

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN ALAT PEMUTAR *BOX CULVERT*  
DALAM UPAYA MENGHINDARI TERJADINYA  
CACAT PADA PRODUK**

**OLEH :**

**A. MUHAMMAD ARIF ABIDIN**

**D211 16 019**



**DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN ALAT PEMUTAR *BOX CULVERT*  
DALAM UPAYA MENGHINDARI TERJADINYA  
CACAT PADA PRODUK**

**OLEH :**

**A. MUHAMMAD ARIF ABIDIN**

**D211 16 019**

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN ALAT PEMUTAR *BOX CULVERT* DALAM UPAYA MENGHINDARI  
TERJADINYA CACAT PADA PRODUK**

**Disusun dan diajukan oleh**

**A. MUHAMMAD ARIF ABIDIN**

**D21116019**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada Tanggal 24 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT  
NIP. 195709141987031001



Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT  
NIP. 19720825 200003 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T.  
NIP. 19720825 200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : A. MUHAMMAD ARIF ABIDIN

NIM : D21116019

Program Studi : TEKNIK MESIN

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan yang berjudul

### PERANCANGAN ALAT PEMUTAR *BOX CULVERT* DALAM UPAYA MENGHINDARI TERJADINYA CACAT PADA PRODUK

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 25 Februari 2021



A. MUHAMMAD ARIF ABIDIN

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: **“PERANCANGAN PEMUTAR BOX CULVERT DALAM UPAYA MENGHINDARI TERJADINYA CACAT PADA PRODUK.”** Sholawat serta salam semoga tercurah limpahkan dipangkuan Nabiullah Muhammad Shollallahu Alaihi Wasallam, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, Aamiin.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebahagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ibunda yang kusayangi A. Habiba yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Penghargaan dan terima kasih penulis berikan kepada Bapak Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT. selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Thomas Tjandinegara, MSME. selaku Dosen pembimbing II yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada skripsi ini. Serta ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menyetujui dan menerima tugas akhir penulis.
3. Seluruh dosen penguji, bapak Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT dan bapak Dr. Ir. Nasruddin Azis., M.SI. yang telah memberikan masukan untuk menyempurnakan skripsi saya.

4. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2016 (COMPRESSOR 2016) yang telah memberi bantuan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik angkatan 2016 yang telah memberi bantuan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
6. Serta semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Makassar, Januari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii

### **I. PENDAHULUAN**

I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Perumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Perancangan .....	2
I.4 Batasan Masalah .....	2
I.5 Manfaat Penelitian .....	2

### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

II.1 Perancangan .....	3
II.2 Kekuatan Bahan .....	3
II.3 Jenis -Jenis Batang .....	4
II.4 Kekuatan Bending .....	5
II.5 Defleksi .....	5
II.6 Tegangan .....	13
II.7 Momen Inersia .....	15
II.8 Tegangan Tekuk .....	17
II.9 Faktor Keamanan .....	19
II.10 <i>Software Design</i> .....	20

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Waktu dan Tempat .....	22
III.2 Alat dan Bahan .....	22
III.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir .....	23
III.4 Prinsip Kerja Alat Pemutar <i>Box Culvert</i> .....	23
III.5 Diagram Alir Perancangan .....	25
III.6 Jadwal Perancangan .....	26
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Desain Alat Pemutar <i>Box Culvert</i> .....	27
IV.2 Dudukan Produk (WF 150 x 100).....	27
IV.3 <i>Shaft Support</i> .....	32
IV.4 <i>Stand Support</i> .....	37
IV.5 <i>Support Frame</i> .....	41
IV.6 Pembahasan.....	46
<b>V. PENUTUP</b>	
V.1 Kesimpulan.....	47
V.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Batang Tumpuan Sederhana.....	4
Gambar 2.2. Batang Kantilever.....	4
Gambar 2.3. Batang <i>Overhang</i> .....	4
Gambar 2.4. Batang Menerus.....	5
Gambar 2.5.(a).Balok Sebelum Terjadi Defleksi,(b).Balok Dalam Konfigurasi Terdeformasi.....	6
Gambar 2.6. Tumpuan Engsel.....	8
Gambar 2.7. Tumpuan Rol.....	8
Gambar 2.8. Tumpuan Jepit.....	8
Gambar 2.9. Pembebanan Terpusat .....	9
Gambar 2.10. Pembebanan Terbagi Merata .....	9
Gambar 2.11. Pembebanan Bervariasi Uniform .....	9
Gambar 2.12. Reaksi Pada Tumpuan Jepit-Jepit .....	10
Gambar 2.13. Reaksi Pada Tumpuan Jepit .....	12
Gambar 2.14 Tegangan Pada Lentur Murni.....	13
Gambar 2.15. Momen Inersia Luasan.....	16
Gambar 2.16. <i>Sketchup</i> .....	20
Gambar 2.17. <i>Autodesk Autocad</i> .....	21
Gambar 3.1 Posisi Sebelum Diputar .....	24
Gambar 3.2 Posisi Setelah Diputar.....	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan .....	25
Gambar 4.1 Desain Alat Pemutar <i>Box Culvert</i> .....	27
Gambar 4.2. Dudukan Produk .....	27
Gambar 4.3. Profil IWF.....	28
Gambar 4.4. Beban Yang Terdistribusi Sebelum Diputar.....	29
Gambar 4.5 Beban Yang Terdistribusi Setelah Diputar.....	29
Gambar 4.6 Diagram Batang Pada Arah x.....	30
Gambar 4.7 Diagram Batang Pada Arah z.....	30

Gambar 4.8 Diagram Batang Pada Arah y.....	30
Gambar 4.9 Distribusi Pembebanan <i>Shaft Support</i> .....	32
Gambar 4.10 Dimensi <i>Box Culvert</i> Yang Terdistribusi Keporos.....	33
Gambar 4.11 Dimensi Dudukan <i>Box Culvert</i> Yang Terdistribusi Keporos.....	34
Gambar 4.12 Dimensi Luas Penampang IWF.....	34
Gambar 4.13 Luas Penampang <i>Shaft Support</i> .....	35
Gambar 4.14 Diagram Batang <i>Shaft Support</i> .....	36
Gambar 4.15 Distribusi Pembebanan <i>Stand Support</i> .....	37
Gambar 4.16 Dimensi <i>Box Culvert</i> Yang Terdistribusi <i>Stand Support</i> .....	37
Gambar 4.17 (a) Profil Arah z (b) Profil Arah y.....	38
Gambar 4.18 Dimensi Luas Penampang IWF.....	39
Gambar 4.19 Luas Penampang <i>Stand Support</i> .....	40
Gambar 4.20 Jenis Tumpuan dan Beban Yang Bekerja Pada <i>Stand Support</i> .....	40
Gambar 4.21 Distribusi Pembebanan <i>Support Frame</i> .....	41
Gambar 4.22 Dimensi <i>Shaft Support</i> .....	42
Gambar 4.23 <i>Pillow Block</i> UCP 90 mm.....	42
Gambar 4.24 Profil IWF.....	43
Gambar 4.25 Diagram Batang Pada <i>Support Frame</i> .....	44
Gambar 4.26 Jenis Tumpuan dan Beban Yang Bekerja Pada <i>Support Frame</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Sifat Luasan.....	17
Tabel 2.2. Nilai Perkiraan Faktor Panjang Efektif.....	18
Tabel 2.3. Faktor Keamanan Beberapa Material.....	20
Tabel 3.1 Jadwal Perancangan.....	26
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Nilai Tegangan dan Defleksi.....	46

## NOMENKLATUR

<u>Notasi</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
$\sigma$	Tegangan lentur	Kg/mm <sup>2</sup>
M	Momen lentur	kg mm
y	Titik berat penampang balok	mm
I	Momen Inersia penampang	mm <sup>4</sup>
f	Defleksi	mm
P	Besar beban yang diterima balok	kg
a	Panjang dari titik A ke beban terpusat C	mm
b	Panjang dari titik B ke beban terpusat C	mm
: $\sigma_{cr}$	Tegangan Tekuk Kritis	Kg/mm <sup>2</sup>
$P_{cr}$	Beban Tekuk Kritis	kg
L	Panjang Batang	mm
E	Modulus Elastisitas	Kg/mm <sup>3</sup>

## ABSTRAK

**A.Muhammad Arif Abidin.**, Perancangan Pemutar Box Culvert Dalam Upaya Menghindari Terjadinya Cacat Pada Produk ( Dibimbing oleh Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT dan Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT)

Perancangan ini bertujuan untuk merancang alat pemutar box culvert yang aman digunakan. Alat dirancangan menggunakan *sketchup* dan *Autodesk Inventor*, dimana rancangan alat terdiri dari beberapa komponen diantaranya, dudukan produk, *shaft support*, *stand support*, *pillow block*, dan *frame support*. Dimana alat tersebut menggunakan IWF 150 x 75 dan H-Beam 100 dengan material baja SS400, besi silinder dan Pipa 4 inci dengan baja material St37, serta menggunakan pillow block UCP 90 mm. Pada perancangan ini dilakukan perhitungan secara manual dengan memperhitungkan besarnya nilai tegangan dan defleksi serta faktor keamanan desain yang digunakan pada perancangan kali ini sebesar 4 dengan jenis beban statis. Dari hasil perhitungan uji teori didapatkan nilai tegangan dan defleksi terbesar berada pada komponen dudukan produk terhadap arah y dengan nilai sebesar 23,13 N/mm<sup>2</sup>, dan 0,89 mm dan nilai tegangan ijinnya sebesar 100 N/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai tegangan dan defleksi terkecil berada pada komponen *shaft support* dengan nilai 7 N/mm<sup>2</sup>, dan 0,13 mm, serta memiliki tegangan ijin sebesar 85 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil uji teori yang didapatkan nilai tegangan kritis atau tegangan yang bekerja komponen-komponen alat pemutar *box culvert* tersebut jauh lebih kecil dibandingkan nilai tegangan ijinnya sehingga alat tersebut aman digunakan.

**Kata Kunci** : Faktor Keamanan, Autodesk, Tegangan, Defleksi

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam menyambut era perkembangan teknologi dan infrastruktur yang sangat pesat maka diharapkan adanya inovasi dan pengembangan di bidang terkait. Baik dalam hal penembangan efisiensi dan efektifitas. Dalam dunia industri tanpa terkecuali akan mengharapakan adanya inovasi dan pengembangan yang mampu meningkatkan produktifitas perusahaan. Seperti halnya dalam proses analisis dan pengambilan keputusan yang dewasa ini telah banyak melibatkan bantuan software yang telah banyak berkembang khususnya terkait Desain dan konstruksi.

Dalam penelitian kali ini penulis mengambil contoh kasus pada peralatan produk di bebepa perusahaan konstruksi yang bergerak dalam pembutan produk beton pracetak. Dimana penulis menemukan kasus kurangnya peralatan yang memadai dalam membantu proses penyusunan produk. Salah satu contoh produk beton pracetak yaitu *box culvert*, produk ini mempunyai berbagai jenis ukuran sesuai dengan fungsinya masing-masing dalam perusahaan biasanya sebelum menyusun produk ini, produk diputar terlebih dahulu dari rongga yang awalnya mengarah vertikal diputar menjadi horizontal dengan tujuan agar ketika penyunan produk bisa lebih mudah krn permukaan dinding produk bisa saling bertumpuk.

Dimana dalam memutar produk *box culvert* tersebut biasanya perusahaan menggunakan bantuan *hoist crane* dengan mengaitkan tali pengait dari *hoist crane* ke *box culvert* namun cara tersebut dirasa kurang efektif digunakan karna menyebabkan cacat pada produk khususnya produk yang memiliki dimensi yang cukup besar. Hal ini mendorong penulis untuk merancang alat yang dapat digunakan untuk memudahkan penyusunan produk *box culvert* dengan memperhitungkan faktor - faktor yang mempengaruhi kualitas peralatan dan faktor keamanan peralatan. Berdasarkan dari kendala yang tersebut maka dengan adanya perancangan alat ini maka diharapkan mampu menemukan titik masalah yang ada, sehingga dapat berguna bagi penulis, industri terkait, dan Kampus Universitas Hasanuddin.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah bagaimana merancang alat pemutar produk *box culvert* yang aman digunakan.

## **1.3 Tujuan Perancangan**

Merancang alat pemutar produk *box culvert* yang aman digunakan.

Menghitung tegangan, dan defleksi pada alat pemutar produk *box culvert*

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Hanya menghitung tegangan dan defleksi
2. Tidak memperhitungkan kekuatan sambungan ( kekuatan las)
3. Tidak memperhitungkan kekuatan baut dan bearing
4. Menggunakan *software autodesk autocad* dan *sketch up*.

## **1.5 Manfaat Perancangan**

Adapun manfaat yang diharapkan dalam perancangan ini adalah:

1. Sebagai tugas akhir, yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Mengetahui cara merancang alat pemutar produk *box culvert*
3. Berbagi Ilmu tentang operasi *Software Design Engineering*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Perancangan**

Perancangan adalah penentuan akhir ukuran yang dibutuhkan untuk membentuk struktur atau komponen sebagai suatu keseluruhan dalam menentukan konstruksi sesungguhnya yang dapat dikerjakan. Masalah utama dalam proses perancangan struktur adalah masalah beban yang dapat ditahan oleh struktur tersebut. Oleh karena itu suatu struktur atau komponen harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan maksimum yang ditimbulkan oleh beban baik dalam bentuk tegangan aksial, lentur maupun geser. Beberapa sifat yang menentukan kualitas bahan struktur antara lain :

- a. Kekuatan ( *strength* ) adalah kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa terjadi kerusakan.
- b. Elastisitas ( *elasticity* ) adalah kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya, setelah gaya luar dilepas. Sifat ini sangat penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah-ubah.
- c. Kekakuan ( *stiffness* ) adalah sifat yang di dasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk.
- d. Keuletan ( *ductility* ) adalah sifat dari bahan yang memungkinkan bisa di bentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa terjadi kerusakan. Sifat ulet sangat diperlukan untuk bahan yang mengalami beban secara tiba – tiba.

#### **II.2 Kekuatan Bahan**

Kekuatan bahan adalah kemampuan material menopang gaya yang ditimbulkan oleh beban. Perhitungan kekuatan bahan adalah hubungan beban, luas, gaya dan tegangan yang bekerja pada struktur beban tersebut. Berdasarkan ilmu perhitungan kekuatan bahan, dimana kekuatan bahan dihitung dari tegangan nominal yang disebabkan oleh beban nominal pada tempat-tempat kritis dari komponen tersebut sehingga dapat ditentukan ukuran-ukuran komponen yang diperlukan pada tempat-tempat kritis tersebut. Sebuah perhitungan kekuatan bahan akan bermanfaat, bila kondisi kerja dan pembebanan yang timbul untuk struktur



tersebut mendekati kenyataan sehingga struktur yang digunakan aman terhadap gaya maksimum yang bisa dihasilkan oleh setiap kombinasi beban.

### II.3 Jenis-Jenis Batang

#### 1. Batang tumpuan sederhana

Bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol.

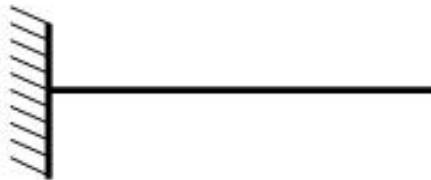


Gambar 2.1 Batang Tumpuan Sederhana

(www.adhi-ok.com)

#### 2. Batang kantilever

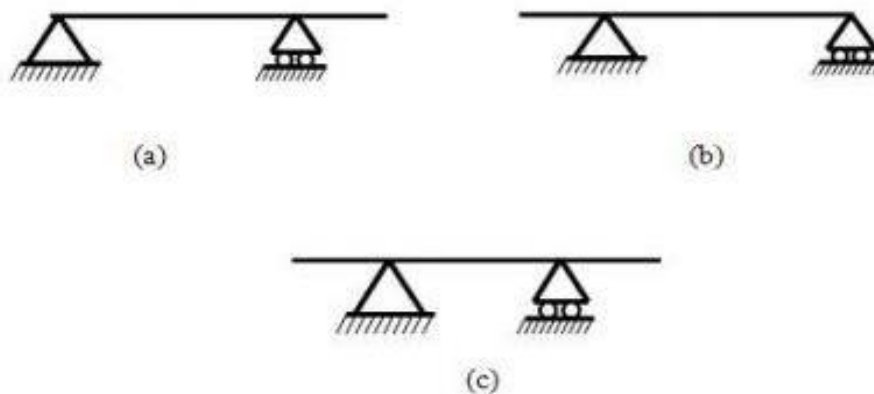
Bila salah satu ujung balok dijepit dan yang lain bebas.



Gambar 2.2 Batang Kantilever (www.adhi-ok.com)

#### 3. Batang Overhang

Bila balok dibangun melewati tumpuan sederhana



Gambar 2.3 Batang Overhang (www.adhi-ok.com)

#### 4. Batang menerus

Bila tumpuan-tumpuan terdapat pada balok *continue* secara fisik.



Gambar 2.4 Batang Menerus (www.adhi-ok.com)

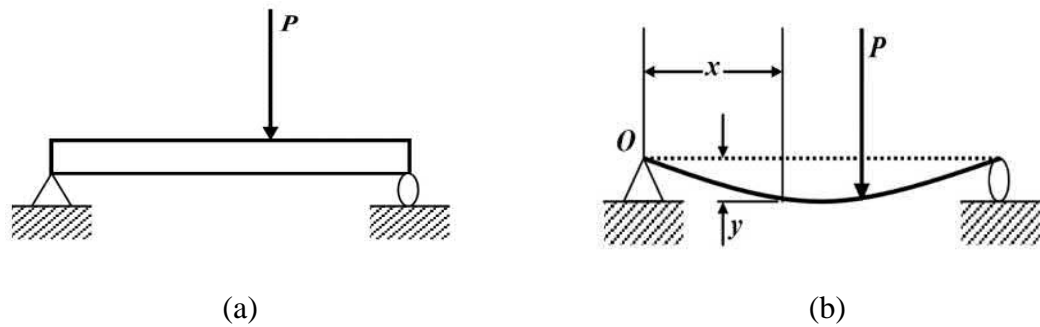
### II.4 Kekuatan *Bending*

Kekuatan *bending* adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material, dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material tersebut.

Akibat pengujian *bending*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Kegagalan yang terjadi akibat pengujian *bending*, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima.

### II.5 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.19(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.19(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.5 (a).Balok sebelum terjadi deformasi (b).Balok dalam konfigurasi  
(Sumber :Prasetyo, 2010)

Jarak perpindahan  $y$  didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai  $x$  disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (kurva elastis) dari balok.

Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama di peruntukkan memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang. Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi, seperti misalnya bobot sendiri, beban hidup vertikal, beban keran (*crane*) dan lain-lain. Contoh sistem balok dapat di kemukakan antara lain, balok lantai gedung, gelagar jembatan, balok penyangga keran, dan sebagainya. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan transversal baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi. Unsur-unsur dari mesin haruslah cukup kokoh untuk mencegah ketidakbarisan dan mempertahankan ketelitian terhadap pengaruh beban dalam gedung-gedung, balok lantai tidak dapat melentur secara berlebihan untuk meniadakan pengaruh psikologis yang tidak diinginkan para penghuni dan untuk memperkecil atau mencegah dengan bahan-bahan jadi yang rapuh. Begitu pun kekuatan mengenai karakteristik deformasi dari bangunan struktur adalah paling penting untuk mempelajari getaran mesin seperti juga bangunan-bangunan stasioner dan penerbangan. Dalam menjalankan fungsinya, balok meneruskan pengaruh beban gravitasi keperletakan terutama dengan

mengandalkan aksi lentur, yang berkaitan dengan gaya berupa momen lentur dan geser. walaupun timbul aksi normal, itu terutama di timbulkan oleh beban luar yang relatif kecil, misalnya akibat gaya gesek rem kendaraan pada gelagar jembatan, atau misalnya akibat perletakan yang di buat miring.

**a. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :**

1. Kekakuan batang

Semakin kaku suatu batang maka lendutan yang terjadi pada batang akan semakin kecil.

2. Besar-kecilnya gaya yang diberikan

Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin besar.

3. Jenis tumpuan yang diberikan

Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Jika karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

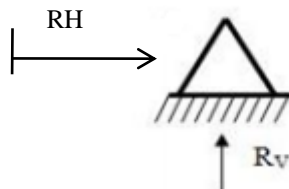
4. Jenis beban yang terjadi pada batang

Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik. Ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja.

**b. Jenis-Jenis Tumpuan**

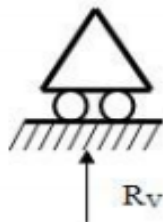
1. Engsel Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horizontal. Tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang. Jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horizontal

dan yang lainnya dalam arah vertical. Tidak seperti pada perbandingan tumpuan rol atau penghubung, maka perbandingan antara komponen-komponen reaksi pada tumpuan yang terpasak tidaklah tetap. Untuk menentukan kedua komponen ini, dua buah komponen statika harus digunakan.



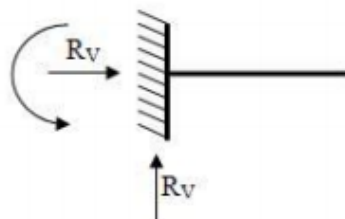
Gambar 2.6 Tumpuan Engsel

2. Rol Rol merupakan tumpuan yang hanyadapat menerima gaya reaksi vertical. Alat ini mampu melawan gaya-gaya dalam suatu garis aksi yang spesifik. Penghubung yang terlihat pada gambar dibawah ini dapat melawan gaya hanya dalam arah AB rol. Pada gambar dibawah hanya dapat melawan beban vertical. Sedang rol-rol hanya dapat melawan suatu tegak lurus pada bidang cp.



Gambar 2.7 Tumpuan Rol

3. Jepit Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertical, gaya reaksi horizontal dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit ini mampu melawan gaya dalam setiap arah dan juga mampu melawan suaut kopel atau momen. Secara fisik, tumpuan ini diperoleh dengan membangun sebuah balok ke dalam suatu dinding batu bata. Mengecornya ke dalam beton atau mengelas ke dalam bangunan utama. Suatu komponen gaya dan sebuah momen.



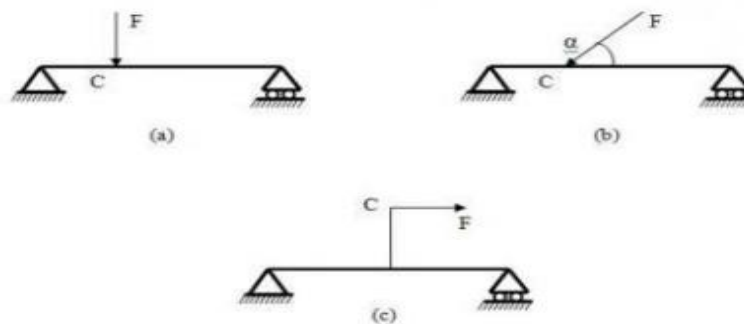
Gambar 2.8 Tumpuan Jepit

(Sumber : <http://bambangpurwantana.staff.ugm.ac.id/KekuatanBahan>)

### c .Jenis-Jenis Pembebanan

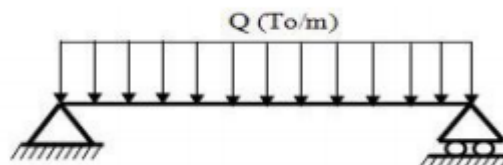
Salah satu factor yang mempengaruhi besarnya defleksi pada batang adalah jenis beban yang diberikan kepadanya. Adapun jenis pembeban :

1. Beban terpusat Titik kerja pada batang dapat dianggap berupa titik karena luas kontakannya kecil.



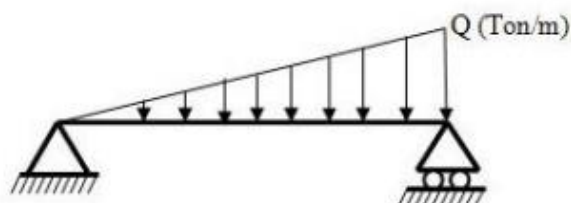
Gambar 2.9 Pembebanan Terpusat (Fauzi, 2013)

2. Beban terbagi merata Disebut beban terbagi merata karena merata sepanjang batang dinyatakan dalam  $q$  ( $\text{kg/m}$  atau  $\text{KN/m}$ ).



Gambar 2.10 Pembebanan Terbagi Merata (Fauzi, 2013)

3. Beban bervariasi uniform Disebut beban bervariasi uniform karena beban sepanjang batang besarnya tidak merata.



Gambar 2.11 Pembebanan Bervariasi Uniform (Fauzi, 2013)

- Reaksi yang terjadi pada tumpuan jepit dikedua ujung batang :

$$A_y = \frac{P}{2} \quad B_y = \frac{P}{2}$$

$$M_A = \frac{Pl}{8} \quad M_B = \frac{Pl}{8}$$

$$M_{AC} = \frac{P}{2} \cdot x - M_A$$

$$= \frac{P}{2}x - \frac{Pl}{8}$$

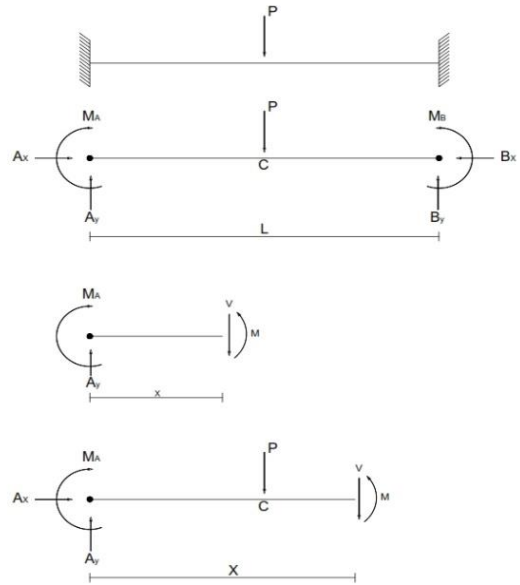
$$= \frac{P}{8}(4x - l) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$M_{BC} = P(x - \frac{1}{2}l) + M_A$$

$$= \frac{P}{2}x - \frac{Pl}{2} + \frac{Pl}{8}$$

$$= \frac{P}{2}x - \frac{3Pl}{8}$$

$$= \frac{P}{8}(3l - 4x) \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.12 Reaksi pada tumpuan jepit-jepit

Dari A ke C (  $0 < x < \frac{1}{2} L$  )

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

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{P}{2}x - \frac{Pl}{8}$$

$$EI \frac{dy_1}{dx} = \frac{P}{4}x^2 - \frac{Pl}{8}x + C_1$$

$$EI \cdot y_1 = \frac{P}{12}x^3 - \frac{Pl}{16}x^2 + C_1x + C_2$$

Dari C ke B (  $\frac{1}{2} L < x < L$  )

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

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{P}{8}(3l - 4x)$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{3Pl}{8} - \frac{4P}{8}x$$

$$EI \frac{dy_2}{dx} = \frac{3Pl}{8}x - \frac{4P}{16}x^2 + C_3$$

$$EI \cdot y_2 = \frac{3Pl}{16}x^2 - \frac{4P}{48}x^3 + C_3x + C_4$$

Kondisi Batas :

$$x = 0, \frac{dy}{dx} = 0, y = 0$$

$$x = L, \frac{dy}{dx} = 0, y = 0$$

Persamaan yang digunakan untuk ( $0 < x < \frac{1}{2}L$ )

$$\frac{P}{4} \cdot 0^2 + \frac{Pl}{8} \cdot 0 + C_1 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_1 = 0$$

$$\frac{P}{12} \cdot 0^3 - \frac{PL}{16} \cdot 0^2 + C_3 \cdot 0 + C_4 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_2 = 0$$

$$EI \cdot y_1 = \frac{P}{12} \cdot x^3 - \frac{PL}{16} \cdot x^2$$

$$y_{AB} = \frac{Px^2}{48EI} (4x - l) \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan yang digunakan untuk ( $\frac{1}{2}L < x < L$ )

$$\frac{3Pl}{8} \cdot 0 - \frac{4P}{16} \cdot 0^2 + C_3 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_3 = 0$$

$$\frac{3Pl}{16} \cdot 0^2 - \frac{4P}{48} \cdot 0^3 + C_3 \cdot 0 + C_4 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_4 = 0$$

$$EI \cdot y_2 = \frac{3Pl}{16} x^2 - \frac{4P}{48} x^3$$

$$y_{BC} = \frac{Px^2}{12EI} (3l - x) \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk menentukan persamaan defleksi maximum kita dapat mensubsitusikan nilai  $x = \frac{1}{2}l$  ke dalam persamaan

$$y_{AB} = \frac{Px^2}{48EI} (4x - l)$$

$$= \frac{P\left(\frac{1}{2}l\right)^2}{48EI} \left(4\left(\frac{1}{2}l\right) - l\right)$$

$$y_{max} = - \frac{Pl^3}{192EI} \dots\dots\dots (2.5)$$

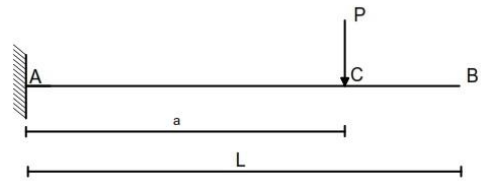


- Reaksi yang terjadi tumpuan jepit

$$A_x = 0$$

$$A_y = P$$

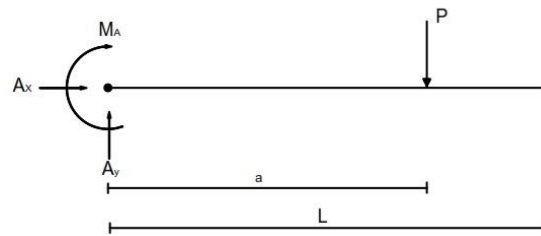
$$M_A = Pa$$



$$M_x = P \cdot x - M_A$$

$$= P \cdot x - P \cdot a$$

$$= P (x - a) \dots \dots \dots (2.6)$$



Gambar 2.13 Reaksi pada tumpuan jepit

Substitusi ke dalam persamaan kurva elastis yaitu :

$$EI \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = M_x$$

$$EI \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = P \cdot x - P \cdot a$$

$$EI \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{P}{2} x^2 - Pa x + C_1$$

$$EI \cdot y = \frac{P}{6} x^3 - \frac{Pa}{2} x^2 + C_1 x + C_2$$

Kondisi Batas :  $x = 0, \frac{dy}{dx} = 0, y = 0$

$$\frac{P}{2} 0^2 - Pa 0 + C_1 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_1 = 0$$

$$\frac{P}{6} 0^3 - \frac{Pa}{2} 0^2 + C_1 0 + C_2 = 0 \quad \longrightarrow \quad C_2 = 0$$

$$EI \cdot y = \frac{P}{6} x^3 - \frac{Pa}{2} x^2$$

$$EI \cdot y = \frac{P}{6} x^3 - \frac{Pa}{2} x^2$$

$$EI \cdot y = \frac{Px^2}{6} (x - a)$$

Untuk menentukan persamaan defleksi maximum kita dapat mensubstitusikan nilai  $x = l$  ke persamaan diatas:

$$y_{\max} = \frac{Pl^2}{6EI} (l - 3a) \dots \dots \dots (2.7)$$

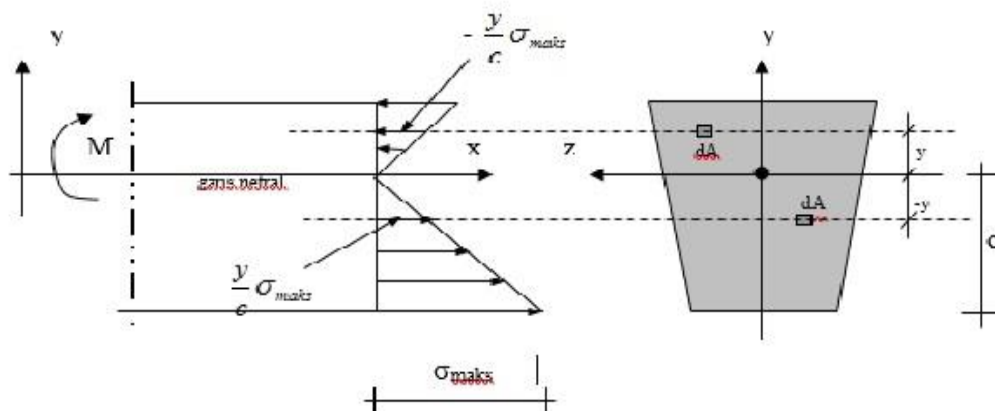
Dimana;

- y : Defleksi (mm)
- P : Besar beban yang diterima balok (kg)
- a : Panjang dari titik A ke beban terpusat C (mm)
- M : Momen lentur (kg mm)
- E : Modulus elastisitas baja ( $\text{kg}/\text{mm}^3$ )
- I : Momen Inersia penampang ( $\text{mm}^4$ )
- L : Panjang balok (mm)

## II.6 Tegangan

Tegangan atau sering juga disebut dengan *stress* dilambangkan dengan  $\sigma$  yang memiliki satuan  $\text{N}/\text{mm}^2$ . Konsep tegangan dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar seperti pada sebuah batang prismatis yang diberikan atau mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan diseluruh panjangnya, sedangkan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen sehingga pada batang tersebut akan mengalami tarikan ataupun tekanan. Tegangan yang terjadi pada suatu benda dapat dirumuskan sebagai berikut:

### Rumus Tegangan Lentur



Gambar 2.14 Tegangan Pada Lentur Murni (Hidayat, 2019)

Tanda negatif pada  $\frac{y}{c}\sigma_{maks}$  merupakan serat tekan, dan tanda positif untuk serat tarik, demikian pula halnya dengan nilai  $y$ , pada serat tekan bertanda positif dan pada serat tarik bertanda negatif.

Gaya = Tegangan x Luas penampang

Tegangan =  $-\frac{y}{c}\sigma_{maks}$  (dapat juga diambil tanda positif)

Luas penampang =  $dA$

Maka gaya =  $-\frac{y}{c}\sigma_{maks} dA$

$\Sigma F_x = 0$

$$\int_A -\frac{y}{c}\sigma_{maks} dA = 0$$

$$-\frac{\sigma_{maks}}{c} \int_A y dA = 0$$

$$\int_A y dA = \bar{y}A = 0 \rightarrow \bar{y} \text{ adalah ordinat titik berat}$$

Karena  $A$  tidak nol maka  $\bar{y}$  harus nol.

Dengan demikian maka garis netral harus melalui titik berat penampang.

$\Sigma M = 0$

$M_{luar} = M_{dalam}$

$$M = \int_A \left( -\frac{y}{c}\sigma_{maks} \right) dA \cdot y$$

$$M = -\frac{\sigma_{maks}}{c} \int_A y^2 dA$$

$$M = -\frac{\sigma_{maks}}{c} I_x$$

$$\sigma_{maks} = -\frac{M \cdot c}{I_x}$$

Tanda negatif dapat dihilangkan dan disesuaikan saja dengan tanda momen yang bekerja. Apabila momen yang bekerja positif maka serat bawah tertarik,

tegangan nya diberi tanda positif, dan serat atas tertekan, tegangannya diberi tanda negatif.

Secara umum untuk tegangan sejauh  $y$  dari garis netral:

$$\sigma = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan:

- $\sigma$  : tegangan normal akibat lentur
- $M$  : momen luar
- $Y$  : jarak tegangan yang ditinjau ke garis netral
- $I$  : momen inersia

### II.7 Momen Inersia

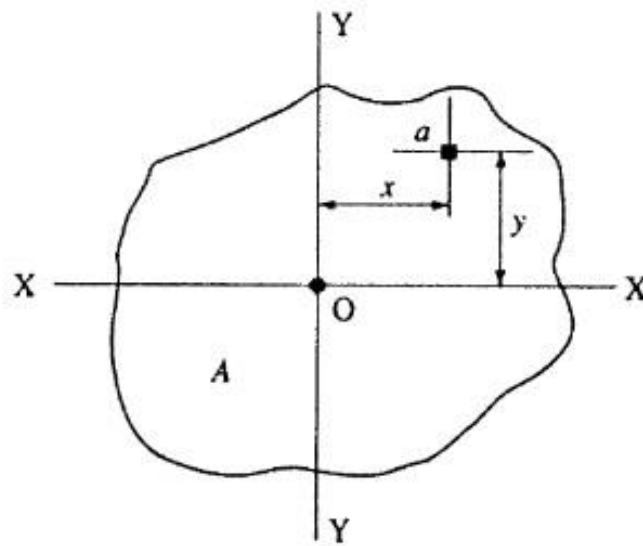
momen inersia dari suatu luasan merupakan konsep abstrak dalam ilmu kekuatan bahan. Konsep ini bukan merupakan sifat dari luasan tetapi lebih merupakan bwsaran matematis murni, merupakan konsep yang sangat penting didalam mempelajari kekuatan bahan.

Perhatikan luasan bidang  $A$  pada Gambar 2.15. nyatakan X-X dan Y-Y sebagai sumbu persegi panjang pada luasan. Luasan  $A$  dibagi menjadi luasan kecil-kecil (dinyatakan dengan  $a$  ). Kordinat  $a$  adalah jarak terhadap sumbu  $x$  dan  $y$ . Suatu momen inersia harus selalu dihitung terhadap sumbu tertentu. Pada Gambar 2.15, jika kita mempunyai momen inersia terhadap sumbu X-X dinyatakan dengan  $I_x$ . Atau terhadap sumbu Y-Y diyatan dengan  $I_y$ . Momen inersia dinyatakan sebagai jumlah semua luasan kecil-kecil, masing-masing dikalikan dengan kuadrat jarak (lengan momen) dari sumbu yang dilihat.

Dari Gambar 2.8 momen inersia terhadap sumbu X-X adalah jumlah dari perkalian masing-masian luasan  $a$  dan kuadrat dari lengan momen  $y$  atau :

$$I_x = \sum ay^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan cara yang sama momen inersia terhadap sumbu Y-Y adalah :

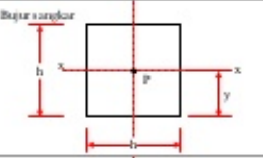
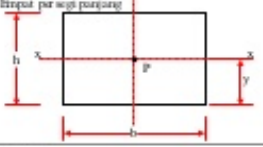
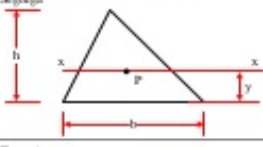
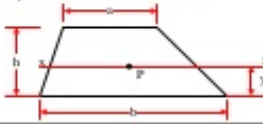
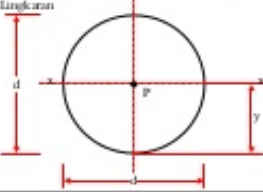
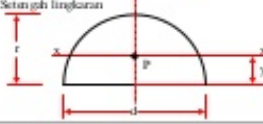
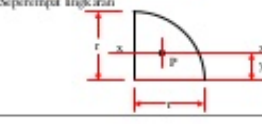


Gambar 2.15 Momen Inersia Luasan (Zainuri, 2008)

Pernyataan matematis pada persamaan (2.9) dan (2.10) kadang disebut momen kedua atau (*second momen*) dari luasan karna masing-masing luasan kecil, jika dikalikan dengan momen menghasilkan luas (momen pertama luasan). Pernyataan momen inersia luasan sesungguhnya kurang tepat karena bidang luasan tidak mempunyai tebal sehingga tidak mempunyai massa atau inersia.

karena momen inersia adalah luasan dikalikan kuadrat jarak maka satuan SI adalah  $\text{mm}^4$  atau  $\text{m}^4$ . Momen inersia selalu berharga positif, besaran momen inersia adalah diukur dari suatu penampang luasan terhadap tahanan tekuk (*buckling*) atau lentur (*bending*) jadi jika dua buah balok terbuat dari bahan yang sama, tetapi mempunyai luas penampang yang berbeda maka balok yang mempunyai luas penampang yang lebih besar akan mempunyai nilai momen inersia yang lebih besar pula akan tetapi balok yang memiliki nilai momen inersia yang lebih besar tidak selamanya memiliki luas penampang yang lebih besar. Distribusi luasan relatif terhadap sumbu referensi juga akan menentukan besarnya momen inersia. (zainuri, 2008)

Tabel 2.1 Sifat – Sifat Luasan

Bentuk bidang	Luas	Jarak titik berat terhadap sisi dasar	Momen inersia sb.x melalui titik berat
 <p>Bujur siku-siku</p>	$A = h^2$	$y = \frac{h}{2}$	$I_x = \frac{h^4}{12}$
 <p>Bujur per segi panjang</p>	$A = b h$	$y = \frac{1}{2} h$	$I_x = \frac{b h^3}{12}$
 <p>Segitiga</p>	$A = \frac{bh}{2}$	$y = \frac{h}{3}$	$I_x = \frac{b h^3}{36}$
 <p>Trapezium</p>	$A = \frac{(a + b) h}{2}$	$y = \frac{(a + 2b) h}{3 (a + b)}$	$I_x = \frac{(a^2 + 4ab + b^2) h^3}{36 (a + b)}$
 <p>Lingkaran</p>	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	$y = \frac{d}{2}$	$I_x = \frac{\pi d^4}{64}$
 <p>Setengah lingkaran</p>	$A = \frac{\pi d^2}{8}$	$y = 0,212 d$	$I_x = (6,86 \times 10^{-3}) d^4$
 <p>Sepertiempat lingkaran</p>	$A = \frac{\pi d^2}{16}$	$y = 0,212 d$	$I_x = (3,43 \times 10^{-3}) d^4$

Sumber : kekuatan bahan (zainuri, 2008)

## 2.8 Tegangan Tekuk

Tegangan Tekuk adalah ketidakstabilan yang mengarah ke modus kegagalan. Tegangan tekuk disebabkan oleh bifurkasi dalam solusi untuk persamaan keseimbangan statis.

Tegangan tekuk bisa juga disebut sebagai suatu proses dimana suatu 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 apabila mendapat beban yang berlebih.

Tabel 2.2 Nilai Perkiraan Faktor Panjang Efektif

	Braced column			Unbraced column		
Buckled shape						
Effective length factor (K)	0.70	0.85	1.00	1.20	2.20	2.20
Symbols for end restraint conditions	= Rotation fixed, translation fixed	= Rotation free, translation fixed	= Rotation fixed, translation free	= Rotation free, translation free		

Sumber : Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Setiawan, 2008)

Perilaku tekuk sangat penting untuk dipelajari karena dapat menjadi penyebab utama keruntuhan utama elemen struktur tekan. Teori beban kritis kolom ideal dirumuskan oleh Leonhard Euler tahun 1744 dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.11)$$

Berdasarkan metode panjang efektif kolom, maka rumus beban kritis untuk berbagai jenis peletakan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (2.12)$$

Jika beban kritis dibagi dengan luas penampang, maka akan diperoleh besarnya tegangan kritis yaitu sebagai berikut :

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad (2.13)$$

Dimana :  $\sigma_{cr}$  = tegangan tekuk kritis  
 $P_{cr}$  = beban tekuk kritis  
 $K$  = faktor panjang efektif kolom  
 $L$  = panjang batang  
 $E$  = modulus elastisitas  
 $I$  = momen inersia

## II.9 Faktor Keamanan

Konstruksi baja secara umum tersusun atas beberapa profil baja. Profil-profil baja tersebut secara garis besar dipilih berdasarkan ketahanannya terhadap beban dan momen yang bekerja, yang selanjutnya ditentukan besarnya tegangan, regangan, dan defleksi yang sesuai dengan batas yang diijinkan. Dalam perencanaan suatu konstruksi yang dirancang harus memiliki ketepatan besar tegangan ijin (allowable stress) sebelum konstruksi tersebut mengalami kegagalan (breakdown) tergantung pada angka safety factor. Mengacu pada standar AISC (2016), peraturan Allowable Stress Design (ASD) pada konstruksi yang menerima tegangan tekan, tarik maupun resultan (flexure) akibat pembebanan, memiliki nilai safety factor 1,67.

Agustinus Purna Irawan (dalam buku “Diktat Elemen Mesin”), dengan menganggap faktor-faktor lain berjalan secara normal. Memberikan faktor keamanan berdasarkan pada beberapa hal sebagai berikut :

- Jenis beban
- Jenis Material
- Jenis kerja yang dilayani
- Bentuk komponen

Makin besar kemungkinan adanya kerusakan pada komponen mesin, maka angka keamanandiambil makin besar. Angka keamanan beberapa material dengan beban dapat dilihat pada tabel 2.3.



Tabel 2.3 Faktor Keamanan Beberapa Material

No.	Material	Steady Load	Live Load	Shock Load
1.	Cast Iron	5-6	8-12	16 – 20
2.	Wrought Iron	4	7	10 -15
3.	Steel	4	8	12 -16
4.	Soft material & alloy	6	9	15
5.	Leather	9	12	15
6.	Timber	7	10-15	20

Sumber : Diktat Elemen Mesin (Irawan,2009)

Faktor keamanan merupakan perbandingan antara tegangan tarik atau tegangan maximum dan tegangan ijinnya (zainuri, 2009). dengan persamaan sebagai berikut  
Maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sigma_{Tarik}}{\sigma_{Ijin}} \dots\dots\dots (2.14)$$

## II.10 Software Design

### 2.10.1 Sketch up



Gambar 2.16 sketch up (www.autodesk.com)

*Sketch up* adalah produk dari Autodesk Corporation yang banyak digunakan dalam hal engineering design juga drawing design. Kelebihan inventor bila dibandingkan dengan software yang lain yaitu mempunyai tampilan yang menarik dan riil, dikarenakan material yang disediakan lebih banyak dan kompleks. Software inventor merupakan software yang sangat baik digunakan untuk menganalisis struktural material, thermal juga aliran.

### 2.10.2 Autodesk Autocad



Gambar 2.17 Autodesk Autocad ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

*Autocad* adalah sebuah perangkat lunak komputer CAD untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikembangkan oleh Autodesk. Keluarga produk AutoCAD secara keseluruhan adalah software CAD yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. AutoCAD digunakan oleh para *insinyur sipil, land developers, arsitek, insinyur mesin, desainer interior* dan lain-lain. Format data asli AutoCAD terbagi menjadi dua yaitu DWG dan yang lebih tidak populer format data yang bisa dipertukarkan (interchange file format) DXF, secara de facto menjadi standar data CAD. Sekarang ini AutoCAD sudah mendukung format DWF, yaitu sebuah format yang diterbitkan dan dipromosikan oleh Autodesk untuk mempublikasikan data CAD.