

# SKRIPSI

## ANALISIS PENGGUNAAN PROFIL BAJA IWF 150 DAN UNP 150 UNTUK MENENTUKAN JARAK BENTANG YANG EFEKTIF DENGAN MENGUNAKAN SIMULASI ABAQUS



OLEH:

DIRWANDI

D211 15 509

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGGUNAAN PROFIL BAJA IWF 150 DAN UNP 150  
UNTUK MENENTUKAN JARAK BENTANG YANG EFEKTIF  
DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ABAQUS**

Disusun dan diajukan oleh:

**Dirwandi**

**D211 15 509**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### LEMBAR PENGESAHAN

#### ANALISIS PENGGUNAAN PROFIL BAJA IWF 150 DAN UNP 150 UNTUK MENENTUKAN JARAK BENTANG YANG EFEKTIF DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ABAQUS

Disusun dan diajukan oleh :

**DIRWANDI**

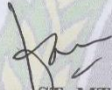
**D211 15 509**

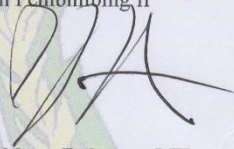
Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Ujian Yang dibentuk Dalam Rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 25 Februari 2022

Menyetujui,


Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
**Fauzan, ST., MT., Ph.D**  
NIP. 197701032008011009

  
**Ir. Mukhtar Rahman, MT**  
NIP. 195710131987031001

Mengetahui, Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas  
Hasanuddin

  
**Dr. Eng. Jataluddin, ST., MT.**  
NIP. 19720825 200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

### PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DIRWANDI  
NIM : D211 15 509  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **ANALISIS PENGGUNAAN PROFIL BAJA IWF 150 DAN UNP 150 UNTUK MENENTUKAN JARAK BENTANG YANG EFEKTIF DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ABAQUS**

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

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

Gowa, 25 Februari 2022

Yang Menyatakan



DIRWANDI

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : DIRWANDI

Tempat Tanggal Lahir : Sarajoko, 02 September 1997

Alamat : BTN. Bumi Batara Mawang Permai Blok A2/01

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Telepon : 0852 5154 9144

E-mail : [dirwandi09@gmail.com](mailto:dirwandi09@gmail.com)

Riwayat Pendidikan : SMKN 1 BULUKUMBA  
MTSN 410 TANETE  
SDN 74 TAMARELLANG

Riwayat Organisasi : HMM FT UH

Pengalaman Magang (*Internship*) : PT. PETIK KARYA ENGINEER  
CV. PANRITA SOLUSINDO

## ABSTRAK

Dirwandi (D21115509). *Analisis Penggunaan Profil Baja IWF 150 Dan UNP 150 Untuk Menentukan Jarak Bentang Yang Efektif Dengan Menggunakan Simulasi Abaqus*. Dibimbing oleh Fauzan, ST.,MT.,Ph.D. selaku pembimbing pertama dan Ir. Mukhtar Rahman, MT. selaku pembimbing kedua.

Material baja yang digunakan dalam bangunan memiliki kelebihan dibandingkan dengan material konstruksi lain baik dalam hal durability, fleksibilitas, maupun kualitas. Pada penelitian ini, Tegangan dan defleksi dihitung dengan batang tumpuan sederhana dengan beban titik di tengah bentang yaitu 1000 kg di tambah beban merata yaitu beban pada profil itu sendiri. Jarak dari titik A ke beban titik yaitu berada pada tengah bentang dengan panjang bentang balok 600 – 1200 cm, sedangkan pada pembebanan merata pembebanan sepanjang titik A sampai B. Analisis perilaku balok IWF 150 dan UNP 150 akan dianalisa menggunakan software ABAQUS CAE v 6.14 dan dibandingkan dengan hasil uji teori sehingga bisa diketahui seberapa besar peningkatan ketahanannya terhadap tegangan dan defleksi setelah diubah panjang bentang kedua profil tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa momen inersia setiap perbedaan panjang bentang IWF 150 dan UNP 150. Semakin panjang bentang maka semakin besar pula tegangan dan defleksinya. Dari hasil perbandingan uji teori dan uji software ABAQUS CAE v 6.14 didapatkan selisih tegangan tidak lebih dari <15% dan juga selisih defleksi tidak lebih dari <15% .Jadi didapatkan batas panjang balok maksimal yang mampu menahan beban yaitu 9 meter baik itu profil baja IWF maupu profil baja UNP dengan nilai tegangan dibawah 240 MPa dan defleksi ( 360 : panjang bentang) untuk memenuhi standar SNI.

**Kata kunci** : IWF, UNP, Batang tumpuan sederhana, ABAQUS CAE v 6.14, Tegangan dan Defleksi.

## **ABSTRACT**

Dirwandi (D21115509). Analysis of Using IWF 150 And UNP 150 Steel Profiles To Determine Effective Spacing Using Abaqus Simulation. Supervised by Fauzan, ST.,MT.,Ph.D. as the first advisor and Ir. Mukhtar Rahman, MT. as a second advisor.

Steel materials used in buildings have advantages compared to other construction materials in terms of durability, flexibility, and quality. In this study, stresses and deflections are calculated with a simple support rod with a point load in the middle of the span, which is 1000 kg plus a uniform load, namely the load on the profile itself. The distance from point A to the point load is in the middle of the span with a beam span of 600 – 1200 cm, while the load is evenly distributed along points A to B. Behavioral analysis of IWF 150 and UNP 150 beams will be analyzed using ABAQUS CAE v 6.14 software and compared with the results of theoretical tests so that it can be seen how much increased resistance to stress and deflection after changing the span length of the two profiles. From the results of the research that has been carried out, it can be concluded that the moment of inertia of each difference in the length of the IWF 150 and UNP 150 spans. The longer the span, the greater the stress and deflection. From the comparison results of the theoretical test and the ABAQUS CAE v 6.14 software test, the difference in stress is not more than <15% and the deflection difference is not more than <15%. So the maximum beam length limit that can withstand the load is 9 meters, whether it's the IWF steel profile and UNP steel profiles with stress values below 240 MPa and deflection (  $\frac{360}{\text{span length}}$  ) to meet SNI standards.

Keywords: IWF, UNP, simple support rod, ABAQUS CAE v 6.14, Stress and Deflection.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas izin-Nya penulisan tugas akhir ini dapat kami selesaikan. Dan tak lupa shalawat dan salam kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan bagi kita dalam menjalani hidup di dunia.

Akhirnya penyusunan skripsi “*Analisis Penggunaan Profil Baja IWF 150 dan UNP 150 Untuk Menentukan Jarak Bentang Yang Efektif Dengan Menggunakan Simulasi Abaqus*” sudah ada di hadapan pembaca dan dapat dijadikan referensi pada penelitian yang bersangkutan.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi masih jauh dari sempurna, dan banyak baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan di kemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada orang tua bapak dan Ibu saya tercinta dan saudara-saudara saya yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayang serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Seluruh proses penulisan tugas akhir ini, mulai dari awal hingga akhir, tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Pada kesempatan ini, kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua, saudara, dan seluruh keluarga atas bantuan materi, doa restu, cinta, nasehat, dan motivasi yang tiada henti. Semoga Allah SWT membalasnya dengan sebaik-baiknya.



2. Bapak Fauzan, ST,.MT,.Ph.D selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan masukan dan, bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Mukhtar Rahman, MT selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan serta masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST, MT, selaku sekretaris Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak dan ibu dosen serta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada saudara-saudari seperjuangan, HYDRAULIC'15 yang selalu ada dalam suka maupun duka. Khususnya kepada Saudara Hamdani, Wahyudi, Amrang, Sandi, Ridho, Lukman, Sidik, Hisam, Komeng, Bolang, Agung dan ichsan serta teman - teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.
8. Kepada seluruh saudara – saudari serta kanda-kanda senior di OKFT-UH terkhusus HMM FT-UH.

Karena terbatasnya pengetahuan dan kemampuan kami, kami menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka demi kesempurnaan tugas akhir ini, kritik dan saran akan menjadi sesuatu yang sangat berharga. Akhir kata, kami berharap semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat yang sebesar-sebesarnya bagi masyarakat dan bagi kita semua.

Makassar,

Penulis

## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Material Baja.....	3
2.2 Sifat Mekanis Baja.....	3
2.3 Struktur Portal.....	4
2.4 Struktur Rangka Batang.....	4
2.5 IWF (I Wide Flange).....	5
2.6 UNP.....	6
2.7 Jenis-Jenis Batang.....	7
2.8 Keuntungan Baja Sebagai Material Struktur Bangunan.....	9
2.9 Defleksi (Lendutan).....	16
2.10 Jenis-Jenis Tumpuan.....	16
2.10.1 Engsel.....	16
2.10.2 Rol.....	16
2.10.3 Jepit.....	17
2.11 Jenis-Jenis Pembebanan.....	17
2.11.1 Beban Terpusat.....	18
2.11.2 Beban Terbagi Merata.....	18
2.12 Persamaan Tegangan.....	19
METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	271
3.2 Alat Yang Digunakan.....	271
3.2.1 Komputer.....	27
3.2.2 <i>Software</i> Autodesk Inventor.....	271
3.2.3 <i>Software</i> Abaqus CAE versi 6.14.....	282

3.3	Metode Penelitian .....	293
3.4	Benda Uji.....	293
3.5.1	Langkah Kerja .....	304
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	315
3.6	Jadwal Penelitian .....	26
BAB IV .....		27
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
4.1	Hasil.....	27
4.1.1	Momen Inersia Penampang.....	27
4.1.2	Nilai Tegangan dan Defleksi Hasil Uji Teori.....	371
4.1.3	Nilai Tegangan dan Defleksi Hasil Uji Software Abaqus .....	37
4.1.4	Nilai Tegangan dan Defleksi Hasil Uji Teori UNP.....	513
4.1.5	Nilai Tegangan dan Defleksi Hasil Uji Software Abaqus .....	50
4.2.1	Analisis Teori IWF .....	666
4.2.2	Hasil Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja IWF.....	67
4.2.3	Perbandingan Tegangan Uji Teori dan Tegangan Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja IWF.....	60
4.2.4	Perbandingan Defleksi Uji Teori dan Defleksi Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja IWF.....	61
4.2.5	Analisis Teori UNP.....	62
4.2.6	Hasil Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja UNP .....	744
4.2.7	Perbandingan Tegangan Uji Teori dan Tegangan Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja UNP.....	76
4.2.78	Perbandingan Defleksi Uji Teori dan Defleksi Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14 Profil Baja UNP .....	768
BAB V PENUTUP.....		70
5.1	Kesimpulan.....	70
5.1.1	IWF.....	70
5.1.1	UNP .....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....		72
LAMPIRAN.....		72

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	38
Tabel 4. 3 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	39
Tabel 4. 4 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	40
Tabel 4. 5 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	41
Tabel 4. 6 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	42
Tabel 4. 7 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	50
Tabel 4. 8 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	51
Tabel 4. 9 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	52
Tabel 4. 10 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	53
Tabel 4. 11 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	54
Tabel 4. 12 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi.....	55
Tabel 4. 13 Hasil Tegangan dan Defleksi Dengan Uji Simulasi .....	58
Tabel 4. 14 Hasil Perbandingan Tegangan Uji Teori dan Tegangan Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	60
Tabel 4. 15 Hasil Perbandingan Defleksi Uji Teori dan Defleksi Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	61
Tabel 4. 16 Hasil Tegangan dan Defleksi dengan Uji Teori .....	63
Tabel 4. 17 Hasil Tegangan dan Defleksi dengan Uji Simulasi .....	65
Tabel 4. 18 Hasil Perbandingan Tegangan Uji Teori dan Tegangan Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	68
Tabel 4. 19 Perbandingan Defleksi Uji Teori dan Defleksi Dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	67
Tabel 5. 1 Hasil Tegangan dan Defleksi IWF.....	69
Tabel 5. 2 Hasil Tegangan dan Defleksi UNP .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva hubungan tegangan ( $f$ ) dengan regangan ( $\epsilon$ ),.....	3
Gambar 2. 2 Tabel sifat mekanik baja struktural SNI 03-1729-2002). ....	4
Gambar 2. 3 Struktur Portal.....	4
Gambar 2. 4 Struktur Batang.....	4
<u>Gambar 2. 5</u> Baja IWF.....	5
Gambar 2. 6 Penampang Baja IWF .....	6
Gambar 2. 7 Tabel IWF.....	6
Gambar 2. 8 Profil UNP .....	7
Gambar 2. 9 Tabel UNP .....	7
<u>Gambar 2. 10</u> Batang Tumpuan Sederhana.....	8
Gambar 2. 11 Batang Kantilever .....	8
Gambar 2. 12 Batang Overhang. ....	8
Gambar 2. 13 Batang Menerus .....	8
Gambar 2. 14 (a).Balok sebelum terjadi deformasi, (b).Balok dalam konfigurasi terdeformasi ...	10
<u>Gambar 2. 15</u> Balok sederhana dengan beban titik .....	11
Gambar 2. 16 Balok sederhana dengan beban merata.....	13
Gambar 2. 17 Tabel Batas Lendutan Maksimal.....	15
Gambar 2. 18 Tumpuan Engsel. ....	16
Gambar 2. 19 Tumpuan Rol .....	16
Gambar 2. 20 Tumpuan Jepit.....	17
Gambar 2. 21 PembebananTerpusat.....	18
Gambar 2. 22 Pembebanan Merata, .....	18
Gambar 2. 23 Tengangan Pada Lentur Murni.....	19
Gambar 3. 1 Komputer .....	21
Gambar 3. 2 <i>Autodesk Inventor</i> .....	21
<u>Gambar 3. 3</u> <i>Abaqus CAE v 6.14</i> .....	21
Gambar 3. 4 Dimensi Profil Baja IWF .....	23
Gambar 3. 5 Dimensi Profil Baja UNP.....	24
Gambar 3. 6 Diagram Alir Penelitian .....	25
Gambar 4. 1 Dimensi Profil Baja IWF .....	27
<u>Gambar 4. 2</u> Dimensi Profil Baja UNP.....	27
Gambar 4. 3 Penampng Baja IWF .....	28
Gambar 4. 4 Penampng Baja IWF. ....	28
Gambar 4. 5 Penampng Baja IWF .....	29
Gambar 4. 6 Penampng Baja UNP .....	29
Gambar 4. 7 Penampng Baja UNP .....	30
Gambar 4. 8 Penampng Baja UNP .....	30
Gambar 4. 9 IWF Bentang 6 meter.....	31
Gambar 4. 10 IWF Bentang 7 meter .....	32
<u>Gambar 4. 11</u> IWF Bentang 8 meter .....	33
Gambar 4. 12 IWF Bentang 9 meter .....	34
Gambar 4. 13 IWF Bentang 10 meter. ....	35
Gambar 4. 14 IWF Bentang 11 meter .....	36
Gambar 4. 15 Output IWF Bentang 6 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	37
<u>Gambar 4. 16</u> Output IWF Bentang 7 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	38
Gambar 4. 17 Output IWF Bentang 8 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	39
Gambar 4. 18 Output IWF Bentang 9 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi.	40

Gambar 4. 19 Output IWF Bentang 10 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi.....	41
Gambar 4. 20 Output IWF Bentang 11 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi.....	42
Gambar 4. 21 UNP Bentang 6 meter .....	43
Gambar 4. 22 UNP Bentang 7 meter .....	44
Gambar 4. 23 UNP Bentang 8 meter. ....	45
Gambar 4. 24 UNP Bentang 9 meter .....	46
Gambar 4. 25 UNP Bentang 10 meter .....	47
Gambar 4. 26 UNP Bentang 11 meter .....	48
Gambar 4. 27 Output UNP Bentang 6 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	50
Gambar 4. 28 Output UNP Bentang 7 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	51
Gambar 4. 29 Output UNP Bentang 8 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	52
<u>Gambar 4. 30</u> Output UNP Bentang 9 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi	53
Gambar 4. 31 Output UNP Bentang 10 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi.....	54
Gambar 4. 32 Output UNP Bentang 11 Meter Dengan Analisis Abaqus (a)Tengangan (b)Defleksi.....	55
Gambar 4. 33 Grafik Hasil Tegangan – Variasi Panjang Bentang IWF 150 dengan Uji Teori .....	57
<u>Gambar 4. 34</u> Grafik Hasil Defleksi – Variasi Panjang Bentang IWF 150 dengan Uji Teori .....	58
Gambar 4. 35 Grafik Hasil Tegangan – Variasi Panjang Bentang IWF 150 dengan Uji Simulasi	59
Gambar 4. 36 Grafik Hasil Defleksi – Variasi Panjang Bentang IWF 150 dengan Uji Simulasi ..	60
Gambar 4. 37 Grafik Hasil Perbandingan Tegangan Uji Teori dan Tegangan dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	60
Gambar 4. 38 Grafik Hasil Perbandingan Defleksi Uji Teori dan Defleksi dengan Uji Software Abaqus CAE v 6.14.....	62
Gambar 4. 39 Grafik Hasil Tegangan – Variasi Panjang Bentang UNP 150 dengan dengan Uji Teori.....	63
.....	

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia banyak pekerjaan konstruksi bangunan yang menggunakan konstruksi baja sebagai struktur utama. Di samping kemampuan baja yang cukup besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan walaupun dari bahan baja dengan jenis yang paling rendah kekuatannya, juga mempunyai perbandingan kekuatan per volume yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai.

Baja merupakan salah satu material penting dalam bidang konstruksi, baja juga merupakan komponen struktur yang sering digunakan pada gedung, jembatan, tower dan lain sebagainya. Baja banyak digunakan dikarenakan baja memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan material lainnya, antara lain baja adalah material yang mempunyai kekuatan terhadap beratnya yang relative tinggi sehingga menyebabkan suatu konstruksi menjadi lebih ringan, baja juga unggul dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas dibandingkan material lainnya. Kualitas mutu dari baja unggul dibandingkan dengan material lainnya dikarenakan baja adalah produk industri yang dapat dikontrol dengan baik sehingga bahannya lebih homogen dan konsisten.

Profil baja adalah bahan yang umum digunakan sebagai elemen struktur pada sebuah bangunan. Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi lain. Ditinjau dari kekuatannya baja mempunyai ketahanan yang cukup baik dalam menahan beban tarik bila dibandingkan dengan bahan konstruksi lain seperti kayu dan beton. Secara umum baja yang mengalami gaya tarik akan tertarik hingga hancur sampai batas beban tertentu. Kehancuran dapat terjadi pada pelat/profil atau pada alat sambung, tergantung dari mutu bahan dan dimensi yang digunakan. Pelat bertampang dua yang disambung menggunakan alat sambung yang memiliki mutu dan ukuran yang lebih kecil dari mutu dan dimensi fisis pelat, dapat diperkirakan akan terjadi kehancuran pada alat sambungnya. (Mery Silviana, 2017)

Maka pada penelitian ini penulis akan menghitung nilai defleksi dan tegangan untuk mengetahui kekuatan Profil Baja IWF dan UNP dengan menentukan jarak tumpuan yang sesuai dengan standar pemasangan, yang bertujuan untuk mencari tahu beban maksimum pada Profil Baja IWF dan UNP ketika diberikan suatu beban

menggunakan metode simulasi software Abaqus CAE v 6.14 yang awalnya telah kita hitung nilai lendutan secara Teoritis. Oleh karena itu judul tugas akhir ini adalah:

**“ANALISIS PENGGUNAAN PROFIL BAJA IWF 150 DAN UNP 150 UNTUK MENENTUKAN JARAK BENTANG YANG EFEKTIF DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ABAQUS”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui defleksi yang terjadi apabila memvariasikan panjang bentang pada Profil Baja IWF dan UNP
2. Bagaimana mengetahui tegangan yang terjadi apabila memvariasikan panjang bentang pada Profil Baja IWF dan UNP

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh panjang bentang terhadap defleksi pada Profil Baja IWF dan UNP
2. Untuk mengetahui pengaruh panjang bentang terhadap tegangan pada Profil Baja IWF dan UNP

## 1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya menghitung lendutan beban pada Profil Baja IWF dan UNP
2. Hanya menghitung tegangan pada Profil Baja IWF dan UNP
3. Diambil berat beban titik yaitu 1000 kg
4. Jenis batang yang digunakan adalah batang tumpuan engsel-rol
5. Tidak menghitung tegangan geser.

## 1.5 Manfaat Penelitian

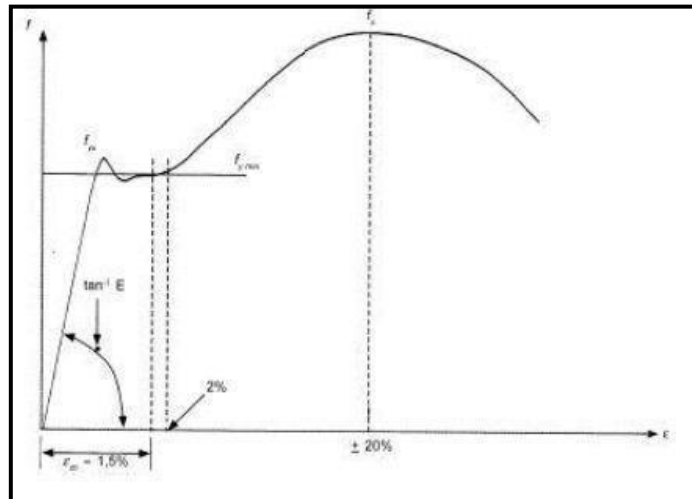
1. Dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam memahami berbagai permasalahan dalam struktur baja khususnya Profil Baja IWF (*I Wide Flange*).
2. Mendapatkan pedoman penentuan kriteria dasar perancangan bentuk dan jarak tumpuan Profil Baja IWF dan UNP
3. Menambah wawasan *Software Engineering* khususnya ABAQUS.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Material Baja

Baja merupakan logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur non logam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0,2-2,1% dari berat baja, tergantung tingkatannya. Fungsi karbon adalah untuk meningkatkan kualitas baja, yaitu daya tariknya dan tingkat kekerasannya. (Fikri Anra Wijaya, 2020)



Gambar 2.1 Kurva hubungan tegangan ( $f$ ) dengan regangan ( $\epsilon$ ), (Sumber: Agus Setiawan, 2008).

### 2.2 Sifat Mekanis Baja

Dalam perencanaan struktur baja ini, Sifat mekanis dari material baja mengacu pada SNI 03-1729-2015, yaitu:

Modulus Elastisitas :  $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus Geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka Poisson :  $\mu = 0,3$

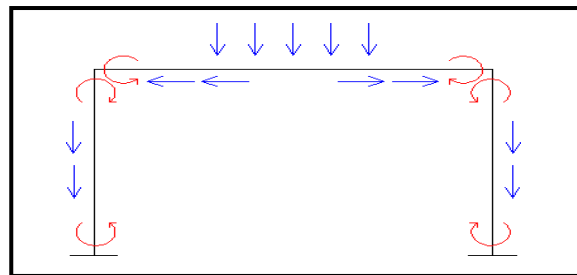
Koefisien Pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Gambar 2.2 Tabel sifat mekanik baja struktural SNI 03-1729-2002).

### 2.3 Struktur Portal

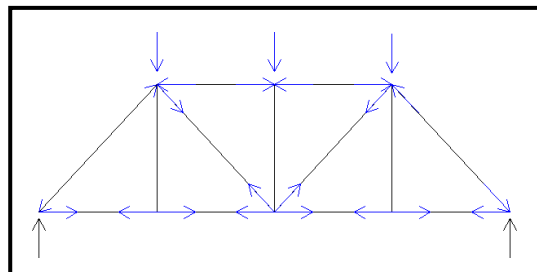
Sistem Portal merupakan sistem struktur yang terdiri dari tiang/kolom (post) dan balok (beam) dimana tiang dan balok tersebut tersusun dari batang tunggal. Sistem portal berfungsi sebagai struktur pada bangunan bentang panjang maupun bentang pendek.



Gambar 2.3 Struktur Portal

### 2.4 Struktur Rangka Batang

Presipitas Sistem struktur rangka batang adalah sistem struktur yang terdiri dari rangkaian batang yang membentuk segitiga dan panjangnya jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran penampangnya.

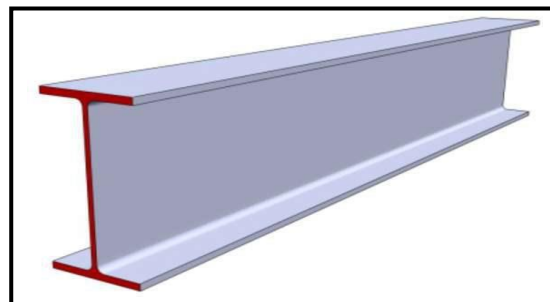


Gambar 2.4 Struktur Batang

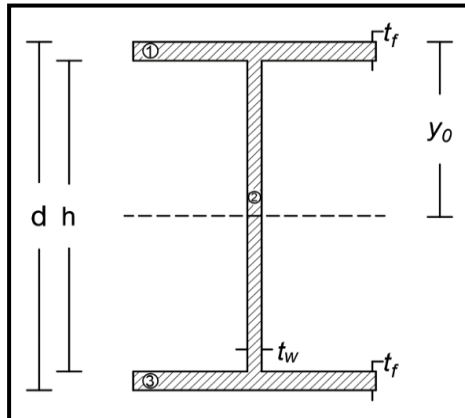
## 2.5 IWF (I Wide Flange)

Profil IWF (*I Wide Flange*) adalah salah satu profil baja struktural yang paling populer digunakan untuk konstruksi baja. Bentuk profil dari balok ini sama persis dengan *Castellated Beam*, bedanya terletak pada lubang hexagonal yang terdapat pada *Castellated Beam*. Profil baja ini biasa di gunakan untuk membuat sebuah kolom, ring balk, tiang pancang, *top & bottom cord member pada truss*, komposit beam atau Colom, kantilever kanopi. dan lain sebagainya.

Sistem konstruksi Besi Baja IWF bangunan merupakan kombinasi dari elemen struktur yang cukup rumit. Dalam sistem struktur Baja IWF sistem seperti tujuan ini dapat membawa beban dengan aman dan efektif semua gaya yang bekerja pada bangunan, kemudian dikirim ke pondasi. Berbagai beban dan gaya yang bekerja pada bangunan termasuk beban vertikal, horizontal, perbedaan suhu, getaran dan sebagainya. Dalam sebuah bangunan baja, selalu ada unsur-unsur yang berfungsi untuk menahan gaya gravitasi dan gaya lateral. Sistem Konstruksi Baja IWF merupakan material yang memiliki sifat struktural yang sangat baik sehingga pada akhir tahun 1900, mulai menggunakan Baja IWF sebagai bahan struktural (Konstruksi), saat itu metode pengolahan Baja IWF yang murah dikembangkan dalam skala besar. Sifat Baja IWF memiliki kekuatan tinggi dan kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu Baja IWF menjadi elemen struktur yang memiliki batas yang sempurna akan menahan jenis beban tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas serupa dalam pembangunan strukturnya. Kepadatan tinggi Baja IWF, tetapi rasio berat antara kekuatan komponen Baja IWF juga tinggi sehingga tidak terlalu berat dalam kaitannya dengan kapasitas muat beban, memastikan selama bentuk struktur (konstruksi) yang digunakan yang bahan yang digunakan secara efisien. (Bambang, 2000)



Gambar 2.5 Baja IWF



Gambar 2.6 Penampang Baja IWF

**PT. GUNUNG GARUDA**  
Steel Is Our Business

**Wide Flange Shape**  
Product Specifications  
Hot Rolled

Geometrical moment of inertia  $I = Ai^2$   
Radius of gyration of area  $I = \sqrt{I/A}$   
Modulus of section  $z = I/e$   
(A = sectional area)

According JIS G 3192

Metric Size

Nominal Dimensional mm	Standard Sectional Dimension				Section Area A cm <sup>2</sup>	Unit Weight kg/m	Informative Reference					
	H x B mm	tf mm	l2 mm	r mm			Geometrical Moment Of Inertia		Radius Of Gyration Of Area		Modulus Of Section	
							Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	ix cm	iy cm	Zx cm <sup>3</sup>	Zy cm <sup>3</sup>
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.00	17.20	383	134	4.18	2.47	76.50	26.7
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	847	293	5.29	3.11	136.00	47.00
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	666	50	6.11	1.66	8.88	13.20
150 x 100	150 x 100	6	9	11	26.84	21.10	1,020	151	6.17	2.37	138.00	30.10
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.60	1,640	563	6.39	3.75	219.00	75.10
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	61.21	40.20	2,880	984	7.50	4.38	330.00	112.00
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	1,580	114	8.26	2.21	160.00	23.00
200 x 100	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	1,840	134	8.24	2.22	184.00	26.80
200 x 150	194 x 150	6	9	12	36.80	30.60	2,675	507	8.30	3.60	275.60	67.60
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	4,720	1,600	8.62	5.02	472.00	160.00
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.66	25.70	3,540	255	10.40	2.79	285.00	41.10
250 x 125	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	4,050	294	10.40	2.79	324.00	47.00
250 x 250	250 x 250	9	14	16	62.18	72.40	10,800	3,650	10.80	6.29	867.00	292.00
300 x 150	296 x 149	5.5	8	13	40.80	32.00	6,320	442	12.40	3.29	424.00	59.30
300 x 150	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	7,210	508	12.40	3.29	481.00	67.70
300 x 300	300 x 300	10	15	18	119.80	94.00	20,400	6,750	13.10	7.51	1,360.00	460.00
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.66	41.40	11,100	792	14.60	3.86	641.00	91.00
350 x 175	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	13,600	984	14.70	3.95	775.00	112.00
350 x 350	350 x 350	12	19	20	173.9	137.00	40,300	13,600	15.20	8.84	2,300.00	776.00
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	20,000	1,460	16.70	4.48	1,010.00	146.00
400 x 200	400 x 200	8	13	16	84.1	66.00	23,700	1,740	16.80	4.54	1,190.00	174.00
400 x 400	400 x 400	13	21	22	218.7	172.00	66,600	22,400	17.50	10.10	3,330.00	1,120.00
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.00	33,500	1,870	18.60	4.40	1,400.00	187.00
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.60	47,800	2,140	20.50	4.33	1,910.00	214.00
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106.00	77,600	2,280	24.00	4.12	2,590.00	228.00
600 x 200	588 x 300	12	20	28	192.5	151.00	119,000	9,020	24.80	6.85	4,020.00	601.00
700 x 300	700 x 300	13	24	28	235.5	185.00	201,000	10,800	29.30	6.78	5,760.00	722.00
800 x 300	800 x 300	14	26	28	267.4	210.00	292,000	11,700	33.00	6.62	7,290.00	782.00
900 x 300	900 x 300	16	28	28	309.8	243.00	411,000	12,600	36.40	6.39	9,140.00	843.00

Gambar 2.7 Tabel UNP

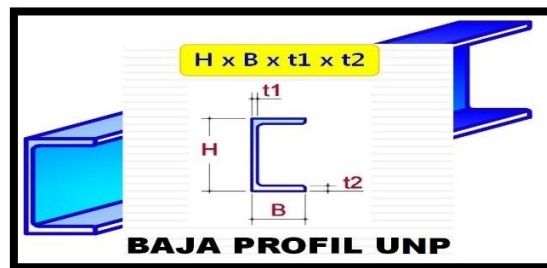
## 2.6 UNP

Besi baja UNP U Kanal atau U Channel Steel adalah salah satu jenis besi baja yang dibuat sesuai standarisasi Eropa dan digunakan sebagai bagian dari pembuatan struktural sebuah bangunan ataupun aplikasi industrial. Disebut sebagai Kanal U atau

U Kanal, karena bentuk penampang irisannya adalah memang menyerupai saluran (kanal) seperti huruf 'U'.

Besi baja UNP, digunakan dalam konstruksi baja sebagai penopang atau penyangga utama. Besi UNP juga dapat digunakan sebagai *bracing* atau penguat pada konstruksi baja pada bangunan ataupun jembatan baja.

Biasanya Besi baja UNP ini akrab dengan nama 'Besi UNP Kanal U' dan tersedia dalam berbagai ukuran. Ukuran tersebut mengikuti ukuran dimensi yang dapat dilihat dari gambar penampangnya.



Gambar : 2.8 Profil UNP

METRIC SIZE

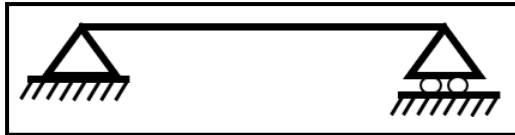
STANDARD SECTIONAL DIMENSION			SECTIONAL AREA	UNIT MASS	CENTER OF GRAVITY	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		MODULUS OF SECTION	
A x B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	A	w	C <sub>y</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm x mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
75 x 40	5	7	8.818	6.92	1.27	75.9	12.4	2.93	1.19	20.2	4.54
100 x 50	5	7.5	11.92	9.36	1.55	189	26.9	3.98	1.50	37.8	7.82
125 x 65	6	8	17.11	13.40	1.94	425	65.5	4.99	1.96	68.0	14.40
150 x 75	6.5	10	23.71	18.60	2.31	864	122.0	6.04	2.27	115.0	23.60
150 x 75	9	12.5	30.59	24.00	2.31	1050	147.0	5.86	2.19	140.0	28.30
180 x 75	7	10.5	27.20	21.40	2.15	1380	137.0	7.13	2.24	150.0	25.50
200 x 70	7	10	26.92	21.10	1.85	1620	113.0	7.77	2.04	162.0	21.80
200 x 80	7.5	11	31.33	24.60	2.24	1950	177.0	7.89	2.38	195.0	30.80
200 x 90	8	13.5	38.65	30.30	2.77	2490	286.0	8.03	2.72	249.0	45.90
250 x 90	9	13	44.07	34.60	2.43	4180	306.0	9.74	2.64	335.0	46.50
250 x 90	11	14.5	51.17	40.20	2.39	4690	342.0	9.57	2.58	375.0	51.70
300 x 90	10	15.5	55.74	43.80	2.33	7400	373.0	11.50	2.54	494.0	56.00
300 x 90	12	16	61.90	48.60	2.25	7870	391.0	11.30	2.51	525.0	57.90
380 x 100	10.5	16	69.39	54.50	2.41	14500	557.0	14.50	2.83	762.0	73.30
380 x 100	13	16.5	78.96	62.00	2.29	15600	584.0	14.10	2.72	822.0	75.80
380 x 100	13	20	85.71	67.30	2.50	17600	671.0	14.30	2.80	924.0	89.50

Gambar 2.9 : Tabel UNP

## 2.7 Jenis-Jenis Batang

### 1. Batang tumpuan sederhana

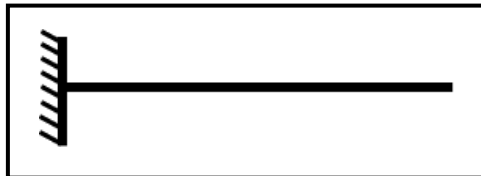
Bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol



Gambar 2.10 Batang Tumpuan Sederhana

2. Batang Kantilever

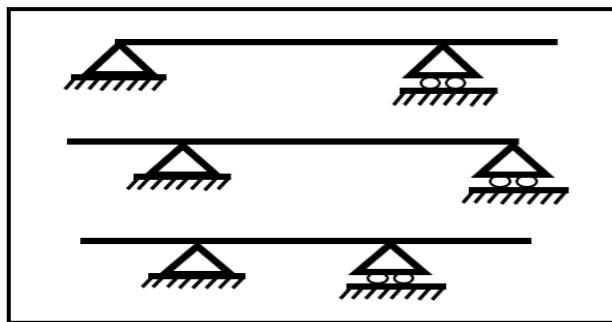
Bila salah satu ujung balok dijepit dan yang lain bebas.



Gambar 2.11 Batang Kantilever

3. Batang Overhang

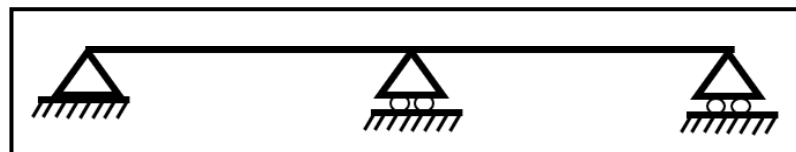
Bila balok dibangun melewati tumpuan sederhana



Gambar 2.12 Batang Overhang

4. Batang Menerus

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



Gambar 2.13 Batang Menerus

## 2.8 Keuntungan Baja Sebagai Material Struktur Bangunan

Baja mempunyai sifat yang menguntungkan tetapi juga mempunyai beberapa kelemahan. Sifat-sifat yang dimiliki oleh baja adalah sebagai berikut:

### 1. Kekuatan tinggi

Baja bisa diproduksi dengan berbagai kekuatan yang bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan tekan lele nya ( $\sigma_y$ ) atau oleh tegangan tarik batas ( $\sigma_u$ ). Bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah kekuatannya, tetap mempunyai perbandingan kekuatan per-volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai.

### 2. Kemudahan pemasangan

Komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standard dan sifat-sifat tertentu yang mudah diperoleh dimana-mana. Sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan di lapangan pemasangan bagian-bagian konstruksi yang telah dipersiapkan.

### 3. Keseragaman

Sifat-sifat dari baja, baik sebagai bangunan maupun dalam bentuk struktur terkendali dengan baik, sehingga elemen-elemen dari konstruksi bisa bertingkah laku sesuai yang diduga dalam perencanaan. Hal tersebut padat menghindari terjadinya proses pemborosan dalam akibat adanya berbagai ketidakpastian.

### 4. Daktilitas

Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus. Sifat daktilitas ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba.

Keuntungan-keuntungan lain yang dapat diperoleh dari struktur baja, seperti:

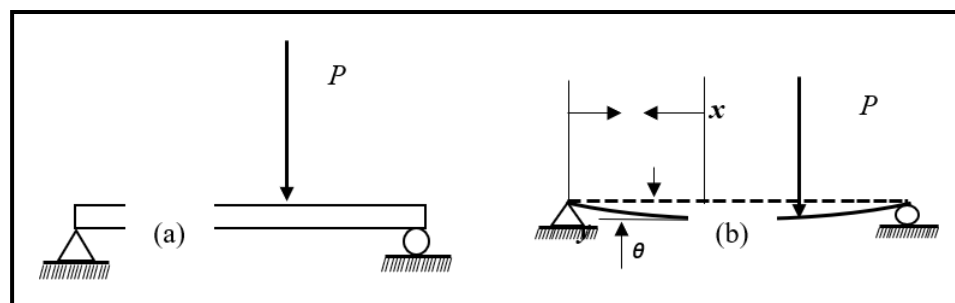
1. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat dan tidak memakan tempat kerja.
2. Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua. Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.
3. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

Kelemahan-kelemahan dari bahan baja sebagai berikut:

1. Komponen-komponen struktur yang dibuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
2. Diperlukan suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
3. Akibat kemampuannya menahan tekukan pada batang-batang yang langsing, walaupun dapat menahan gaya-gaya aksial, tetapi tidak bisa mencegah terjadinya pergeseran horizontal.

## 2.9 Defleksi (Lendutan)

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 di asumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.6(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.6(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang di asumsikan akibat aksi pembebanan (Wahyudi dkk, 2011).



Gambar 2.14 (a).Balok sebelum terjadi deformasi, (b).Balok dalam konfigurasi terdeformasi

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.

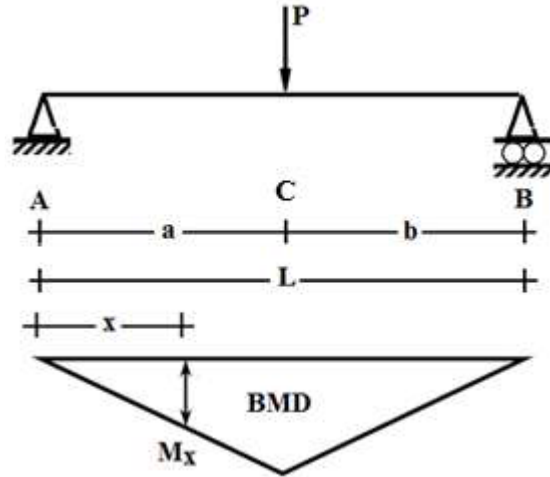
Defleksi yang diperoleh secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan defleksi secara teoritis, dan besarnya defleksi maksimum cenderung terjadi pada pertengahan batang untuk tumpuan jepit-jepit, (Mustafa, 2007)



Besarnya defleksi ditunjukkan oleh pergeseran jarak  $y$ . Besarnya defleksi  $y$  pada setiap nilai  $x$  sepanjang balok disebut persamaan kurva defleksi balok.

Adapun persamaan untuk defleksi:

Balok sederhana dengan beban titik



Gambar 2.15 Balok sederhana dengan beban titik

$$R_A = \frac{Pb}{L} \quad \text{dan} \quad R_B = \frac{Pa}{L}$$

$$M_x = \frac{Pbx}{L} \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$M_x = \frac{Pbx}{L} - P(x-a) \quad \text{untuk } x \geq a$$

Persamaan tersebut disubstitusikan ke dalam Pers. 2.7, sehingga didapat :

$$EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = - \frac{Pbx}{L} \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = - \frac{Pbx}{L} + P(x-a) \quad \text{untuk } x \geq a$$

Persamaan tersebut diintegrasikan terhadap  $x$ , sehingga didapat :

$$\int EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = \int - \frac{Pbx}{L}$$

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = - \frac{Pbx^2}{L} + C_1 \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$\int EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = \int - \frac{Pbx}{L} + P(x-a)$$

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = - \frac{Pbx^2}{L} + \frac{P(x-a)^2}{2} + C_2 \quad \text{untuk } x \geq a$$

Pada  $x = a$ , dua persamaan tersebut hasilnya akan sama, dan jika diintegrasikan lagi terhadap  $x$  akan didapatkan persamaan berikut :

$$Ely = -\frac{Pbx^3}{6L} + C_1x + C_3 \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$Ely = -\frac{Pbx^3}{6L} + \frac{p(x-a)^3}{6} + C_2x + C_4 \quad \text{untuk } x \geq a$$

Pada  $x = a$ , maka nilai  $C_1$  harus sama dengan  $C_2$  ( $C_1 = C_2$ ) dan  $C_3 = C_4$ , sehingga persamaannya menjadi :

$$Ely = -\frac{Pbx^3}{6L} + \frac{p(x-a)^3}{6} C_1x + C_3 \quad \text{untuk } x \leq a$$

Dengan meninjau kondisi batas tumpuan :

→ untuk  $x = 0$ , maka  $y = 0$ , sehingga nilai  $C_3 = C_4 = 0$

→ untuk  $x = L$ , maka  $y = 0$ , sehingga persamaannya menjadi :

$$0 = -\frac{Pbx^3}{6L} + \frac{p(L-a)^3}{6} + C_1L + 0$$

karena  $L - a = b$ , maka persamaan tersebut dapat ditulis :

$$0 = -\frac{PbL^3}{6L} + \frac{Pb^3}{6L} + C_1L + 0$$

$$C_1 = -\frac{PbL^3}{6} + \frac{Pb^3}{6L} = \frac{Pb}{6L} (L^2 + b^2)$$

Sehingga setelah  $C_1$  disubstitusi, persamaannya akan menjadi :

$$y = \frac{Pbx}{6EIL} + (L^2 - b^2 - x^2) \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$y = \frac{Pbx}{6EIL} + (L^2 - b^2 - x^2) + \frac{p(x-a)^3}{6EI} \quad \text{untuk } x \geq a$$

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{Pbx^2}{2L} + \frac{Pb}{6L} (L^2 - b^2) \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$\theta_A = -\frac{P\left(\frac{L}{2}\right) \cdot 0^2}{2EIL} + \frac{P\left(\frac{L}{2}\right)}{6EIL} (L^2 - (L/2)^2)$$

$$\theta_A = \frac{P}{12EI} \left( L^2 - \frac{L^2}{4} \right) = \frac{PL^2}{16EI}$$

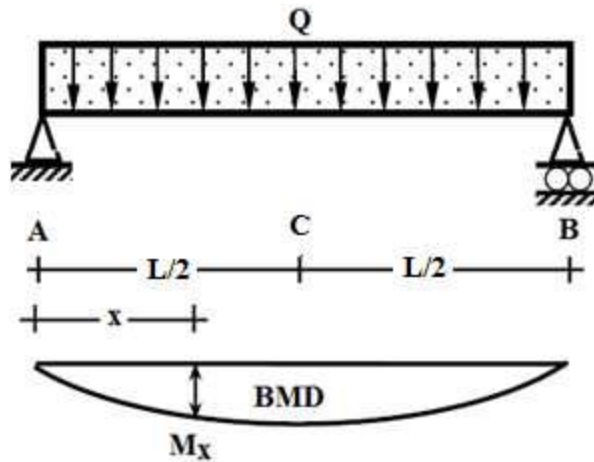
Pada kasus beban titik terletak di tengah bentang ( $a = b = L/2$ ), maka lendutan maksimum akan terjadi di  $x = L/2$ , sehingga diperoleh :

$$y = \frac{Pbx}{6EIL} + (L^2 - b^2 - x^2) \quad \text{untuk } x \leq a$$

$$y_c = -\frac{P\left(\frac{L}{2}\right) \cdot \left(\frac{L}{2}\right)}{2EIL} \left( L^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2 \right)$$

$$y_c = -\frac{PL}{24EI} \left( \frac{L^2}{2} \right) = \frac{PL^3}{48EI}$$

Balok sederhana dengan beban merata



Gambar 2.16 Balok sederhana dengan beban merata

$$R_A = R_B = \frac{QL}{2}$$

$$M_x = R_A x - \frac{Qx^2}{2} = \frac{1}{2} QLx - \frac{1}{2} Qx^2$$

Persamaan tersebut disubstitusikan ke dalam Pers. 2.7, sehingga didapat :

$$EI \left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right) = -\frac{1}{2} QLx + \frac{1}{2} Qx^2$$

Persamaan tersebut diintegrasikan terhadap x, sehingga didapat :

$$\int EI \left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right) = \int -\frac{1}{2} QLx + \frac{1}{2} Qx^2$$

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{1}{4} QLx^2 + \frac{1}{6} Qx^3 + C_1$$

Dengan meninjau kondisi batas tumpuan,  $M_{\text{maks}}$  terjadi pada  $x = L/2$  dan pada lokasi

tersebut tidak terjadi rotasi  $\frac{dy}{dx} = 0$ , sehingga persamaannya menjadi :

$$0 = -\frac{1}{4} QL \left( \frac{L}{2} \right)^2 + Q \left( \frac{L}{2} \right)^3 + C_1$$

$$0 = -\frac{1}{16} QL^3 + \frac{1}{86} + C_1$$

$$C_1 = \frac{2}{48} QL^3 + \frac{1}{24} QL^3$$

Sehingga persamaannya akan menjadi :

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{1}{4} QLx^2 + \frac{1}{6} Qx^3 - \frac{1}{24} QL^3$$

Persamaan tersebut kemudian diintegrasikan kembali terhadap  $x$ , sehingga menjadi

$$\int EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = - \int \frac{1}{4} QLx^2 + \int \frac{1}{6} QLx^3 + \int \frac{1}{24} QL^3$$

$$Ely = - \frac{1}{12} QLx^3 + \frac{1}{24} Qx^4 - \frac{1}{24} QL^3x = C_2$$

Pada  $x = 0$ , lendutan  $y = 0$ , sehingga didapat  $C_2$  sebagai berikut :

$$0 = - \frac{1}{12} QL \cdot 0 + \frac{1}{24} QL^3 \cdot 0 + C_2$$

$$C_2 = 0$$

Persamaan tersebut menjadi :

$$Ely = - \frac{1}{12} QLx^3 + \frac{1}{24} Qx^4 - \frac{1}{24} QL^3x$$

$$y = \frac{Qx}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$$

Pada kasus merata terletak penuh di sepanjang bentang, maka rotasi maksimum akan

terjadi di  $x = 0$  atau  $x = L$ , sehingga diperoleh :

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = - \frac{1}{4} QLx^2 + \frac{1}{6} Qx^3 - \frac{1}{24} QL^3$$

$$\theta_A = - \frac{1}{4EI} QL \cdot 0^2 + \frac{1}{6EI} Q \cdot 0^3 - \frac{1}{24} QL^3$$

$$\theta_A = 0 + 0 - \frac{1}{24EI} QL^3 = - \frac{1}{24EI} QL^3$$

Pada kasus beban merata terletak penuh di sepanjang bentang, maka lendutan maksimum akan terjadi di  $x = L/2$ , sehingga diperoleh :

$$y = \frac{Qx}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$$

$$y_c = \frac{Q \left( \frac{L}{2} \right)}{24EI} \left( L^3 - 2L \left( \frac{L}{2} \right)^2 + \left( \frac{L}{2} \right)^3 \right)$$

$$y_c = \frac{QL}{48EI} \left( L^3 - \frac{L^3}{2} + \frac{L^3}{8} \right) = \frac{QL}{48EI} \left( \frac{5L^3}{8} \right) = \frac{5QL^4}{384EI}$$

Batas-batas lendutan Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut.

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	$L/360$	-
Balok biasa	$L/240$	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde kedua	$h/300$	$h/200$

2.17 Gambar Tabel Batas Lendutan Maksimal

Momen inersia merupakan kelembaman pada sebuah benda yang dirotasikan atau melakukan rotasi terhadap sumbu tertentu. Momen inersia juga bisa diartikan sebagai besaran tentang usaha pada sebuah sistem benda untuk menentang gerak rotasinya dan disimbolkan dengan  $I$  serta satuannya berupa  $\text{kg.m}^2$  pada satuan Internasional. Besaran tersebut dimiliki oleh seluruh sistem pada benda, khususnya benda padat dengan bentuk apa saja. Oleh karena itu, momen inersia bisa diartikan sebagai adanya kecenderungan pada suatu sistem benda yang diam atau berputar, hal itu sebagai reaksi terhadap gaya torsi yang berasal dari luar (Soedjojo, 1985).

Momen inersia penampang :

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3$$

Keterangan:

$I_x$  = Momen inersia

$b$  = Luas penampang

$h$  = Lebar penampang

Hal-Hal Yang Mempengaruhi Besar Defleksi

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.

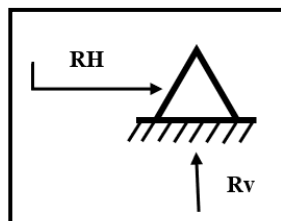
#### 4. Jenis Beban Yang Terjadi Pada Batang

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.

### 2.10 Jenis-Jenis Tumpuan

#### 2.10.1 Engsel

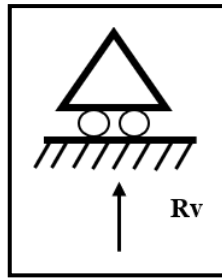
Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horizontal. Tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang. Jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horizontal dan yang lainnya 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 2.18 : Tumpuan Engsel

#### 2.10.2 Rol

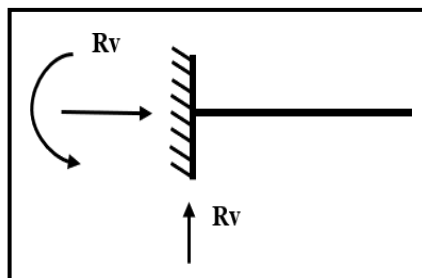
Rol merupakan tumpuan yang hanya dapat menerima gaya reaksi vertikal. Alat ini mampu melawan gaya-gaya dalam suatu garis aksi yang spesifik. Penghubung yang terlihat pada gambar dibawah ini dapat melawan gaya hanya dalam arah AB rol. Pada gambar dibawah hanya dapat melawan beban vertikal. Sedang rol-rol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



Gambar 2.19 : Tumpuan Rol

### 2.10.3 Jepit

Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit ini mampu melawan gaya dalam setiap arah dan juga mampu melawan suatu *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.



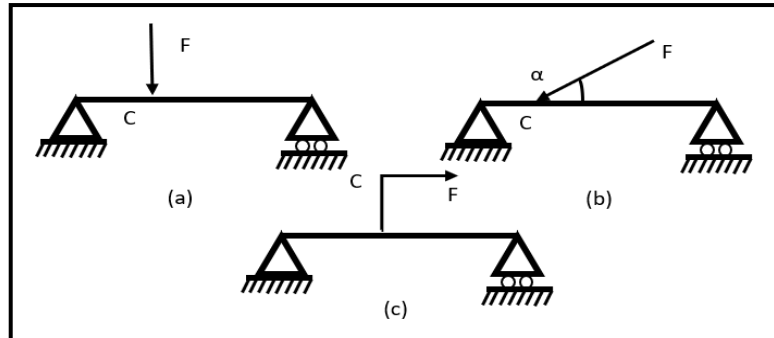
Gambar 2.20 Tumpuan Jepit

### 2.11 Jenis-Jenis Pembebanan

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

### 2.11.1 Beban Terpusat

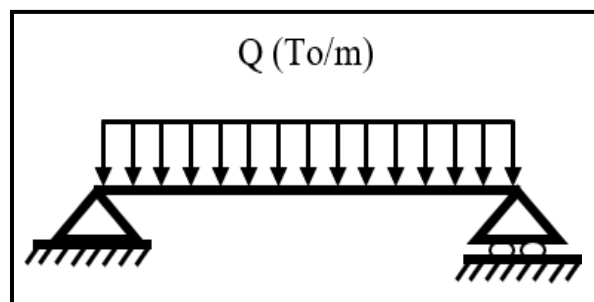
Titik kerja pada batang dapat dianggap berupa titik karena luas kontakannya kecil.



Gambar 2.21 Pembebanan Terpusat

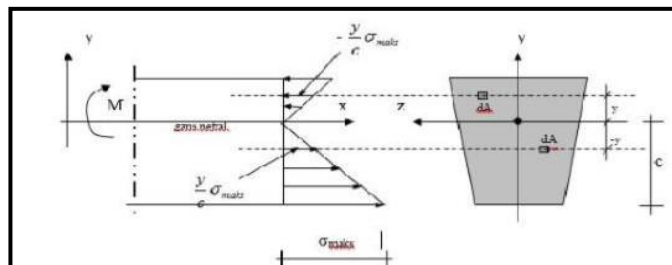
### 2.11.2 Beban Terbagi Merata

Disebut beban terbagi merata karena merata sepanjang batang dinyatakan dalam  $q_m$  (kg/m atau KN/m).



Gambar 2.22 Pembebanan Merata

### 2.12 Persamaan Tegangan



Gambar 2.23 Tegangan Pada Lentur Murni



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

$$\text{Tegangan} = -\frac{y}{c}\sigma_{maks}$$

Luas penampang =  $dA$

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

$$\sum FX = 0$$

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

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

$$\int_A ydA = \bar{y}A \rightarrow \text{adalah kordinat titik berat}$$

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

Dengan demikian maka garis netral harus melalui titik berat penampang.

$$\sum M = 0$$

$$M_{\text{luar}} = M_{\text{dalam}}$$

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

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

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

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

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

$$\sigma = -\frac{M \cdot y}{I_x}$$

Dengan:

$\sigma$  : tegangan normal akibat lentur

$M$  : momen luar

$Y$  : jarak tegangan yang ditinjau ke garis netral

$I_x$  : momen inersia terhadap sumbu  $x$