

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Peraturan Baja Canai Dingin

Standar untuk perancangan konstruksi baja ringan di Indonesia saat ini masih belum ada. Baja ringan merupakan baja canai dingin yang keras, diproses kembali sehingga menjadi baja yang lebih fleksibel, karena itu pada penelitian sambungan ini menggunakan perhitungan berdasar kepada SNI 7971 – 2013 Struktur Baja Canai Dingin yang diadopsi dari peraturan standar Australia AS 4600 – 2005.

3.2. Mutu Baja Ringan

Menurut SNI 7971 – 2013, komponen struktur atau baja yang digunakan harus memenuhi syarat – syarat baik mutu, tegangan leleh (f_y), maupun tegangan tarik (f_u). Nilai tegangan leleh minimum (f_y) dan tegangan leleh (f_u) yang digunakan dalam desain tidak boleh melebihi nilai yang telah diberikan dalam tabel kekuatan minimum baja pada SNI 7971 - 2013.

Tabel 3.1 Kekuatan Minimum Baja (SNI 7971 – 2013)

Standar yang Digunakan	Mutu	Tegangan Leleh (f_y)	Kekuatan Tarik (f_u)
AS1397	G250	250	320
	G300	300	340
	G350	350	420
	G450	450	480
	G500†	500	520
	G550‡	550	550

Catatan: * Berlaku untuk material gelas keras dengan ketebalan lebih besar atau sama dengan 1,5 mm.

† Berlaku untuk material gelas keras dengan ketebalan lebih besar 1,0 mm tetapi kurang dari 1,5 mm.

‡ Berlaku untuk material gelas keras dengan ketebalan lebih kecil atau sama dengan 1,0 mm.

3.3. Mutu Baut

Baut yang digunakan dalam penelitian sambungan baja ringan adalah baut mutu tinggi (*High tension bolt*) dengan jenis *grade 8.8*.

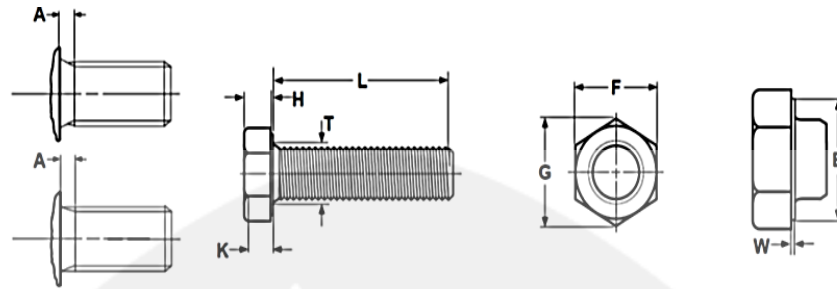
Tabel 3.2 Kekuatan Baut Berdasarkan Sifat Mekanik

Keterangan	A325	Grade 8.8	A490	Grade 10.9	F10T
Tegangan leleh (MPa) (minimum)	660	640 ⁽¹⁾ 660 ⁽²⁾	940	940	900
Tegangan tarik (MPa) (minimum)	830	800 ⁽¹⁾ 830 ⁽²⁾	1040 - 1210	1040	1000 - 1200
Tegangan <i>proof load</i> (MPa)	600	580 ⁽¹⁾ 600 ⁽²⁾	830	830	-

Catatan: (1) Diameter baut \leq M16

(2) Diameter baut $>$ M16

(Sumber : Tabel A.3 “Pedoman Pemasangan Baut Jembatan” (2015))



METRIC - HEX HEAD CAP SCREWS, FULL THREAD, PRODUCT GRADE A													ISO 4017
Nominal Size	Thread Pitch	A		W		T	E	H		F		G	K
		Thread Run-Out		Washer Face Thickness		Fillet Transition Diameter	Washer Face Diameter	Head Height		Width Across Flats		Width Across Corners	Wrenching Height
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Min	Min
M1.6	0.35	1.05	0.35	0.25	0.1	2	2.27	1.225	0.975	3.2	3.02	3.41	0.68
M2	0.4	1.2	0.4	0.25	0.1	2.6	3.07	1.525	1.275	4	3.82	4.32	0.89
M2.5	0.45	1.35	0.45	0.25	0.1	3.1	4.07	1.825	1.575	5	4.82	5.45	1.1
M3	0.5	1.5	0.5	0.4	0.15	3.6	4.57	2.125	1.875	5.5	5.32	6.01	1.31
M4	0.7	2.1	0.7	0.4	0.15	4.7	6.03	2.925	2.675	7	6.78	7.66	1.87
M5	0.8	2.4	0.8	0.5	0.15	5.7	6.88	3.65	3.35	8	7.78	8.79	2.35
M6	1	3	1	0.5	0.15	6.8	8.88	4.15	3.85	10	9.78	11.05	2.7
M8	1.25	4	1.25	0.6	0.15	9.2	11.63	5.45	5.15	13	12.73	14.38	3.61
M10	1.5	4.5	1.5	0.6	0.15	11.2	14.63	6.58	6.22	16*	15.73	17.77	4.35
M12	1.75	5.3	1.75	0.6	0.15	13.7	16.63	7.68	7.32	18*	17.73	20.03	5.12
M14	2	6	2	0.6	0.15	15.7	19.37	8.98	8.62	21*	20.67	23.36	6.03
M16	2	6	2	0.8	0.2	17.7	22.49	10.18	9.82	24	23.67	26.75	6.87
M20	2.5	7.5	2.5	0.8	0.2	22.4	28.19	12.715	12.285	30	29.67	33.53	8.6
M24	3	9	3	0.8	0.2	26.4	33.61	15.215	14.785	36	35.38	39.98	10.35
Tolerance on Length		2-3mm: ±0.2				4-6mm: ±0.24				8-10mm: ±0.29			
		12-16mm: ±0.35				20-30mm: ±0.42				35-50mm: ±0.5			
		55-80mm: ±0.6				90-120: ±0.7				130-150mm: ±0.8			

*DIN 933 spec for maximum width across flats on these three diameters are 17, 19 & 22 mm, respectively.

Gambar 3.1 Baut Jenis *Grade 8.8*
(Sumber: DIN 933/ISO 4017 dalam
<http://stsindustrial.com/class-8-8-technical-data>)

3.4. Desain Aksial Tarik

Dalam SNI 7971 – 2013 pasal 3.2 menyatakan bahwa sebuah komponen struktur yang menerima gaya aksial tarik desain (N^*) harus memenuhi :

$$N^* \leq \phi_t N_t \quad (3-1)$$

Keterangan:

ϕ_t adalah faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik

N_t adalah kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik yang ditentukan

Tabel 3.3 Faktor Reduksi Kapasitas (SNI 7971 – 2013)

Kapasitas Desain	Acuan pasal	Faktor Reduksi Kapasitas (ϕ)
Sambungan baut:	5.3	
Sobek	5.3.2	0,60 atau 0,70
tarik pada penampang neto:	5.3.3	
dengan ring—		
Sambungan geser ganda		0,65
Sambungan geser tunggal		0,55
tanpa ring	5.3.3(b)	0,65
Tumpu	5.3.4	0,55 atau 0,65
Baut—	5.3.5	
Baut dalam geser	5.3.5.1	0,8
Baut dalam Tarik	5.3.5.2	0,8
Keruntuhan:		
Keruntuhan geser	5.6.1	0,75
Keruntuhan geser blok (sambungan baut)	5.6.3	0,65

Kapasitas nominal penampang dari sebuah komponen struktur tarik harus diambil sebagai nilai terkecil dari:

$$N_t = A_g f_y ; \text{ dan} \quad (3-2)$$

$$N_t = 0,85 k_t A_n f_u \quad (3-3)$$

Keterangan:

A_g adalah luas bruto penampang

f_y adalah tegangan leleh yang digunakan dalam desain

k_t adalah faktor koreksi untuk distribusi gaya yang ditentukan untuk gaya terdistribusi merata $k_t = 1$ dan $k = 0,85$ untuk kanal dengan sambungan hanya pada kedua sayapnya

A_n adalah luas neto penampang, diperoleh dengan mengurangi luas bruto penampang dengan luas penampang penetrasi dan lubang, termasuk lubang pengencang

f_u adalah kekuatan tarik yang digunakan dalam desain

3.5. Sambungan Baut

Untuk sambungan baja canai dingin dengan alat sambung baut, disyaratkan ukuran diameter baut memenuhi ukuran maksimum lubang baut dalam SNI 7971-2013

Tabel 3.4 Ukuran Maksimum Lubang Baut (SNI 7971-2013)

Diameter baut nominal df (mm)	Diameter baut nominal db (mm)	Diameter baut nominal ukuran berlebih db (mm)	Dimensi lubang slotpendek (mm)	Dimensi lubang slotpanjang (mm)
< 12	$df + 1.0$	$df + 2.0$	($df + 1.0$) hingga ($df + 6.0$)	($df + 1.0$) hingga $2.5 df$
> 12	$df + 2.0$	$df + 3.0$	($df + 2.0$) hingga ($df + 6.0$)	($df + 2.0$) hingga $2.5 df$

3.6. Tipe Kegagalan pada Sambungan Baut

Beberapa tipe kegagalan sambungan baut yang terdapat dalam SNI 7971-2013 adalah sebagai berikut:

3.6.1. Kegagalan Sobek (Tear-out Failure)

Bagian yang terhubung harus memiliki jarak antara baut-baut dan jarak tepi dari sebuah baut sedemikian rupa sehingga gaya geser desain (V_f^*) bagian tersambung memenuhi

$$(V_f^*) \leq \phi V_f \quad (3-4)$$

Keterangan:

ϕ adalah faktor reduksi kapasitas sambungan baut yang menerima sobek
 $= 0,70$ untuk $\frac{f_u}{f_y} \geq 1,08$ (3-5a)

$= 0,60$ untuk $\frac{f_u}{f_y} < 1,08$ (3-5b)

V_f adalah kapasitas geser nominal bagian tersambung di sepanjang dua garis sejajar dalam arah gaya yang bekerja

$$= t e f_u \quad (3-6)$$

t adalah tebal bagian tersambung

e adalah jarak yang diukur dalam arah garis gaya dari pusat lubang standar ke tepi lubang terdekat atau ke bagian ujung bagian tersambung

3.6.2. Kegagalan Bearing atau Geser pada Pelat Tumpu

Bagian yang terhubung harus memiliki jarak antara baut-baut dan jarak tepi dari sebuah baut sedemikian rupa sehingga gaya geser desain (V_b) bagian tersambung memenuhi

$$V_b = \alpha C d_f t f_u \quad (3-7)$$

Keterangan:

$\phi = 0,6$

α adalah faktor modifikasi untuk sambungan tumpu

C adalah faktor tumpu

d_f adalah diameter baut nominal

t adalah tebal logam dasar atau material

f_{uf} adalah kekuatan tarik minimum satu baut

Tabel 3.5 Faktor Modifikasi (α) untuk Tipe Sambungan Tumpu

Tipe tumpu	α
Geser tunggal dan lembaran-lembaran luar dari sambungan geser ganda dengan ring di bawah kepala baut dan mur	1,00
Geser tunggal dan lembaran-lembaran luar dari sambungan geser ganda tanpa ring di bawah kepala baut dan mur, atau hanya dengan satu ring	0,75
Lembaran tengan pada sambungan geser ganda dengan atau tanpa ring	1,33

Tabel 3.6 Faktor Tumpu (C)

Tebal bagian tersambung, t mm	Rasio diameter pengencang dan tebal komponen struktur, d/t	C
$0,42 \leq t \leq 4,76$	$d_f/t < 10$	3,0
	$10 \leq d_f/t \leq 22$	$4 - 0,1(d_f/t)$
	$d_f/t > 22$	1,8

3.6.3. Kegagalan Geser Baut

Gaya geser desain V_{fv}^* pada sebuah baut harus memenuhi –

$$V_{fv}^* \leq \phi V_{fv} \quad (3-8)$$

Keterangan:

$$\phi = 0,8$$

$$V_{fv} \text{ adalah kapasitas geser nominal baut dalam menerima geser} \\ = 0,62 f_{uf} (n_n A_c + n_x A_o) \quad (3-9)$$

f_{uf} adalah kekuatan tarik minimum satu baut

= 400 MPa (untuk AS 4291.1 (ISO 898-1), baut Mutu 4.6)

= 830 MPa (untuk AS 4291.1 (ISO 898-1), baut Mutu 8.8)

n_n adalah jumlah bidang geser dengan ulir pada bidang geser

A_c adalah luas diameter minor satu baut seperti ditentukan dalam AS1275

n_x adalah jumlah bidang geser tanpa ulir pada bidang geser

A_o adalah luas penampang baut tanpa ulir

3.6.4. Kegagalan Tarik Baut

Gaya tarik desain N_{ft}^* pada sebuah baut harus memenuhi:

$$N_{ft}^* \leq \phi N_{ft} \quad (3-10)$$

Keterangan:

$$\phi = 0,8$$

N_{ft} adalah kapasitas tarik nominal baut

$$= A_s f_{uf} \quad (3-11)$$

A_s adalah luas tegangan tarik satu baut seperti ditentukan dalam AS 1275

f_{uf} adalah kekuatan tarik minimum satu baut

= 400 MPa (untuk AS 4291.1 (ISO 898-1), baut Mutu 4.6)

= 830 MPa (untuk AS 4291.1 (ISO 898-1), baut Mutu 8.8)

Kapasitas sobek dari lembaran tersambung di daerah kepala baut, mur atau ring harus diperhitungkan jika baut mengalami tarik.

3.7. Jarak Baut Terhadap Kekuatan Sambungan

Penelitian pernah dilakukan oleh Hendry (2017) yaitu menggunakan variasi jarak antar baut terhadap terjadinya *curling* pada sambungan pelat. Pada penelitian yang dilakukan, variasi jarak antar baut yang digunakan adalah 65mm, 60mm, 50mm, 45mm, dan 35mm. Analisis yang dilakukan adalah analisis teoritik dan analisis ekperimental yang kemudian hasilnya dibandingkan. Hasil yang didapat setelah dilakukan pengujian eksperimental adalah jarak antar baut 65mm lebih optimal dibanding dengan sampel uji yang lain, dimana kekuatan kuat tarik mencapai 258 kN. Kesimpulan yang dapat diambil setelah pengujian dilakukan adalah seiring mengecilnya jarak pemasangan antar baut maka kekuatan kuat tarik pada sambungan akan menjadi turun dan fenomena untuk terjadinya *curling* menjadi besar.