

## JURNAL TEKNIK SIPIL USU

### APLIKASI PERHITUNGAN SAMBUNGAN PADA BALOK GRID DENGAN KOMBINASI MOMEN LENTUR, GAYA LINTANG DAN MOMEN TORSI

Ricky Malinton Sianturi<sup>1</sup>, Johannes Tarigan<sup>2</sup>

*Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan  
Email:malinton\_sianturi@usu.ac.id*

*Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU  
Medan*

*Email:johannes\_tarigan@usu.ac.id*

#### ABSTRAK

*Balok grid sering dijumpai pada setiap bangunan, seperti bangunan balok gedung, gelagar jembatan, dan bangunan lainnya. . Balok grid pada umumnya menggunakan profil baja. Balok baja akan mengalami tegangan akibat momen lentur dan gaya lintang. Pada struktur balok bersilang / grid dapat terjadi gaya torsi sebagai akibat dari gaya luar yang bekerja di samping juga gaya lentur dan gaya geser. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menghitung kontrol sambungan khususnya pada balok grid terhadap kombinasi momen lentur, gaya lintang dan akibat momen torsi. Seberapa besarkah pengaruh torsi pada pendimensian sambungan baut. Dalam perhitungan ini akan direncanakan pada sebuah balok grid sederhana dengan dimensi 8m x 8m. Dimana akan ada induk balok dengan bentang 8 m dan akan ada anak balok pada tengah bentang induk balok tersebut. Balok grid akan memikul beban pelat lantai setebal 12 cm dan beban hidup sebesar 500 kg/cm<sup>2</sup>. Perhitungan akan direncanakan sesuai dengan SNI 03-1729-2002. Dari hasil perhitungan yang didapat, pengaruh torsi sangat besar, bahkan lebih dari 100% penambahan baut. Jadi dalam perencanaan ini didapat bahwa pengaruh torsi pada sambungan sangat besar dan tidak dapat diabaikan.*

**Kata kunci :** balok grid, momen torsi, sambungan

#### ABSTRACT

*Grid beam common in every building, like building beam buildings, girder bridges, and other buildings. . Grid beam typically use steel profiles. Steel beam will experience stress due to bending moment and force latitudes. On the cross beam structure / grid style torque can occur as a result of external forces that work in addition to bending and shear force. The purpose of this thesis is to calculate the beam control grid connection in particular to the combination of bending moment, due to the style of latitude and torque moments. How big is the effect of torque on the bolt connection dimentioning. In this calculation will be planned on a simple grid beam with dimensions of 8m x 8m. Where it has been main beam with spans 8 m and there will be bairn beam at midspan main beam. Grid beam shall bear the burden of the floor slab 12 cm thick and live load of 500 kg/cm<sup>2</sup>. The calculation will be planned in accordance with SNI 03-1729-2002. From the calculation results obtained, the effect of torque is very large, even more than 100% increase bolt. So the planning is obtained that the effect of torque on the connection is very large and can not be ignored.*

**Keyword :** Grid beam, torsion moment, connection

## PENDAHULUAN

Pada bangunan teknik sipil sering dijumpai balok bersilang. Balok grid adalah struktur yang elemen batangnya hanya menerima gaya dalam lentur satu arah (dengan arah vektor, momen lentur searah bidang grid), lintang dan torsi. Keadaan istimewa pada struktur grid adalah beban yang bekerja mengarah tegak lurus bidang grid, deformasi aksial pada elemen grid diabaikan dan tidak terjadi putaran dengan arah vektor yang tegak bidang grid. Struktur grid biasanya ditemui pada struktur jembatan, rangkai pelat lantai dan sebagainya.

Pada struktur balok bersilang / grid dapat terjadi gaya torsi sebagai akibat dari gaya luar yang bekerja di samping juga gaya lentur dan gaya geser. Gaya torsi dapat menyebabkan tegangan torsi dan tegangan warping. Tegangan torsi pada balok bersilang dapat terjadi di badan profil dan pada sayap atau flens pada profil sedangkan untuk tegangan warping terjadi pada flens akibat dari flens yang melintir ke arah lateralnya. Tegangan-tegangan yang terjadi ini harus diperhitungkan karena dapat mengakibatkan kelebihan tegangan (overstress) pada struktur apabila dikombinasikan antara tegangan yang satu dengan tegangan yang lainnya sehingga. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menghitung kontrol sambungan khususnya pada balok grid terhadap kombinasi momen lentur, gaya lintang dan akibat momen torsi. Seberapa besarkah pengaruh torsi pada pendimensian sambungan baut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Umum

Struktur baja adalah jenis yang paling dominan digunakan pada masa sekarang ini. Selain mutunya kuat juga pemasangannya lebih cepat dari struktur lain seperti struktur beton yang membutuhkan waktu lebih lama karena proses pengeringan. Struktur baja menguntungkan dari segi volume sehingga terlihat lebih langsing. Adapun yang menjadi jenis mutu baja dapat dilihat pada tabel 1 sifat mekanis baja struktural sesuai SNI 03 - 1729 – 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.

Tabel.1 Sifat mekanis baja struktural

Jenis-jenis baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ34	340	210	22
BJ37	370	240	20
BJ41	410	250	18
BJ50	500	290	16
BJ55	550	410	13

### 2. Sambungan

Di dalam perencanaan konstruksi baja penyambungan antar profil baja adalah hal yang umum dilakukan, jadi sambungan tidak dapat dihindari atau diabaikan. Berikut adalah penjelasan mengenai sambungan.

#### Tipe-tipe Sambungan

Konstruksi baja dikategorikan oleh LRFD-A2.2 dan ASD-A2.2 ke dalam beberapa tipe tergantung pada besarnya kekangan yang dihasilkan sambungannya. Dikenal dengan 3 macam tipe, yaitu:

#### ***a. Tipe Terkekang Penuh (juga disebut rangka rigid, atau rangka kontinu)***

Keadaan ini terjadi jika pada sambungan diberikan kontinuitas penuh sehingga sudut awal antara batang-batang yang berpotongan dipertahankan konstan selama pembebanan struktur, yaitu dengan kekangan rotasi 90% atau lebih dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Oleh LRFD-A2.2 sambungan ini disebut "Tipe FR" (dari *fully restrained* = terkekang penuh), dan di dalam ASD-A2.2 dikenal sebagai "Tipe 1".

***b. Tipe Rangka Sederhana (disebut juga tipe tak terkekang atau tipe ujung bebas)***

Keadaan ini terjadi jika kekangan rotasi pada ujung-ujung batang dibuat sekecil mungkin. Untuk balok, perangkaian sederhana diharapkan hanya memberikan transfer geser pada ujung-ujungnya. Biasanya, rangka sederhana dianggap terjadi jika sudut awal antara batang-batang yang berpotongan dapat berubah sekitar 80% atau lebih dari jumlah perubahan sudut yang secara teoritis jika digunakan sambungan berengsel bebas.

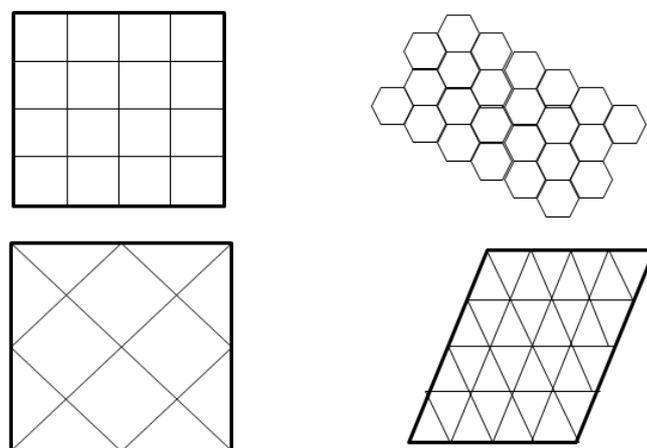
***c. Tipe Rangka Setengah Kaku (Semi rigid)***

Rangka setengah kaku terjadi jika kekangan rotasi kira-kira antara 20% sampai 90% dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut relatif. Ini berarti bahwa dengan rangka setengah kaku momen yang dipindahkan melalui sambungan tidaklah nol (atau dalam jumlah kecil) sebagai mana pada rangka sederhana, dan tidak pula momen kontinuitas penuh seperti dalam analisis rangka kaku elastis.

*(Salmon, Charles G, dkk. 1995.)*

**3. Struktur Grid**

Balok adalah salah satu elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Pada struktur grid, selama baloknya benar-benar identik, beban akan sama di sepanjang sisi kedua balok. Setiap balok akan memikul setengah dari beban total dan meneruskan ke tumpuan. Apabila balok-balok tersebut tidak identik maka bagian terbesar dari beban akan dipikul oleh balok yang lebih kaku. Apabila balok mempunyai panjang yang tidak sama, maka balok yang lebih pendek akan menerima bagian beban yang lebih besar dibandingkan dengan beban yang diterima oleh balok yang lebih panjang. Hal ini karena balok yang lebih pendek akan lebih kaku. Kedua balok tersebut akan mengalami defleksi yang sama di titik pertemuannya karena keduanya dihubungkan pada titik tersebut. Agar defleksi kedua balok itu sama, maka diperlukan gaya lebih besar pada balok yang lebih pendek. Dengan demikian, balok yang lebih pendek akan memikul bagian beban yang lebih besar. Besar relatif dari beban yang dipikul pada struktur grid saling tegak lurus, dan bergantung pada sifat fisis dan dimensi elemen-elemen grid tersebut. Pada grid yang lebih kompleks, baik aksi dua arah maupun torsi dapat terjadi. Semua elemen berpartisipasi dalam memikul beban dengan memberikan kombinasi kekuatan lentur dan kekuatan torsi. Defleksi yang terjadi pada struktur grid yang terhubung kaku akan lebih kecil dibandingkan dengan defleksi pada struktur grid terhubung sederhana.



Gambar. 1 Bentuk dan tipe grid pada struktur

*Erwin Rommel, 2012*

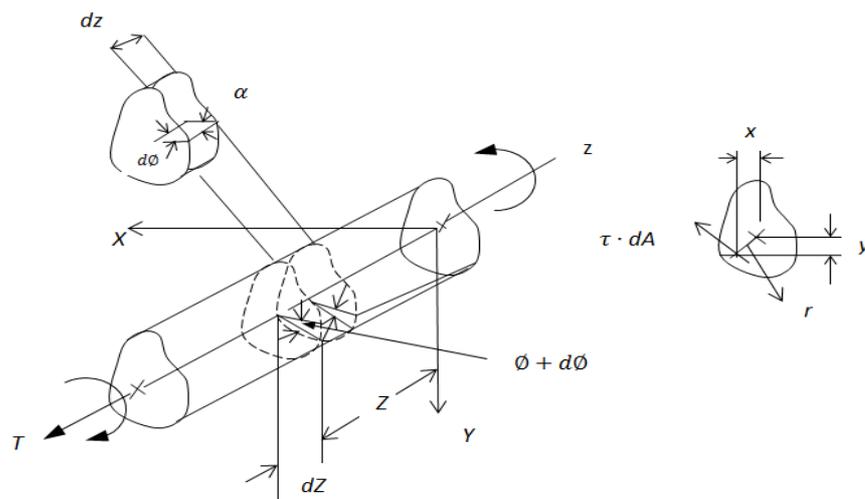
Matriks Kekakuan elemen struktur balok silang/grid dalam koordinat local dapat ditulis sebagai berikut:

$$K = \begin{bmatrix} 12 & 0 & 6L & -12 & 0 & 6L \\ 0 & \frac{GJL^2}{EI} & 0 & 0 & -\frac{GJL^2}{EI} & 0 \\ 6L & 0 & 4L^2 & -6L & 0 & 2L^2 \\ -12 & 0 & -6L & 12 & 0 & -6L \\ 0 & -\frac{GJL^2}{EI} & 0 & 0 & \frac{GJL^2}{EI} & 0 \\ 6L & 0 & 2L^2 & -6L & 0 & 4L^2 \end{bmatrix}$$

(Aslam Kassimali, 2012)

#### 4.Puntiran (Torsi)

Sebuah benda prismatik dapat mengalami torsi (puntiran) yang dapat dilihat pada gambar 2.4, begitu juga pada profil baja. Pada desain struktur, momen puntir (*torsion*) kadangkala menjadi gaya yang signifikan. Bila sebuah batang sirkular sederhana dipilin, tegangan geser pada suatu titik dari penampang lintang transversalnya akan bervariasi tergantung padajaraknya dari pusat batang. Dengan demikian, selama pemilihan, penampang melintang yang semula planar akan tetap pada bidangnya dan hanya berotasi di sekitar sumbu batagb itu. ( Sumber : Oentoeng, Ir.1999. *Konstruksi Baja*. Andi: Surabaya)



Gambar.2 Torsi pada batang pejal

Setiawan, Agus. 2008.

##### a. Torsi Murni

Kemiringan lentur dapat dituliskan dengan rumus  $M/EI = d^2y/dz^2$ , yakni mmen dibagi kekakuan lentur sama dengan kelengkungan, maka dalam torsi murni, momen  $M$  dibagi kekakuan torsi  $GJ$  sama dengan kelengkungan torsi ( perubahan sudut punter per satuan panjang).

$$M_s = GJ \frac{d\phi}{dz}$$

Dimana:

$M_s$  adalah momen torsi murni

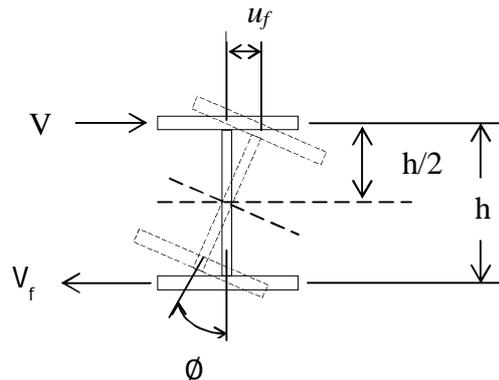
$G$  adalah modulus geser

$J$  adalah konstanta torsi

### b. Torsi Warping (Terpilin)

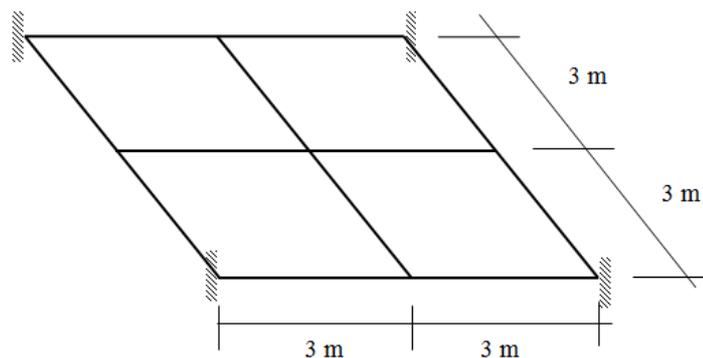
Sebuah balok yang memikul torsi  $M_s$ , maka bagian flens tekan akan melengkung ke salah satu sisi lateral, sedang flens tarik melengkung ke sisi lateral lainnya. Penampang pada gambar 2.6 terlihat balok yang puntirannya ditahan di ujung-ujung, namun flens bagian atas berberputar ke samping sebesar  $u_f$ . Lenturan ini menimbulkan tegangan normal lentur (tarik dan tekan) serta tegangan geser sepanjang flens.

Secara umum torsi pada balok (profil) dianggap sebagai gabungan antara torsi murni dan torsi warping.



Gambar.3 Torsi pada profil I  
*Setiawan, Agus. 2008.*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

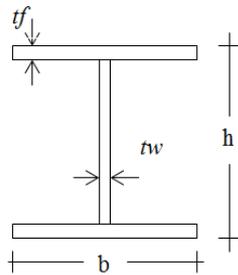


Gambar.4 Balok grid sederhana

Dalam bab ini akan dibahas contoh perhitungan balok grid dimana balok grid seperti tergambar diasumsikan memikul pelat lantai setebal 12 cm dan beban hidup  $q = 500 \text{ kg/m}^2$ . Untuk perencanaan dimensi profil digunakan baja dengan mutu BJ34, dimana tegangan leleh  $f_y = 210 \text{ MPa}$  dan tegangan ultimate  $f_u = 340 \text{ MPa}$  dan mutu baut penyambung BJ37, dimana  $f_y = 240 \text{ MPa}$  dan tegangan ultimate  $f_u = 370 \text{ MPa}$ .

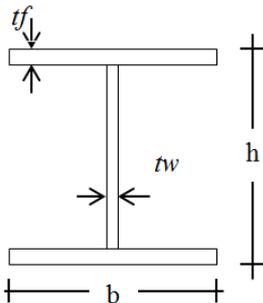
Dari hasil perhitungan perhitungan didapat profil:

### Anak Balok IWF 250 250 9



h	= 250 mm
b	= 250 mm
tw	= 9 mm
tf	= 14 mm
Ix	= 10800 cm <sup>4</sup>
Iy	= 3880 cm <sup>4</sup>

### Induk Balok IWF 350 250 9 14



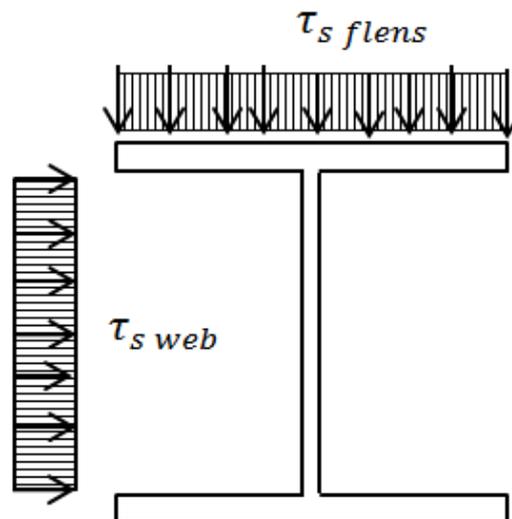
h	= 340 mm
b	= 250 mm
tw	= 9 mm
tf	= 14 mm
Ix	= 21700 cm <sup>4</sup>
Iy	= 3650 cm <sup>4</sup>

## Tegangan Torsi

### Torsi Murni (Saint Venant's Torsion)

Seperti halnya kelengkungan lentur, torsi murni dibagi kekakuan torsi sama dengan kelengkungan torsi.

$$\tau_s = \frac{M_T \cdot t}{2 \cdot J} \left[ 1 - \frac{\cosh \lambda z}{\cosh \lambda L / 2} \right]$$



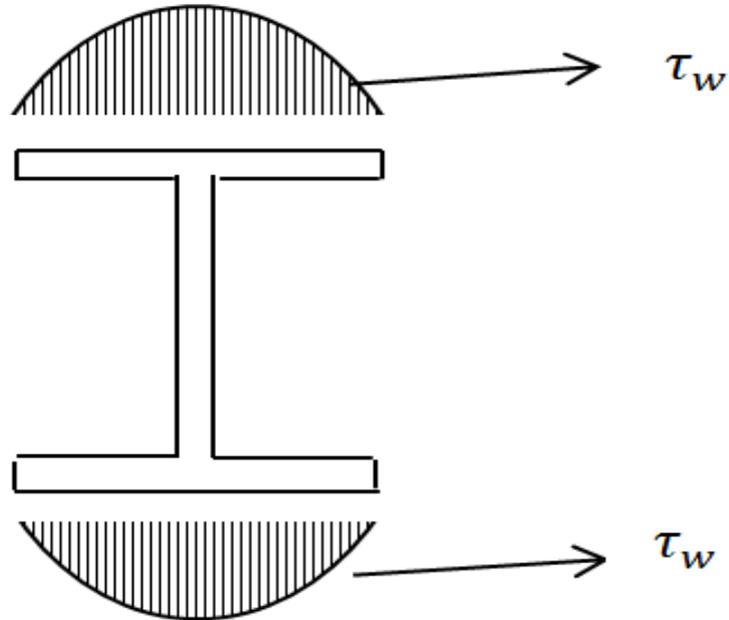
Gambar.5 Tegangan Saint Venant's Torsion  
Setiawan, Agus. 2008.

### Torsi Warping

Balok memikul torsi mengakibatkan bagian flens tekan akan melengkung ke salah satu sisi lateral, sedang flens tarik akan melengkung ke sisi lateral lainnya.

**Tegangan geser**

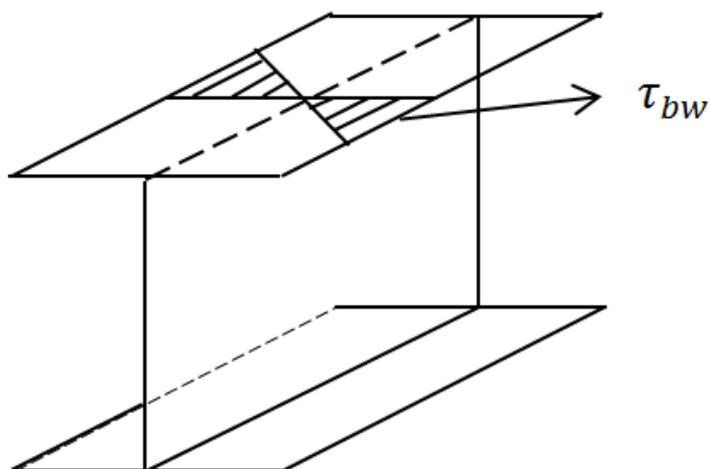
$$\tau_w = E \cdot \frac{b^2 \cdot h}{16} \cdot \frac{M_T \cdot \lambda^2}{2 \cdot G \cdot J} \cdot \left[ \frac{-\cosh \lambda z}{\cosh \lambda L / 2} \right]$$



Gambar. 6 Tegangan geser akibat warping  
Setiawan, Agus. 2008.

**Tegangan normal akibat torsi**

$$\sigma_{bw} = \frac{M_T \cdot \lambda \cdot b \cdot h \cdot E}{8 \cdot J \cdot G} \cdot \left[ -\frac{\sinh \lambda z}{\cosh \lambda L / 2} \right]$$



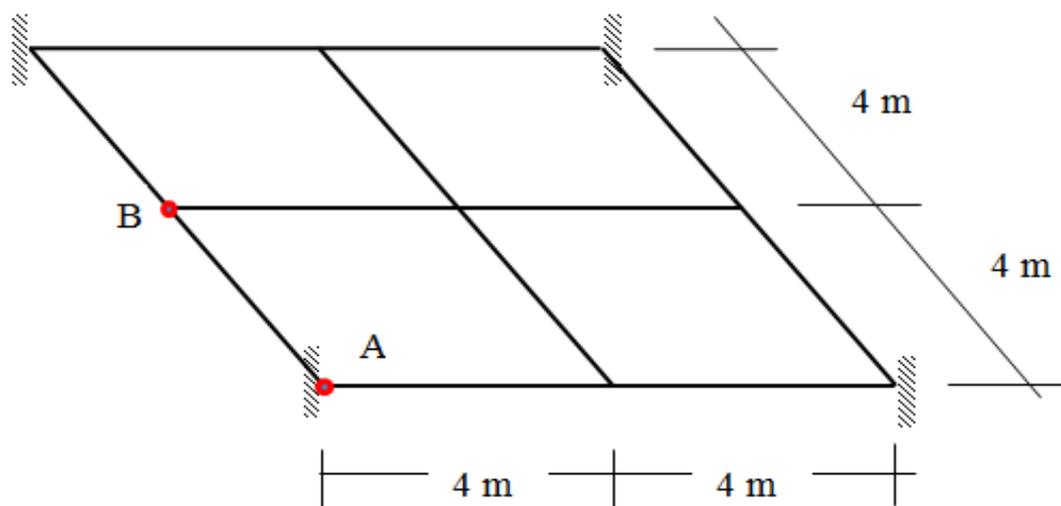
Gambar. 7 Tegangan normal akibat warping  
Setiawan, Agus. 2008.

Tabel 2 Kombinasi tegangan akibat lentur dan torsi

JENIS TEGANGAN	TUMPUAN (Z = 0)	LAPANGAN (Z = L/2)
Tegangan normal		
Lentur vertikal, $\sigma_b$	102,636 MPa	102,636 MPa
Lentur torsi, $\sigma_{bw}$	0	92,864 MPa
	102,636 MPa	195,5 MPa
Tegangan geser, Web		
Saint Venant, $\tau_s$	79,226 MPa	0
Lentur Vertikal, $\tau$	22,965 MPa	22,965 MPa
	102,191 MPa	22,965 MPa
Tegangan geser, Flens		
Saint Venant, $\tau_s$	123,241 MPa	0
Torsi Warping, $\tau_w$	2,692 MPa	2,956 MPa
Lentur vertikal, $\tau$	2,923 MPa	2,923 MPa
	128,829 MPa	5,879 MPa

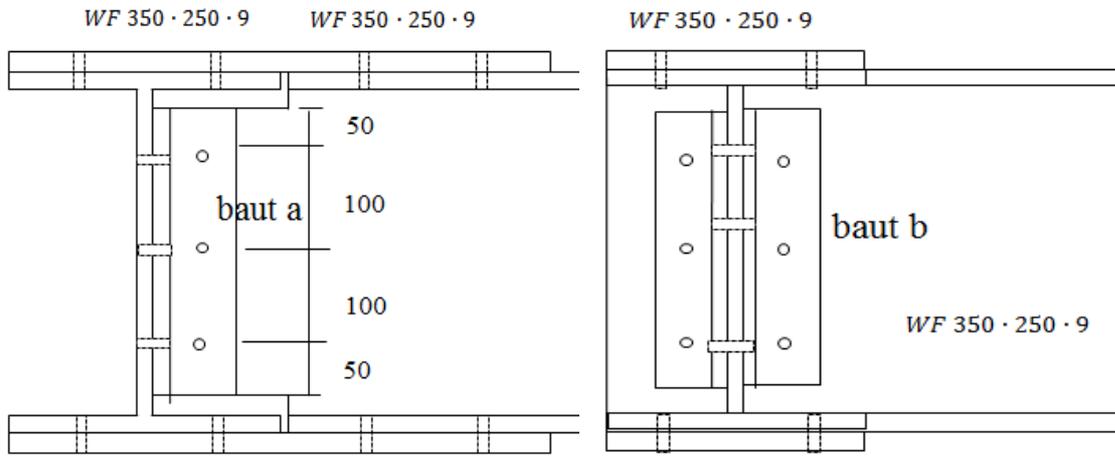
### Perencanaan Sambungan

Setelah kita menghitung tegangan yang terjadi, sambungan dapat dihitung. Kita akan meninjau sambungan titik A dan sambungan titik B, dimana titik yang mengalami tegangan akibat torsi yang paling besar.



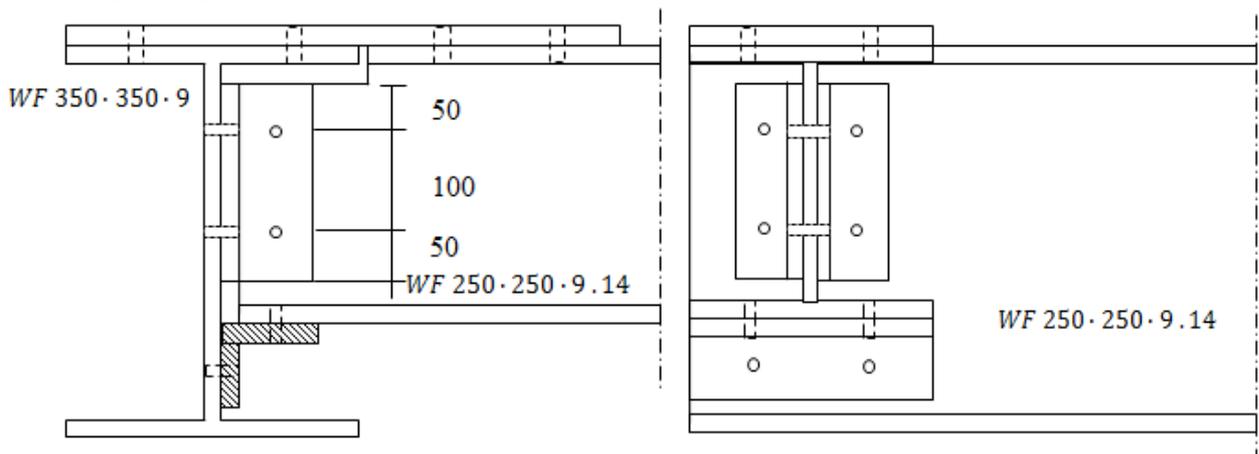
Gambar.8 Titik Sambungan yang Ditinjau

### Sambungan tipe A



Gambar.9 Tipe Sambungan A

### Sambungan Tipe B



Gambar.10 Tipe Sambungan B

Dalam perencanaan sambungan ini, direncanakan dengan kombinasi momen lentur, gaya lintang dan momen torsi. Dalam tugas akhir ini, perencanaan sambungan dibedakan menjadi dua, yaitu perencanaan sambungan tanpa pengaruh momen torsi dan perencanaan sambungan dengan pengaruh momen torsi. Besarnya pengaruh torsi pada sambungan bervariasi, tergantung seberapa besar momen torsi yang dialami profil tersebut.

Dalam perencanaan akan diperbandingkan antara sambungan tanpa momen torsi dengan sambungan dengan pengaruh momen torsi. Yang akan diperbandingkan adalah seberapa besar penambahan baut atau seberapa besar pembesaran diameter baut yang diperlukan agar sambungan tetap aman. Pada tabel akan kita lihat seberapa besar perbandingan akibat momen torsi tersebut:

Tabel 3 Perbandingan jumlah baut tanpa torsi dan dengan torsi.

Tipe Sambungan	Diameter baut	
	Tanpa Torsi	Dengan Torsi
<b>A</b>		
Sayap	4 bh d 20 mm	8 bh d 24 mm
Baut a	3 bh d 21 mm	3 bh d 21 mm
Baut b	3 bh d 21 mm	3 bh d 24 mm
<b>B</b>		
Sayap	6 bh d 20 mm	8 bh d 21 mm
Baut a	2 bh d 15 mm	2 bh d 15 mm
Baut b	2 bh d 15 mm	2 bh d 16 mm

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada Bab III, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sambungan yang mengalami momen torsi akan mengalami pertambahan tegangan normal  $\sigma_{bw}$  dan tegangan geser  $\tau_s$  dan  $\tau_w$ .
2. Tegangan yang ditimbulkan akibat momen torsi begitu besar khususnya pada sambungan A.
3. Tegangan yang bertambah akibat momen torsi mengakibatkan bertambahnya luas baut atau jumlah baut yang dibutuhkan.
4. Tegangan akibat torsi lebih besar terjadi pada bagian flens profil dibandingkan pada bagian web profil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung* (SK-SNI 03 - 1729 – 2002). Jakarta.
- Erwin R0mmel, Ir. MT. 2012. *Struktur Grid*. Jurusan Teknik Sipil Malang: Malang.
- Gunawan, Rudy. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Kanisus: Yogyakarta.
- Oentoeng, Ir.1999. *Konstruksi Baja*. Andi: Surabaya.
- Kassimali, Aslam.2012. *Matrix Analysis of Structures Second Edition*. Southern Illinois University : Carbondale.
- Psaribu, Ir. Patar M. 1992. *Konstruksi Baja (Penyelesaian Soal-Soal dan Penjelasannya)*. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Salmon, Charles G, dkk. 1992. *Struktur Baja*. Jakarta.
- Salmon, Charles G, dkk. 1995. *Struktur Baja Desai dan Perilaku*.Edisi kedua. Jilid 2. Erlangga : Jakarta.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Erlangga: Jakarta.
- Tarigan, Johannes. 2003. *Diktat Kuliah Analisa Struktur Lanjutz*. Departemen Teknik Sipil USU: Medan.
- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia* (PPBBI).Jakarta.