grafik yang menunjukkan fungsi dari rasio P_{cr0} / S_v



Gambar 3.8 Grafik Fungsi Dari P_{cr0} / S_v

Pada kolom tersusun dengan perangkai tranversal, perpanjangan elastis pada batang transversal harus diperhatikan untuk mendapatkan kekakuan geser (S_v).



Gambar 3.9 Efek Geser Pada Kolom Tersusun Dengan Perangkai Transversal

Sehingga deformasi akibat gaya geser dapat di tulis:

$$\delta = 4\int_0^{L1/2} \frac{1}{2}\frac{x}{EI_c}\frac{1}{2}xdx + 2\int_0^{a/2} \frac{L_1}{a}\frac{y}{EI_b}\frac{L_1}{a}ydy = \frac{L_1^{\ 3}}{24EI_c} + \frac{L_1^{\ 2}a}{12EI_b} \tag{3.37}$$

Maka kekakuan gaya geser :

$$\frac{1}{S_v} = \frac{\delta}{L_1} = \frac{L_1^{\ 2}}{24EI_c} + \frac{L_1 a}{12EI_b} \tag{3.38}$$

Substitusi persamaan 3.38 ke dalam Persamaan 3.36, maka didapatkan persamaan beban kritis :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}\frac{1}{\left[1 + \frac{\pi^2 EI}{L^2}\left(\frac{L_1^{\ 2}}{24EI_c} + \frac{L_1 a}{12EI_b}\right)\right]} \tag{3.39}$$

Jika batang tranversal sangat kaku, maka $\frac{L_1 a}{12EI_b} = 0$ dapat diabaikan.

Kemudian Persamaannya dapat ditulis :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}\frac{1}{\left[1 + \frac{\pi^2 EI}{L^2}\left(\frac{L_1^{\ 2}}{24EI_c}\right)\right]} \tag{3.40}$$

Dari persamaan (3.40) dapat dilihat bahwa jika semakin besar jarak batang transversal maka, beban kritis yang terjadi akan semakin kecil.

Kapasitas kolom tersusun dapat dihitung dengan membandingkan beban kritis dengan beban lelehnya :

$$\frac{P_{cr}}{P_y} = \frac{P_{cr}}{A_g.F_y} \tag{3.41}$$

Untuk menghitung kelangsingan pada komponen tersusun yang dihubungkan dengan unsur transversal berlaku persamaan :

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{4A_c L^2}{I_{gab}} + \frac{\pi^2 A_c}{6}\left(\frac{L_1^{\ 2}}{2I_c} + \frac{L_1 a}{I_b}\right)} \tag{3.41}$$

A_c = luas penampang satu profil

I_b = Inersia batang transversal

Jika batang tranversal sangat kaku, maka kelengkungan deformasinya dapat diabaikan.

$\frac{L_1 a}{I_b} = 0$, pada persamaan (3.41)

Sehingga kelangsingannya menjadi:

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{4A_c L^2}{I_{gab}} + \frac{\pi^2 A_c L1^2}{12 I_c}} \tag{3.42}$$

Kelangsingan ideal dari komponen struktur tersusun dapat dihitung sebagai persamaan berikut :

$$\lambda_r = \sqrt{\lambda^2 + \frac{m}{2}\lambda_1^{\ 2}} \tag{3.43}$$

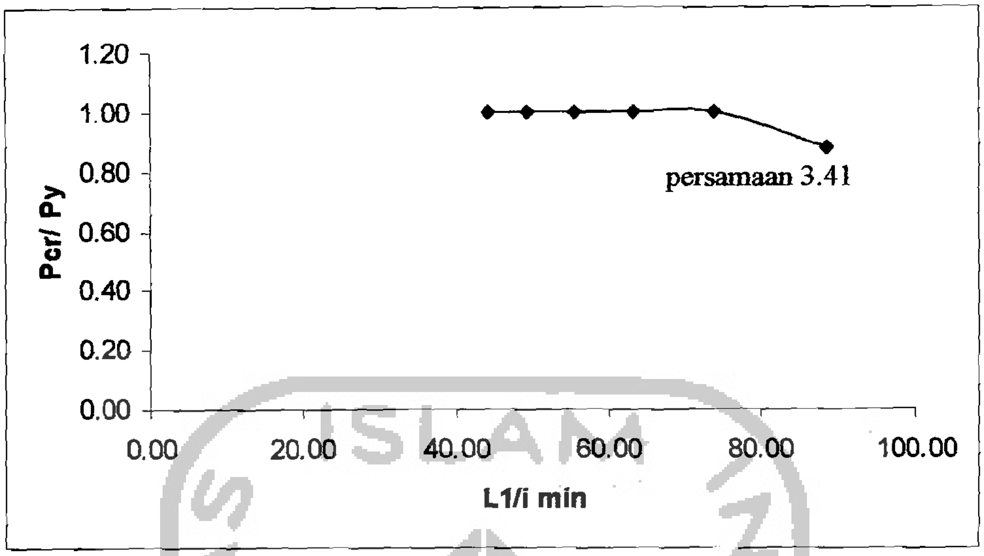
Untuk menjamin stabilitas komponen struktur, maka harus memenuhi :

$$\lambda_r \geq 1{,}2 * \lambda_1$$

$$\lambda \geq 1{,}2 * \lambda_1$$

$$\lambda_1 \leq 50$$

Dari Persamaan 3.40 dapat dilihat hubungan antara beban kritis dengan rasio L_1/i min, dapat dilihat pada **Gambar 3.10**



Gambar 3.10 Grafik Hubungan Pcr/Py Dengan L_1/i_{min}

3.4 Kegagalan Karena Leleh

Kegagalan ini akan terjadi apabila tegangan kritis kolom melebihi tegangan hancur (leleh) material (F_y). Besarnya beban leleh adalah :

$$P_y = A_g \cdot F_y \tag{3.44}$$

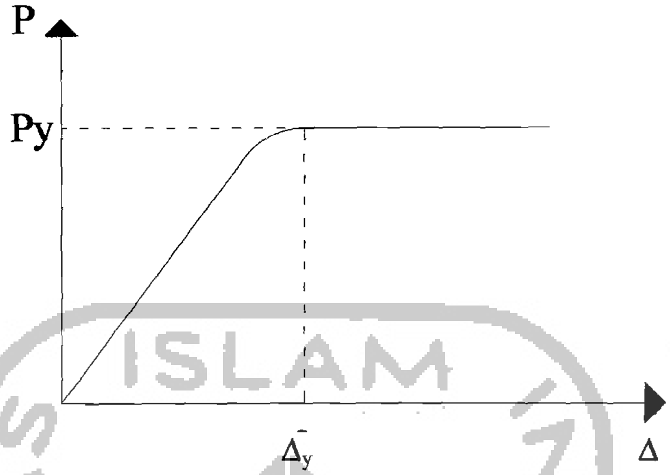
3.5 Hubungan antara Beban dan Lendutan

Kekakuan struktur (K) didefinisikan sebagai rasio beban dan lendutan yang dikemukakan oleh *Thimosenko, 1985* dinyatakan dengan :

$$K = \frac{P}{\Delta} \tag{3.45}$$

Tampak bahwa kekakuan berbanding terbalik dengan lendutan. Apabila suatu struktur diberi beban aksial (P) dan lendutan (Δ) yang terjadi diukur, maka kekakuan dapat dihitung.

Pada saat pembebanan mencapai beban P_{maks}, maka akan terjadi momen batas yang menimbulkan mekanisme keruntuhan sehingga penampang ini akan mengalami lendutan (Δ).



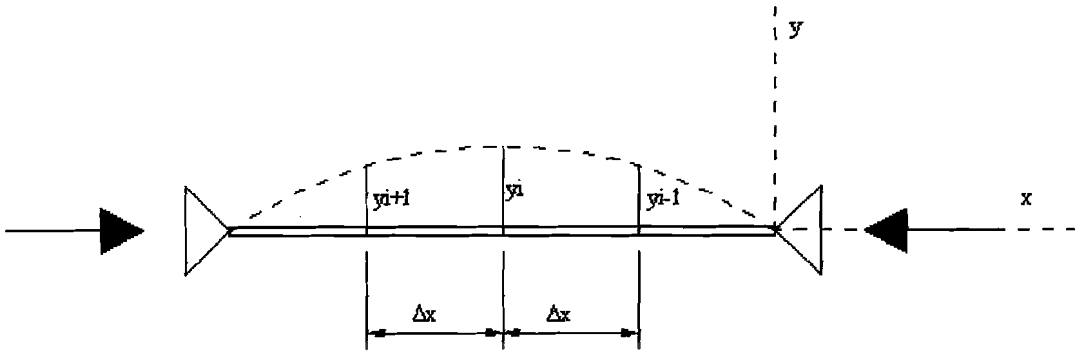
Gambar 3.11 Grafik Hubungan Antara Beban (P) dan Lendutan (Δ)

3.6 Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan (ϕ)

Faktor kekakuan didefinisikan sebagai rasio momen dan kelengkungan (*Bruneau dkk, 1978; Beedle, 1958*) yang dinyatakan dengan Persamaan berikut :

$$EI = \frac{M}{\Phi} \tag{3.46}$$

Pemberian beban aksial (P) dari struktur akan didapatkan perpindahan yang diukur pada tiga titik yang berurutan dengan jarak yang sama (Δ_x) dimana tiga titik distrik tersebut diberi notasi y_{i+1}, y_i dan y_{i-1} seperti terlihat pada **Gambar 3.12** berikut :



Gambar 3.12 Penurunan Yang Terjadi Akibat Beban (P)

Dari **Gambar 3.12** dapat diketahui besarnya dy dan dx dengan Persamaan:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \tag{3.47}$$

Turunan kedua dari Persamaan 3.47 adalah :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(2\Delta x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1})\frac{d}{dx}(2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \tag{3.48}$$

Karena (2.Δx) adalah konstan, maka nilai dari $\frac{d}{dx}(2\Delta x) = 0$, sehingga Persamaan 3.48 menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x)\frac{d}{dx}\frac{(y_{i+2} - y_i)}{(2\Delta x)} - \frac{(y_i - y_{i-2})}{2\Delta x}}{(2\Delta x)^2} \tag{3.49}$$

dari Persamaan 3.49 didapatkan :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{(\Delta x)^2} \tag{3.50}$$

dimana nilai $\frac{d^2y}{dx^2} = \Phi = \frac{M}{EI}$, sehingga Persamaan kelengkungan dapat dicari dengan rumus :

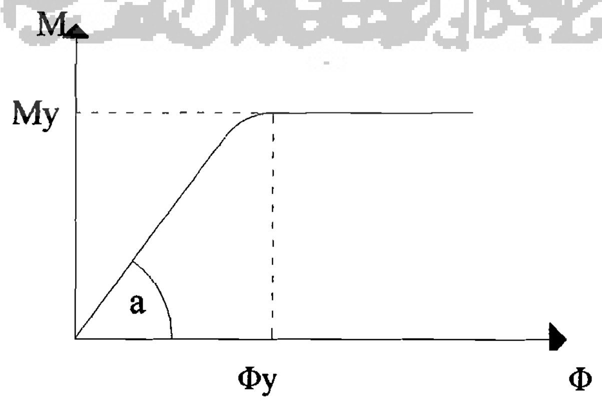
$$\Phi = \frac{1}{\rho} \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} \tag{3.51}$$

karena $\frac{dy}{dx}$ kecil, maka dengan menggunakan metode *central difference* dianggap mendekati nol, sehingga didapat kelengkungan dengan rumus :

$$\Phi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \tag{3.52}$$

Dari Persamaan 3.52, maka dapat dicari factor kekakuan EI setelah momen (M) dan kelengkungan (ϕ) diketahui.

Grafik hubungan momen dan kelengkungan ditunjukkan pada **Gambar 3.13** sebagai berikut :



Gambar 3.13 Hubungan Antara Momen (M) dan Kelengkungan (ϕ)

Gambar 3.13 menunjukkan hubungan antara momen-kelengkungan. Tampak bahwa pada grafik hubungan momen-kelengkungan akan membentuk sudut (α), dimana :

$$tg\alpha = \frac{M}{\Phi} \tag{3.53}$$

$$EI = tg\alpha \tag{3.54}$$

3.7 Hipotesis

Berdasarkan kajian dari tinjauan pustaka dan landasan teori dapat dikemukakan hipotesis bahwa pada kolom tersusun prismatis dengan variasi jarak batang transversal (L_1), jika rasio (L_1/i_{min}) besar maka besarnya beban kritis (Pcr) yang dapat diterima oleh kolom akan kecil dan sebaliknya jika rasio (L_1/i min) kecil maka beban kritisnya akan besar.