

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: jtsipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 5, Nomor 2, Oktober 2014

ISSN 2087-2860

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
1. Analisis Tingkat Kebisingan Lalu Lintas dan Penentuan Daerah Aman Terhadap gangguan Kebisingan (Jl. Soekarno – Hatta)	
Junardi.....	616-627
2. Study Kekuatan Tanah Dasar Jalan Akibat Perubahan Derajat Kejenuhan	
Lilies Widodojoko	628-641
3. Analisis Batang Tekuk Dalam Struktur Rangka Batang Hubungan Kaku	
Hery Riyanto	642-650
4. Analisis Break Event Point, Payback Periode, Dan Net Present Value pada Perusahaan Gading Taksi di Bandar Lampung	
Dirwansyah Sesunan.....	651-667
5. Pengendalian Proyek Dengan Mempergunakan Kurva "S" Pada Proyek Puri Kencana Phase III	
Donny Yasrizal	668-683

ANALISIS BATANG TEKUK DALAM STRUKTUR RANGKA BATANG HUBUNGAN KAKU

HERY RIYANTO

Dosen Universitas Bandar Lampung

E-mail : heryriyanto@ubl.ac.id

Abstrak

Penyelidikan mengenai elemen tekan struktur baja selalu dikaitkan dengan masalah tekuk sebagai bagian yang berhubungan erat dengan prinsip-prinsip desain. Ada beberapa teori yang menjelaskan mengenai konsep tekuk. Salah satu konsep yang akan dipelajari dalam skripsi ini adalah konsep Stabilitas Elastis. Secara singkat konsep ini dapat dijelaskan bahwa pengamatan mengenai Stabilitas dari struktur baja dilakukan pada waktu baja masih dalam kondisi elastis. Dalam praktek, hubungan elemen-elemen pada rangka batang sering kali dibuat dengan las sehingga tidak bersifat sebagai sendi melainkan kaku. Hal ini mengakibatkan elemen yang mengalami gaya aksial tekan akan berperilaku sebagai kolom dengan kondisi ujung tertahan elastis. Dengan demikian kekakuan dari elemen-elemen rangka batang yang berdekatan akan mengalami kekakuan dari suatu elemen yang sedang ditinjau.

Dalam hal ini yang diteliti adalah pengaruh kekakuan dan gaya normal yang bekerja pada batang-batang yang berdekatan. Pengertian berdekatan disini adalah batang-batang yang langsung berhubungan dengan batang yang ditinjau. Melalui serangkaian perhitungan dan analisis maka dapat diketahui bahwa pengaruh dari kekakuan elemen-elemen yang berdekatan akan memberikan suatu nilai kekakuan tersendiri pada elemen yang sedang ditinjau. Dengan demikian dapat diperoleh suatu panjang tekuk yang lebih kecil dari panjang sistem elemen. Bila ditinjau lebih lanjut maka pengaruh dari tekuk yang lebih kecil dari panjang sistem akan memberikan suatu efisiensi pada tahap desain elemen rangka batang. Untuk memperoleh pengertian yang lebih jelas tentang masalah tekuk maka dilakukan beberapa variasi pembahasan parameter dari batang-batang yang ada.

Kata Kunci : Konsep Tekuk, Gaya Aksial, Momen Inersia

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyelidikan mengenai elemen tekan struktur baja selalu dikaitkan dengan masalah tekuk sebagai bagian yang berhubungan erat dengan prinsip-prinsip desain. Ada beberapa teori yang menjelaskan mengenai konsep tekuk. Salah satu konsep yang akan dipelajari dalam skripsi ini adalah konsep Stabilitas Elastis. Secara singkat konsep ini dapat dijelaskan bahwa pengamatan

mengenai Stabilitas dari struktur baja dilakukan pada waktu baja masih dalam kondisi elastis.

Tekuk sebagai suatu keadaan dimana sebuah elemen struktur baja dikerjakan beban aksial tekan atau kombinasi beban aksial tekan dengan momen lentur akan mengalami ketidakstabilan elastis ketika beban aksial terus bertambah besar sehingga mengakibatkan keruntuhan. Hal yang

sama juga akan terjadi pada sebuah struktur rangka kaku, jika beban aksial tekan meningkat cukup tinggi pada sebagian atau seluruh elemen struktur. Sebagai acuan untuk membatasi besarnya beban aksial tekan adalah beban kritis Euler. Ketidakstabilan elastis atau tekuk terjadi bila beban aksial tekan yang terjadi melebihi beban kritis Euler.

Dari penjelasan singkat mengenai terjadinya peristiwa tekuk diharapkan dapat lebih memudahkan untuk memahami latar belakang skripsi ini. Yang mendasari penulisan skripsi ini adalah diperlukannya suatu penelitian untuk melihat bagaimana perilaku tekuk pada struktur rangka batang dengan hubungan kaku.

Dalam praktek, hubungan elemen-elemen pada rangka batang sering kali dibuat dengan las sehingga tidak bersifat sebagai sendi melainkan kaku. Hal ini mengakibatkan elemen yang mengalami gaya aksial tekan akan berperilaku sebagai kolom dengan kondisi ujung tertahan elastis. Dengan demikian kekakuan dari elemen-elemen rangka batang yang berdekatan akan mengalami kekakuan dari suatu elemen yang sedang ditinjau. Dalam hal ini yang diteliti adalah pengaruh kekakuan dan gaya normal yang bekerja pada batang-batang yang berdekatan. Pengertian berdekatan disini adalah batang-batang yang langsung berhubungan dengan batang yang ditinjau.

Elemen-elemen struktur rangka batang yang hubungan antara elemen yang satu dengan elemen lainnya diasumsikan sebagai hubungan jepit sempurna maka elemen-elemen pada rangka tersebut dapat dianalisa secara tersendiri. Namun pada kenyataannya hampir semua struktur memiliki suatu tingkat kekakuan tertentu pada

hubungan elemen-elemennya. Akibatnya bila sebuah elemen mengalami tekuk maka pada batang-batang lainnya akan mengalami efek yang ditimbulkan batang yang tertekuk sehingga dapat dikatakan seluruh struktur mengalami deformasi. Sedangkan pada rangka batang dengan hubungan berapa sendi bila salah satu batang mengalami tekuk maka tidak akan mempengaruhi batang-batang lain.

Pengaruh dari hubungan kaku akan terlihat pada penentuan panjang tekuk dari suatu elemen rangka batang. Bila pada rangka batang dengan hubungan berapa sendi maka panjang tekuk dari suatu elemen diasumsikan sama dengan panjang sistem dari elemen rangka tersebut. Namun lain halnya bila rangka batang dihubungkan secara kaku, panjang tekuk batang tidak akan sama dengan panjang sistemnya.

Dalam praktek desain, dengan berpedoman pada PPBBG-SKBI 1987 dijelaskan bahwa untuk perhitungan dan perencanaan elemen tekan struktur baja diambil nilai koefisien tekuk sama dengan 1. Dengan demikian panjang tekuk suatu elemen tekan selalu diambil sama dengan panjang sistemnya. Asumsi di atas diambil tanpa memperhatikan apakah ujung-ujung elemen yang bertemu dihubungkan secara kaku atau tidak. Bila hubungkan mempergunakan baut maka ujung-ujung elemen yang bertemu dapat di perlakukan sebagai sendi, tetapi lain halnya bila ujung-ujung elemen dihubungkan dengan las baik mempergunakan plat buhul ataupun tidak maka hubungan bersifat kaku. Dengan adanya kekakuan hubungan elemen, maka pada suatu titik kumpul dapat bekerja bersama-sama gaya tarik maupun gaya tekan. Gaya tarik dan tekan yang bekerja bersama-sama tersebut akan mempengaruhi panjang tekuk suatu elemen yang sedang

ditinjau. Pengaruh kekakuan hubungan elemen elemen yang bertemu dapat memberikan nilai koefisien yang lebih kecil dari 1. Sedangkan bila hubungan bersifat sangat kaku maka dianggap jepit sempurna dengan koefisien tekuk sama dengan 0,5. Dengan kondisi ujung tertahan elastis akan berada antara keadaan ujung bersifat sebagai sendi dan ujung bersifat jepit.

Melalui serangkaian perhitungan dan analisis maka dapat diketahui bahwa pengaruh dari kekakuan elemen-elemen yang berdekatan akan memberikan suatu nilai kekakuan tersendiri pada elemen yang sedang ditinjau. Dengan demikian dapat diperoleh suatu panjang tekuk yang lebih kecil dari panjang sistem elemen. Bila ditinjau lebih lanjut maka pengaruh dari tekuk yang lebih kecil dari panjang sistem akan memberikan suatu efisiensi pada tahap desain elemen rangka batang.

Peristiwa tekuk pada suatu elemen rangka batang dapat terjadi baik pada bidang rangka maupun keluar dari bidang rangka. Namun pada penulisan skripsi ini analisis tekuk dilakukan pada bidang gambar saja.

Dengan melihat pada penjelasan di atas maka dipandang perlu untuk dilakukan penelitian dan analisis untuk memperoleh sejumlah data mengenai pengaruh dari hubungan kaku rangka batang pada penentuan panjang tekuk yang akan digunakan sebagai dasar untuk pembuatan kesimpulan pada akhir penulisan skripsi ini.

1.2 Maksud

Penelitian yang dilakukan menggunakan studi literatur. Maksud dari studi literatur adalah untuk menganalisis batang tekuk dalam struktur rangka batang hubungan kaku. Dengan demikian dapat diperoleh

pembahasan yang lebih mendalam mengenai perilaku tekuk pada rangka batang dengan hubungan kaku.

1.3 Tujuan

Pada penelitian ini pembahasan yang dilakukan ditujukan untuk mencari kekuatan maksimal pada analisis batang tekuk dalam struktur rangka batang yang ujung-ujungnya dihubungkan secara kaku.

1.4 Lingkup Pembahasan

Analisis dilakukan untuk berbagai tipe rangka batang dua dimensi. Analisis tekuk dilakukan pada bidang rangka. Analisis tekuk dilakukan pada kondisi elastis. Pengaruh yang diakibatkan oleh adanya efek momen sekunder diabaikan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Pada Bab 1 dibahas latar belakang, maksud, tujuan dan mang lingkup pembahasan. Pada Bab 11 dibahas kajian literatur yang berkaitan dengan analisa batang tekuk dalam struktur rangka batang hubungan kaku. Bab III membahas analisis rangka batang kaku dengan metode matriks. Bab IV membahas beberapa rangka batang kaku dalam analisis panjang tekuk. Bab V dibahas kesimpulan dan saran berdasarkan hasil-hasil analisis rangka tekuk dalam struktur rangka batang.

II. ANALISIS STRUKTUR RANGKA BATANG KAKU DENGAN METODE MATRIKS

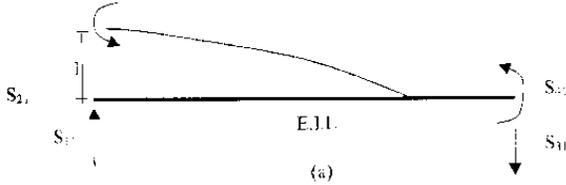
Metoda matriks kekakuan adalah suatu teknik numerik yang menggunakan matriks aljabar untuk menganalisis suatu sistem struktur. Analisis dengan matriks kekakuan ini dikenal pula dengan Matrix Displacement Method oleh Bleich (1990). Dalam metode ini yang menjadi sasaran perhitungan adalah berapa peralihan dari titik hubung yang terdapat pada struktur, baik itu berupa translasi atau rotasi. Analisis tekuk dengan metoda matriks kekuatan ini diselesaikan melalui perhitungan komputer. Metode

matriks kekakuan selain digunakan untuk analisis struktur secara umum dapat juga digunakan untuk analisis stabilitas struktur.

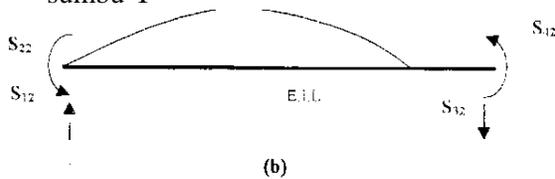
3.1 Matriks Kekakuan

Untuk dapat unsur-unsur pembentuk matriks kekakuan dilakukan dengan cara slope deflection. Peralihan yang diberikan adalah berupa translasi dan rotasi. Berikut ini adalah gambar komponen dari elemen matriks kekakuan :

1. Akibat translasi satu satuan δ_1 pada arah sumbu Y

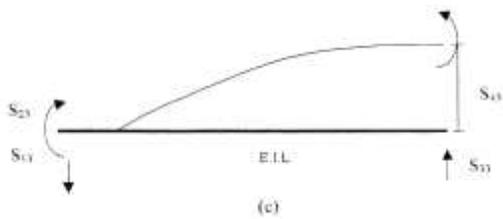


2. Akibat rotasi satu satuan δ_2 pada arah sumbu Y

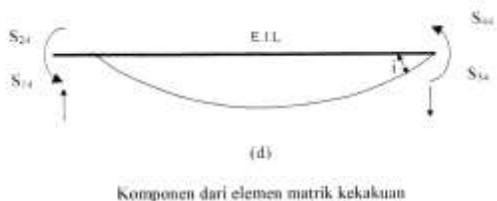


Komponen elemen Matriks Kekakuan

3. Akibat rotasi satu satuan δ_3 pada arah sumbu Y



4. Akibat rotasi satu satuan δ_4 pada arah sumbu Y



Komponen dari elemen matrik kekakuan

Secara lengkap matriks kekakuan elemen lentur dapat ditulis sebagai berikut :

$$[S] = EI \begin{bmatrix} 12 & 6 & 2 & 6 \\ I^3 & I^2 & I^3 & I^2 \\ 6 & 4 & 6 & 2 \\ I^3 & I^2 & I^3 & I^2 \\ 12 & 6 & 2 & 6 \\ I^3 & I^2 & I^3 & I^2 \\ 6 & 2 & 6 & 4 \\ I^3 & I^2 & I^3 & I^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.1)$$

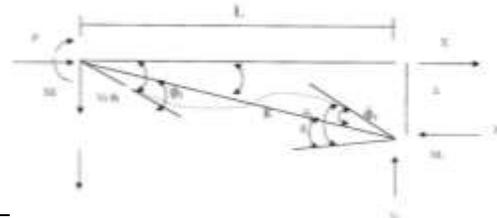
Matriks kekakuan elemen lentur yang telah disajikan mencakup komponen kekakuan matriks akibat translasi dan rotasi. Sedangkan dari penjelasan pada BAB 11 dapat diketahui bahwa peralihan yang ditinjau pada setiap titik kumpul rangka batang berupa rotasi. Oleh karena itu komponen matriks kekakuan yang akan digunakan untuk analisis tekuk hanya yang berkaitan dengan rotasi saja. Ukuran matriks kekakuan elemen lentur menjadi 2x2 sebagai berikut :

$$[S] = EI \begin{bmatrix} \frac{4}{L} & \frac{2}{L} \\ \frac{1}{L} & \frac{4}{L} \\ \frac{2}{L} & \frac{1}{L} \\ \frac{1}{L} & \frac{4}{L} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3 - 1a)$$

2.2 Pengaruh Gaya Aksial Terhadap Kekakuan Lentur

Hubungan antara momen ujung dan rotasi ujung pada bidang prismatis yang mengalami lentur dengan mengikutsertakan pengaruh dari gaya aksial dapat ditulis baik dalam bentuk matriks fleksibilitas maupun matriks kekakuan.

Untuk Gaya Aksial Tekan :



Gambar 2.2 Interaksi Gaya Aksial Tekan Lentur

Persamaan diferensial untuk kurva elastis diatas adalah sebagai berikut :

$$EI = \frac{d^2y}{dx^2} = -(Mi - Vj + Py) = -Mi + \frac{Mi + Mj + PRL}{L} x - Py \dots (2-2)$$

Persamaan (3-2) diselesaikan sebagai berikut:

$$Y = A \sin \frac{\phi}{L} x + B \cos \frac{\phi}{L} x - \frac{Mi}{P} + \frac{(Mi + Mj + PRL)}{PL} \dots (2-3)$$

Dimana :

$$\phi = L \sqrt{\frac{S}{EI}} \dots (2-4)$$

Dengan memasukkan kondisi batas $x = 0$, $y = 0$ dan $x = L$, $y = RL$, maka akan diperoleh nilai konstanta A dan B :

$$A = - \frac{Micos\phi}{Psin\phi} - \frac{Mi}{Psin\phi}$$

$$B = + \frac{Mi}{P}$$

Kemiringan θ_j dan θ_i pada ujung elemen adalah :

$$\begin{aligned} \theta_i = \frac{dy}{dx} \quad \text{pada } x = 0 \\ = A \frac{\phi}{L} + \frac{Mi + Mj}{PL} + R \\ = \frac{MiL}{EI} \left[\frac{\sin \phi - \cos \phi}{\phi^2 \sin \phi} \right] + \frac{MjL}{EI} \left[\frac{\phi - \sin \phi}{\phi^2 \sin \phi} \right] + R \end{aligned} \quad (3-5)$$

$$\begin{aligned} \theta_j = \frac{dy}{dx} \quad \text{pada } x = L \\ = A \frac{\phi}{L} \cos \phi + B \frac{\phi}{L} \sin \phi + \frac{Mi + Mj}{PL} + R \\ = \frac{MiL}{EI} \left[\frac{\phi - \sin \phi}{\phi^2 \sin \phi} \right] + \frac{MjL}{EI} \left[\frac{\sin \phi - \cos \phi}{\phi^2 \sin \phi} \right] + R \end{aligned} \quad (3-6)$$

Dengan menggunakan hubungan $\phi_i = \theta_j - R$ dan $\phi_j = \theta_i - R$, rotasi ujung ϕ_i dan θ_j dapat ditulis sebagai fungsi terhadap momen ujung M_i dan M_j melalui matriks fleksibilitas maupun matriks kekakuan sebagai berikut :

Matriks Kekakuan (S)

	M_i	M_j
M_i	$\left[\frac{\phi \sin \phi - \phi^2 \cos \phi}{2 - 2 \cos \phi} \right] \frac{EI}{L}$	$\left[\frac{\phi^2 - \phi \sin \phi}{2 - 2 \cos \phi + \phi \sin \phi} \right] \frac{EI}{L}$
M_j	$\left[\frac{\phi^2 - \phi \sin \phi}{2 - 2 \sin \phi + \phi \cos \phi} \right] \frac{EI}{L}$	$\left[\frac{\phi \sin \phi - \phi^2 \cos \phi}{2 - 2 \cos \phi + \phi \sin \phi} \right] \frac{EI}{L}$

(3-8)

Sudut Standar Kritis dan Rasio Panjang Efektif dari Suatu Elemen

Nilai dari faktor beban tekuk, per saat determinan dari matriks kekakuan struktur [S] mencapai nol. Nilai faktor beban tekuk ini adalah nilai terkecil yang didapat dari proses membuat determinan sama dengan nol. Dalam hal ini ragam tekuk yang terjadi dinamakan ragam tekuk dasar. (Salmon, 1989)

Sebuah batang terlentur ke-m yang mengalami pembebanan aksial tekan adalah fungsi dari sebuah sudut ϕ_m yang didefinisikan sebagai :

$$\phi_m = Lm \sqrt{\left[\frac{amP}{EI_m} \right]} \dots (2-9)$$

Sudut ϕ_m ini dinamakan sudut stabilitas dari batang ke-m. Jika panjang batang (L_c), dan momen inersia batang (I_c), dipilih sebagai standar, maka sudut standar stabilitas ϕ_c ditulis sebagai :

$$\phi_c = Lc \sqrt{\left[\frac{P}{EI_c} \right]} \dots (2-10)$$

Rasio sudut stabilitas batang ke-m (ϕ_m) terhadap sudut stabilitas batang standar (ϕ_c) :

$$\beta_m = \frac{\phi_m}{\phi_c} = \frac{Lm}{Lc} \sqrt{\left[\frac{am}{Im/Ic} \right]} \dots (2-11)$$

Untuk setiap haraga sudut stabilitas akan diperoleh suatu nilai determinan dari matriks kekakuan untuk seluruh struktur, Harga terkecil dari ϕ_c yang

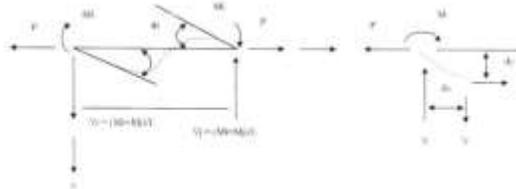
diperoleh saat determinan dari matriks kekakuan mencapai nol adalah sudut stabilitas standar kritis $(\phi_{cr})_c$ atau ;

$$(\phi_{cr})_c = Lc v \sqrt{\frac{P_{cr}}{EIc}} \dots\dots\dots(2-12)$$

Panjang efektif $KmLm$ dari suatu batang ke- m didefinisikan sebagai ekuivalen panjang batang dimana Euler sama dengan $\alpha m P_{cr}$:

$$\begin{aligned} K_m &= \sqrt{\frac{\Pi^2 E I m}{\alpha m P_{cr} L m^2}} = \sqrt{\frac{\Pi^2}{(\phi_{cr})^2 m}} \\ &= \frac{\Pi}{(\phi_{cr}) m} \\ &= \frac{\Pi}{\beta m (\phi_{cr}) c} \end{aligned}$$

Untuk Gaya Aksial Tarik



Gambar 3.3. Interaksi Lentur dan Gaya Aksial Tarik

Persamaan momen pada suatu segmen dx pada gambar diatas :

$$dM = Vdx - Pdy$$

Bila persamaan diatas dibagi dengan dx :

$$\frac{dM}{dx} = V - P \frac{dy}{dx}$$

Kemudian diturunkan terhadap x :

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = \frac{dV}{dx} - P \frac{d^2 y}{dx^2}$$

Tanpa beban transversal pada segmen $d v$:

$$\frac{dv}{dx} = 0 \quad \text{dan ;}$$

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -P \frac{d^2 Y}{dx^2}$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI}$$

Eliminasi M antara persamaan (3-14) dan (3-15) :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = P \frac{d^2 y}{EI dx^2} \quad (3-16)$$

Dengan menggunakan notasi :

$$\phi = L \sqrt{\frac{P}{EI}} \quad (3-17)$$

Persamaan diatas menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\phi^2 y}{L^2 dx^2} \quad (3-18)$$

Persamaan (3 - 18) adalah persamaan diferensial kuna elastis pada gambar 3.3 yang gaya aksialnya berupa gaya aksial tarik.

Solusi persamaan diatas adalah :

$$Y = A \sinh \frac{\phi}{L} x + B \cosh \frac{\phi}{L} x + Cx + D \quad (3-19)$$

Kondisi batas untuk menyelesaikan persamaan diferensial diatas adalah :

1. Pada saat $x = 0, y = 0$; atau $B + D = 0 \dots\dots (2-20)$
2. Pada saat $x = L, y = 0$; atau $A \sin h \phi + B \cos h \phi + CL + D = 0 \dots\dots(2-21)$
3. Pada saat $x = 0, M = M_i$; atau

$$\begin{aligned}
 Mj &= -EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{pada } x=0 \\
 &= -EI \left[A \frac{\phi^2}{L^2} \sinh \frac{\phi}{L} x + B \frac{\phi^2}{L^2} \cosh \frac{\phi}{L} x \right] \\
 &= -B \frac{\phi^2}{L^2} EI \quad (3-22)
 \end{aligned}$$

4. Pada saat $x = L$, $M = -M_j$; atau

$$\begin{aligned}
 Mj &= EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{pada } x=L \\
 &= EI \left[A \frac{\phi^2}{L^2} \sinh \frac{\phi}{L} x + B \frac{\phi^2}{L^2} \cosh \frac{\phi}{L} x \right] \\
 &= -A \frac{\phi^2 EI}{L^2} \sinh \phi + B \frac{\phi^2 EI}{L^2} \cosh \phi \quad (3-23)
 \end{aligned}$$

5. Pada saat $x = 0$, $\frac{dy}{dx} = \phi x$; atau

$$\begin{aligned}
 \phi x &= \frac{dy}{dx} \quad \text{pada } x=0 \\
 &= A \frac{\phi}{L} \cosh \frac{\phi}{L} x + B \frac{\phi}{L} \sinh \frac{\phi}{L} x + C \\
 &= A \frac{\phi}{L} + C \quad (3-24)
 \end{aligned}$$

6. Pada saat $x = L$, $\frac{dy}{dx} = \phi j$; atau

$$\begin{aligned}
 \phi j &= \frac{dy}{dx} \quad \text{pada } x=L \\
 &= A \frac{\phi}{L} \cosh \frac{\phi}{L} x + B \frac{\phi}{L} \sinh \frac{\phi}{L} x + C \\
 &= A \frac{\phi}{L} \cosh \phi + B \frac{\phi}{L} \sinh \phi + C \quad (3-25)
 \end{aligned}$$

Dari persamaan-persamaan diatas diperoleh 4 buah konstanta A, B, C dan D yang berkaitan dengan momen ujung M_i dan M_j :

$$A = + \frac{L^2 \cosh \phi}{\phi^2 EI \sinh \phi} M_i + \frac{L^2}{\phi^2 EI \sinh \phi} M_j \quad (3-26)$$

$$B = - \frac{L^2}{\phi^2 EI} M_i \quad (3-27)$$

$$C = - \frac{L}{\phi^2 EI} M_i - \frac{L}{\phi^2 EI} M_j \quad (3-28)$$

$$D = + \frac{L}{\phi^2 EI} M_j \quad (3-29)$$

Substitusi keempat konstanta tadi

kedalam persamaan sebelumnya, sehingga diperoleh nilai koefisien sebagai berikut :

	M_i	M_j
ϕi	$\left[\frac{\phi \cosh \phi - \sinh \phi}{\phi^2 \sinh \phi} \right] \frac{L}{EI}$	$- \left[\frac{\sinh \phi - \phi}{\phi^2 \sinh \phi} \right] \frac{L}{EI}$
ϕj	$- \left[\frac{\phi \sinh \phi - \phi^2}{\phi^2 \sinh \phi} \right] \frac{L}{EI}$	$\left[\frac{\phi \cosh \phi - \sinh \phi}{\phi^2 \sinh \phi} \right] \frac{L}{EI}$

(3-30)

Keempat konstanta A, B, C dan D dapat diselesaikan dalam fungsi rotasi ujung ϕ_i dan ϕ_j sebagai berikut :

$$\frac{A}{L} = \frac{(1 - \cosh \phi + \phi \sinh \phi) \phi_i + (\cosh \phi - 1) \phi_j}{\phi(2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi)} \quad (3-31)$$

$$\frac{B}{L} = \frac{(\sinh \phi - \phi \cosh \phi) \phi_i + \phi + (\phi - \sinh \phi) \phi_j}{\phi(2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi)} \quad (3-32)$$

$$\frac{C}{L} = \frac{(1 - \cosh \phi) \phi_i + (1 - \cosh \phi) \phi_j}{\phi(2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi)} \quad (3-33)$$

$$\frac{D}{L} = \frac{(\phi \cosh \phi - \sinh \phi) \phi_i + (\sinh \phi - \phi) \phi_j}{\phi(2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi)} \quad (3-34)$$

Matriks Kekakuan [S]

	ϕ_i	ϕ_j
M_i	$\frac{\phi \cosh \phi - \phi \sinh \phi}{2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi} \frac{EI}{L}$	$\frac{\phi \sinh \phi - \phi^2}{2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi} \frac{EI}{L}$
M_j	$\frac{\phi \sinh \phi - \phi^2}{2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi} \frac{EI}{L}$	$\frac{\phi^2 \cosh \phi - \phi \sinh \phi}{2 - 2 \cosh \phi + \phi \sinh \phi} \frac{EI}{L}$

(3-35)

Berdasarkan derajat kebebasan masing-masing elemen maka dibentuk matriks kekakuan elemen baik untuk elemen tarik maupun juga untuk elemen tekan. Setelah terbentuk matriks kekakuan untuk semua elemen maka dilanjutkan dengan pembentukan matriks kekakuan untuk seluruh struktur [S] yaitu dengan cara menggabungkan semua matriks kekakuan elemen. (Tall and Lambert,1987)

Pada keadaan bifurkasi akan tercapai suatu hubungan antara kekakuan, gaya luar dan peralihan sebagai berikut yang ditulis dalam bentuk persamaan matriks,

$$\{P\} = [S]\{X\} = 0 \dots\dots\dots(2-36)$$

Solusi nontrivial dari persamaan matriks di atas dapat diperoleh dengan memenuhi kriteria stabilitas yaitu diterima matriks $[S]$ sama dengan nol.

$$DET [S] = 0 \dots \dots \dots (2 - 27)$$

Untuk mendapatkan harga determinan dari matriks kekakuan struktur sama dengan nol maka dilakukan dengan metode interval-halving. Pada metode ini dilakukan perhitungan harga determinan untuk sudut stabilitas standar kritis yang berbeda-beda dengan perubahan selang tertentu hingga diperoleh determinan matriks kekakuan sama dengan nol.

3.3. Derajat Ketidak Tentuan

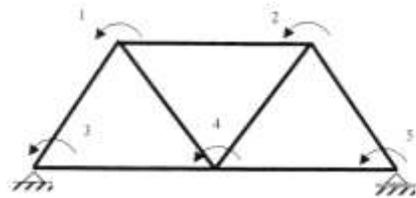
Pada suatu struktur yang dikenakan beban atau gangguan maka titik-titik kumpulnya akan terjadi peralihan berupa translasi atau rotasi. Terjadinya peralihan berupa translasi atau rotasi pada titik-titik kumpul bergantung pada kondisi pengekangan titik kumpul tersebut. Banyaknya peralihan yang terjadi pada titik-titik kumpul sebuah struktur disebut derajat ketidak tentuan kinematis atau jumlah derajat kebebasan.

Pada struktur yang ditinjau adalah rangka batang dimana titik-titik kumpulnya dihubungkan secara kaku (*rigid joint truss*). Analisis rangka batang ditas dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah analisis gaya dalam dari struktur rangka batang sedangkan tahap kedua adalah analisis tekuk. Oleh karena itu derajat kebebasannya juga dibedakan dalam dua jenis.

Dalam tahap analisis gaya dalam untuk mencari gaya aksial batang, derajat kebebasan pada titik-titik kumpulnya adalah berupa translasi sedangkan pada tahap analisis tekuk,

derajat kebebasannya adalah berupa rotasi saja.

Gambar 3.4 menunjukkan sebuah struktur rangka batang dengan hubungan kaku. Perletakan strukturnya adalah sendi dan nol. Dengan berkerjanya beban dan pengabaian deformasi aksial pada struktur, maka peralihan yang terjadi hanya berupa saja pada semua titik kumpulnya.



Gambar 3.4 Rangka Batang Kaku

Dari gambar 3.4 diatas terlihat jumlah derajat kebebasannya adalah 5.

Diagram Aliran Penelitian

Melalui diagram alir- penelitian ini akan dijelaskan secara bertahap urutan pekerjaan yang dilakukan dalam proses analisis tekuk pada struktur rangka batang kaku. Diagram alir ini menjelaskan dalam garis besarnya urutan proses penelitian diawali dengan penentuan kasus yang akan dianalisa, kemudian persiapan data masukan rangka batang secara lengkap meliputi data struktur, koordinat, elemen rangka, gaya aksial. Kemudian dilakukan analisis batang tekuk dalam struktur rangka batang hubungan kaku.

Untuk memperoleh pengertian yang lebih jelas tentang masalah tekuk maka dilakukan beberapa variasi pembahasan parameter dari batang-batang yang ada.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Pada bagian ini akan dilakukan suatu pengambilan kesimpulan terhadap

pembahasan yang telah dilakukan pada bagian-bagian sebelumnya. Oleh karena itu kesimpulan yang diambil berdasarkan data-data dan hasil perhitungan pada bab sebelumnya,

Data ini untuk mengamati perilaku tekuk pada batang dengan hubungan kaku ini didapat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pada batang yang berdekatan pembahan parameter dari batang-batang tekan lebih besar pengaruhnya terhadap kestabilan batang yang sedang ditinjau dibandingkan dengan pembahan parameter pada batang tarik.
2. Pada sebuah elemen rangka batang, bila gaya aksialnya meningkat dan diikuti pula oleh momen inersianya dengan perbandingan yang sama (harga 2.5 N/PE batang tersebut tetap seperti semula) maka akan diperoleh koefisien tekuk yang selalu tetap nilainya dan hanya terjadi perubahan beban tekuk pada batang yang bersangkutan.
3. Semakin besar perbedaan nilai 2.5 N/PE dari elemen-elemen rangka batang maka hal tersebut menunjukkan bahwa perbandingan momen inersia dari batang-batang yang ada tidak proposional terjadinya peningkatan gaya aksial tekan yang bekerja pada suatu elemen rangka batang maka rangka tekuk batang-batang tekan akan bertambah besar. 9 dari beberapa kasus yang dianalisis pada bab-bab sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan rumus atau chart yang diberikan oleh N.J Hoff untuk menentukan koefisien rangka tekuk akan memberikan hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan N.J Hoff mengabaikan adanya pengaruh gaya aksial yang bekerja pada batang-batang yang berdekatan. Pada cara N. J Hoff ini kekakuan rotasi yang diperhitungkan hanyalah dari batang-batang tarik saja sedangkan kekakuan dari batang.

3.2 Saran

Untuk mendapatkan suatu nilai rangka tekuk yang dapat dipakai dalam

perencanaan masih diperlukan penelitian lanjutan, sehingga akan diperoleh suatu korelasi antar parameter yang berkaitan dalam penentuan rangka tekuk. Bila pada disain structural terdapat beberapa dimensi elemen struktur yang dibutuhkan maka diambil alternatif dengan memilih dimensi terbesar dan dimensi terkecil hal ini akan membuat pemakaian bahan yang lebih efisien.

IV. DAFTAR PUSTAKA

Bleich and Fredrich, 1990. Buckling Strength of Metal Structure, Mc. Graw Hill-Book Company, New York

Salmon Charles and John E. Johnson, 1989. Steel Structure Design and Behaviour, Harper & Row, New York.

Tall and Lambert, 1987. Structural Steel Design, The Ronald Press Company, New York.

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.