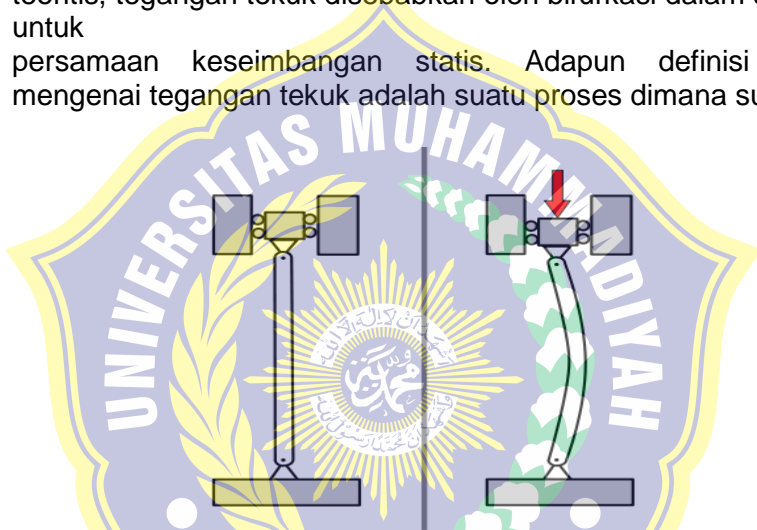


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Buckling*

Buckling stress atau tegangan tekuk adalah ketidakstabilan yang mengarah ke modus kegagalan. Secara teoritis, tegangan tekuk disebabkan oleh bifurkasi dalam solusi untuk

persamaan keseimbangan statis. Adapun definisi lain mengenai tegangan tekuk adalah suatu proses dimana suatu.



Gambar 2.1 Tegangan Tekuk
(*Mechanical Design In Optical Engineering*)

Struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya. Konsekuensi *buckling* pada dasarnya adalah masalah geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar sehingga akan mengubah bentuk struktur. Fenomena tekuk atau *buckling* dapat terjadi pada sebuah kolom langsing, lateral *buckling* balok, pelat tipis dan batang *silindris* di bebani aksial sumbu dan batang *silindris* di bebani tegak lurus sumbu.

2..1.1 Macam-macam Tegangan Tekuk :

a) Lentur Tekuk

Jenis *buckling* dapat terjadi pada setiap anggota kompresi yang mengalami defleksi yang disebabkan oleh pembengkokan atau lentur. Lentur tekuk terjadi sekitar sumbu dengan rasio kelangsingan terbesar, dan jari-jari terkecil rotasi.

b) *Torsional Buckling*

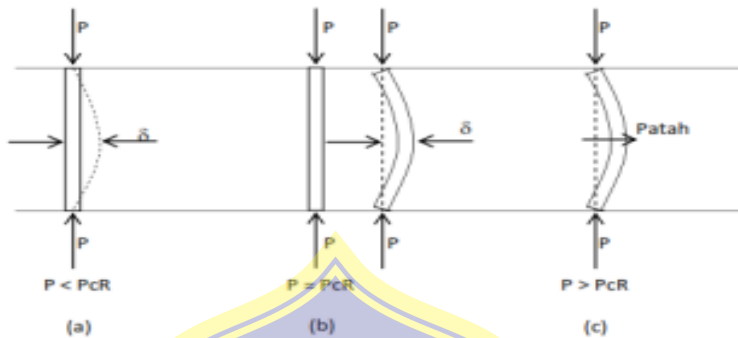
Jenis tekuk hanya terjadi pada anggota kompresi yang ganda-simetris dan memiliki sangat ramping *cross-sectional* elemen. Hal ini disebabkan oleh balik tentang sumbu *longitudinal*. Torsi tekuk terjadi terutama di bagian *built-up*, dan hampir tidak pernah di bagian digulung.

c) Lentur-*Torsional Buckling*

Jenis tekuk hanya terjadi pada anggota kompresi yang memiliki penampang simetris dengan satu sumbu simetri. Lentur-torsi tekuk adalah membungkuk simultan dan memutar dari anggota. Hal ini terutama terjadi pada saluran, terstruktur, ganda-sudut bentuk, dan sudut tunggal yang sama.

1.2 Kolom

Kolom adalah suatu bagian struktur yang mendukung beban tekan aksial dan yang cenderung mengalami kegagalan oleh ketidakstabilan atau tekukan (*Buckling*), bukan oleh kelemahan bahan. Ketidakstabilan tekukan (*Buckling*) adalah kondisi bentuk kolom tidak cukup kaku untuk menjaga kelurusan saat mendukung beban.



Gambar 2.2 Laju *Buckling* (Tekuk)

2.2.1 Sifat-sifat Penampang Lintang Kolom

Kecenderungan kolom untuk tertekuk bergantung pada bentuk dan ukuran dari penampang lintangnya serta panjang dan cara pemasangannya ke bagian-bagian di dekatnya atau cara penumpuannya. Sifat-sifat penampang lintang yang penting adalah:

1. Luas penampang lintang, A .
2. Momen kelembaman penampang lintang, I terhadap sumbu dimana nilai I adalah minimal .
3. Nilai minimal jari-jari girasi penampang lintang r .

2.3 Pengekangan Ujung

Istilah pengekangan ujung (*end fixity*) berkaitan dengan cara penumpuan ujung-ujung kolom. Variabel yang paling penting adalah besarnya pengekangan yang disediakan pada ujung-ujung kolom terhadap kecenderungan untuk berputar. Tiga bentuk kekangan ujung adalah sendi (*pinned end*), jepit (*fixed end*), dan bebas (*free end*).



WHICH COLUMN IS MOST LIKELY TO BUCKLE?



Gambar 2.3 Model Pengekang

1. Kolom dengan ujung sendi dimaksudkan supaya ujung tidak dapat bergeser dari sisi ke sisi, tetapi tidak memberikan hambatan pada ujung untuk berputar. Contoh yang paling mendekati ujung sendi adalah sambungan soket dan bola tanpa gesekan. Sambungan pena silindris memberikan sedikit hambatan terhadap satu sumbu, tetapi mengekang sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu pena.
2. Kolom dengan ujung terjepit adalah kolom yang tidak memungkinkan terjadinya perputaran di tumpuannya. Sebagai contoh, sebuah kolom silindris yang dimasukkan ke dalam selongsong dengan suaian-sesak yang tentunya akan tertahan secara kaku. Selongsong akan meniadakan kecenderungan ujung kolom untuk berputar. Sebuah kolom yang ujungnya dilas pada suatu pelat dasar yang kaku adalah contoh yang paling mendekati kolom dengan ujung terjepit.
3. Kolom dengan ujung bebas dapat diilustrasikan dengan sebuah tiang bendera. Ujung atas tiang bendera terkekang dan tidak terarah, kasus paling buruk untuk pembebanan kolom.

2.3.1 Konstanta Pengekang

	K VALUES FOR COLUMN BUCKLING					
	[a]	[b]	[c]	[d]	[e]	[f]
THEORETICAL K VALUE	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
RECOMMENDED DESIGN K VALUE	0.65	0.8	1.2	1.0	2.10	2.0

Gambar 2.4 Nilai K Terhadap Pengekang

Cara penumpuan pada kedua ujung kolom mempengaruhi *panjang efektif* kolom, yang didefinisikan sebagai dengan

$$L_e = KL$$

L = Panjang kolom aktual penumpu

K = Konstanta yang bergantung pada pengekangan ujung

Nilai-nilai pertama yang diberikan untuk K adalah nilai teoritis berdasarkan bentuk kolom yang terdefleksi. Nilai-nilai kedua diambil untuk perhitungan perkiraan pengekangan pada ujung-ujung kolom yang sebenarnya, struktur praktis. Secara khusus sulit untuk mencapai kolom yang benar-benar memiliki ujung terjepit karena kurangnya kekakuan tumpuan atau cara pemasangan. Oleh karenanya disarankan nilai K yang lebih besar.

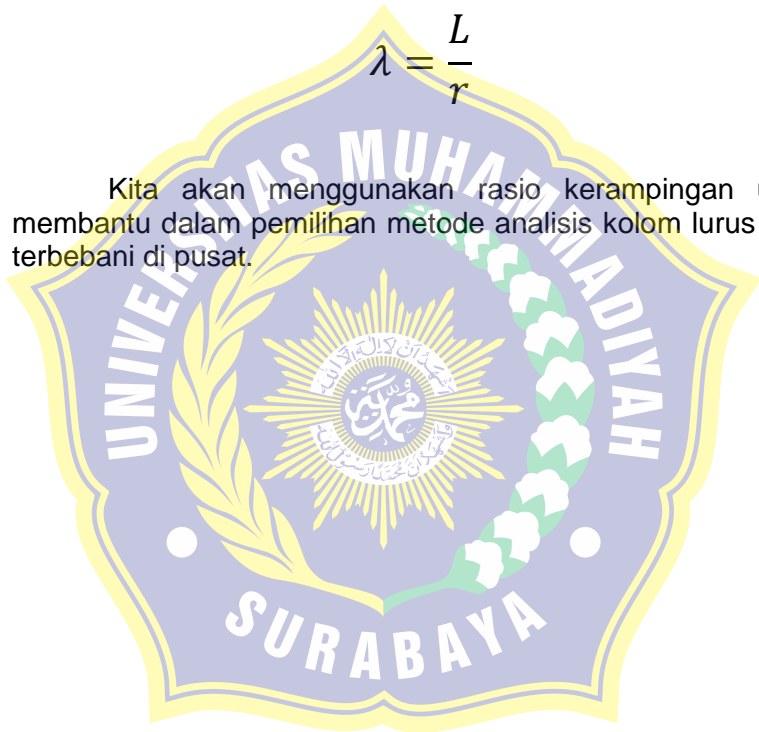
2.3.2 Rasio Kerampingan

Rasio kerampingan adalah perbandingan panjang efektif kolom dengan jari-jari girasi terkecil, yaitu :

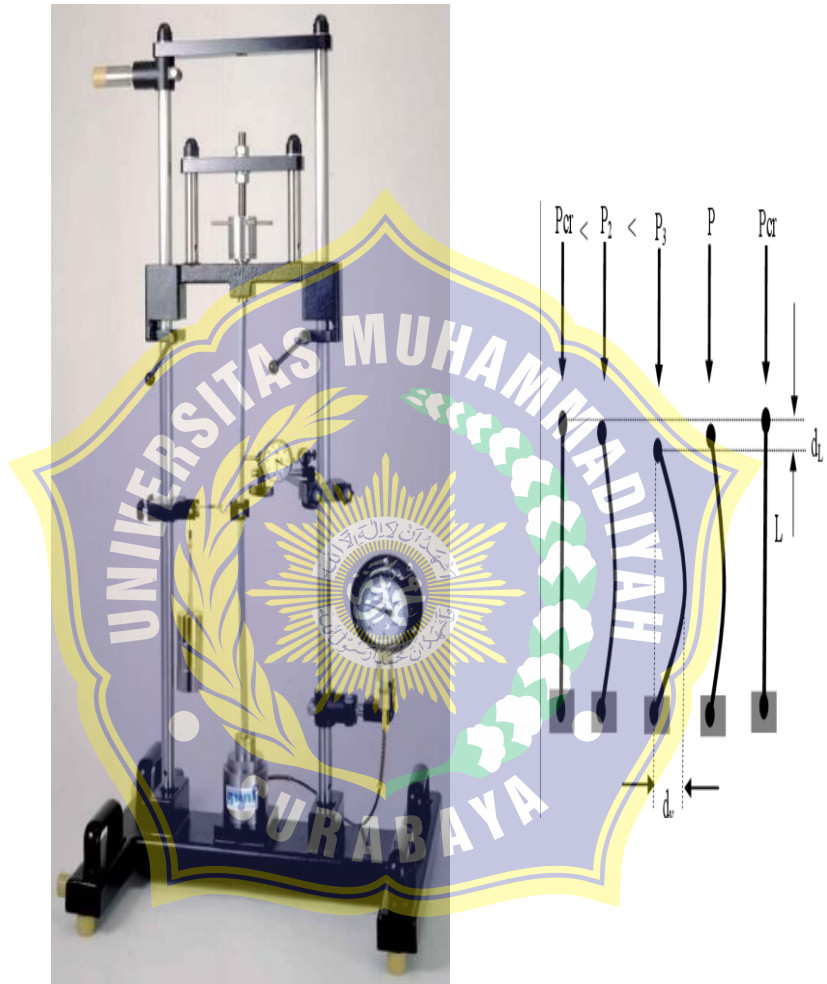
$$= L_e / r$$
$$= KL / r_{min}$$

$$\lambda = \frac{L}{r}$$

Kita akan menggunakan rasio kerampingan untuk membantu dalam pemilihan metode analisis kolom lurus yang terbebani di pusat.



2.4 Cara Kerja Alat Uji *Buckling*



Gambar 2.5 Alat Uji *Buckling* dan Cara Kerja
(Sumber : *Buckling Behavior of Bars* 2019)

Suatu bahan material uji berbentuk batang/plat dengan lebar dan panjang tertentu diletakkan di tengah-tengah alat uji

Buckling tepat pada tumpuan atas dan bawah, kemudian diberikan gaya oleh dongkrak *hydraulic / pneumatic silinder* secara perlahan-lahan sampai terjadi tekukan maksimal dan diberhentikan gaya tekan dari dongkrak dan dikendorkan katup balik *hydraulic* secara perlahan jika benda uji / material mampu menahan gaya atau gaya lebih besar maka akan terjadi tekuk permanen karena bifurkasi pada salah satu titik material tersebut. Pada batang yang lebih panjang kemungkinan terjadinya tekukan semakin besar, dengan kata lain apabila perbandingan antara panjang dan luas penampang batang semakin besar maka kemungkinan tekuknya juga semakin besar.

2.5 *Stainless steel*

Stainless steel (baja tahan karat) adalah jenis baja yang tahan terhadap pengaruh oksidasi. *Stainless steel* merupakan logam paduan dari beberapa unsur logam yang dipadukan dengan komposisi tertentu. Dengan penambahan atau pengurangan unsur paduan yang terdapat didalamnya akan diperoleh kekuatan baja paduan tinggi. Dari perpaduan logam tersebut didapatkan logam baru dengan sifat atau karakteristik yang lebih unggul dari unsur logam sebelumnya.

Penggunaan baja *stainless steel* di dunia semakin meningkat dikarenakan karakteristiknya yang menguntungkan.

Terdapat penambahan tuntutan dari karakteristik material untuk bangunan dan industri konstruksi dimana *stainless steel* digunakan untuk material berpenampilan menarik (*attractive*), tahan korosi (*corrosion resistance*), rendah perawatan (*low maintenance*) dan berkekuatan tinggi (*high strength*).

Dengan menggunakan alat uji buckling kita dapat mendapatkan nilai kritis dalam pengujian material.

2.5.1 *Stainless Steel 304*

Tipe 304 adalah tipe *stainless steel* yang paling sering digunakan terutama dalam industri makanan karena merupakan jenis '*stainless steel food grade*'. Sering dikenal sebagai '18-8' *stainless* karena memiliki kandungan 18 persen Kromium dan 8 persen nikel, *stainless steel 304* mudah untuk dibentuk, dilas dan memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi bahkan pada suhu yang sangat rendah. *Stainless steel 304* umum dipergunakan dalam industri makanan, untuk penyeduhan, pemrosesan susu, pembuatan anggur, dan dalam jalur pipa, panci, proses fermentasi serta tempat penyimpanan bahan baku. Kemampuannya antara lain dapat menahan korosi yang disebabkan oleh berbagai macam zat kimia dari buahbuahan, daging dan susu, selain itu juga umum digunakan sebagai wastafel, meja, tempat minum, kulkas, kompor, dan berbagai jenis alat perkakas serta peralatan memasak.

2.6 Analisa dan Perhitungan

2.6.1 **Beban Kritis**

Untuk beban tekuk kritis dapat dihitung menggunakan rumus Euler :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL/r)^2}$$

Dimana :

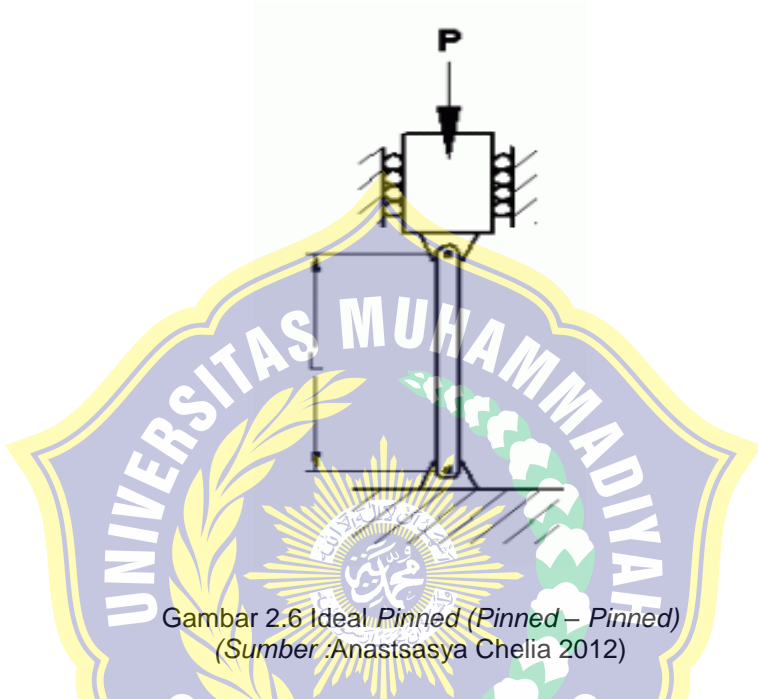
E = Modulus Elastisitas Bahan

I = Minimum Momen Inersia

L = Panjang Didukung Kolom

Perhatikan bahwa terlepas dari kondisi akhir, beban kritis tidak tergantung pada kekuatan materi, melainkan

kekuatan lentur, ketahanan tekuk dapat ditingkatkan dengan meningkatkan momen inersia.



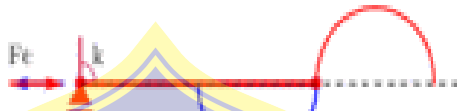
Gambar 2.6 Ideal *Pinned (Pinned – Pinned)*
(Sumber :Anastsasya Chelia 2012)

Ideal pinned, ia mempertahankan bentuknya dibelokkan setelah penerapan beban kritis. Dalam sebagian besar aplikasi, beban kritis biasanya dianggap sebagai beban maksimum yang berkelanjutan dengan kolom. Secara teoritis, setiap modus *buckling* adalah mungkin, tetapi kolom biasanya akan membelokkan ke mode pertama. Kolom A akan tertekuk sewaktu P beban mencapai tingkat kritis, disebut kritis, P_{cr} .

2.6.2 Panjang Efektif

Untuk kolom dengan berbagai jenis dukungan, rumus EULER masih dapat digunakan dengan jarak antara titik momen nol. Kedua profil melingkar dapat diatur dalam profil berbentuk 'S', seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah,

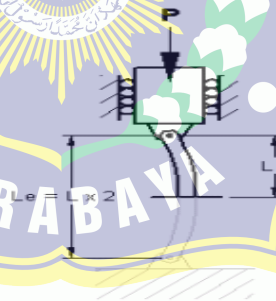
dalam hal ini menyatakan bahwa diskontinuitas kelengkungan menyebabkan beberapa dua beban tekuk. Perhatikan struktur satu derajat kebebasan ditunjukkan pada gambar dibawah yang memiliki dua beban tekuk (satu tarik dan satu tekan).



Gambar 2.7 Dua Beban Tekuk (Satu Tarik dan Satu Tekan)
(Sumber : Anastsasya Chelia 2012)

Panjang ini disebut panjang L_e Efektif dan diilustrasikan dibawah ini. Dengan demikian persamaan beban kritis menjadi :

$$L_e = KL$$



Gambar 2.8 Gambar Panjang Efektif (L_e)

Nilai – nilai pertama yang diberikan untuk K adalah nilai teoritis berdasarkan bentuk kolom yang terdefleksi. Nilai - nilai kedua diambil untuk perhitungan pengekangan pada ujung – ujung kolom yang sebenarnya, struktur praktis secara

husus sulit untuk mencapai kolom yang benar benar memiliki ujung terjepit.

2.6.3 **Luas penampang** : $A = b \cdot h$

2.6.4 **Inersia Minimum** :

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

2.6.5 **Jari-Jari Girasi**

Kekuatan sebuah kolom dapat ditingkatkan dengan mendistribusikan bahan untuk meningkatkan momen inersia. Ini dapat dilakukan tanpa meningkatkan berat kolom dengan mendistribusikan bahan seperti jauh dari sumbu utama bagian lintas sebanyak mungkin, sementara menjaga bahan cukup tebal untuk mencegah Tekuk lokal.

Karena momen inersia permukaan wilayahnya dikalikan dengan persegi panjang yang disebut jari-jari *gyration*, rumus di atas mungkin dapat diatur ulang sebagai berikut.

$$r = \frac{I}{A}$$

Dimana :
r = Radius Rotasi
I = Momen Inersia
A= Luas Penampang

2.6.6. **Rasio kerampingan**

adalah perbandingan panjang efektif kolom dengan jari – jari girasi kecil yaitu:

Rasio kerempingan

$$= L_e / r$$

$$= KL / r_{min}$$

(praktek) $\lambda = \frac{L}{r}$

Tegangan Elastis

$$\sigma = \frac{P_{elastis}}{A}$$

Tegangan Kritis

$$\sigma = \frac{P_{kritis}}{A}$$

Tegangan Ultimate

$$\sigma = \frac{P_{ultimate}}{A}$$

Menghitung Modulus Elastisitas E_{uji}

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL/r)^2}$$

$$E = \frac{P_{cr}(KL)^2}{\pi^2 I}$$