

STUDI KEKUATAN SAMBUNGAN BATANG TARIK PELAT BAJA DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT

Mery Silviana

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Almuslim

Email: Merysilviana85@gmail.com

Abstract

Steel as one of construction materials has several advantages compared to other construction materials. One of the advantages is it can withstand large tensile loads compared to wood and concrete. This research was conducted to find out the strength of the connection of two-faced steel plate tension member with bolts connection through experiment and compare it with theoretical calculations by using Allowable Stress Design (ASD) method. The focused structure is a two-faced connection tension member that is connected using bolts. Steel plated that used in this research are 8 mm and 10 mm thickness with bolt sizes $\varnothing \frac{1}{4}$ ", $\varnothing \frac{3}{8}$ " and $\varnothing \frac{1}{2}$ ", each connection using three bolts as connector. The testing of the tension member connections in the laboratory is carried out by gradually loading the tensile load until the tensile member reaches the ultimate load. The results of experimental and theoretical research found that theoretical calculation of tensile strength smaller than tensile strength done experimentally.

Keywords: Tension member, steel plate, bolt connection

1. Pendahuluan

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.

Mutu baja yang dipergunakan pada penelitian diperoleh melalui pengujian benda uji tarik standar baja pelat dan baut. Benda uji tarik standar pelat dibuat dengan memotong sebagian pelat baja yang akan dibuat benda uji batang tariknya, sedangkan benda uji kuat tarik standar baut yang dipakai adalah baut yang berasal dari produksi yang sama dengan baut yang akan digunakan untuk benda uji batang tarik. Bentuk dan ukuran benda uji standar sesuai dengan American Society for Testing of Material Standard (ASTM) Part 10, E-8 Tahun 1981.

Pemeriksaan kuat tarik bahan baja dilakukan dengan memberikan beban tarik pada benda uji hingga putus. Pengujian kuat tarik sambungan batang tarik pelat baja dilakukan dengan memberikan beban tarik pada benda uji secara

aksial sampai sambungan benda uji terlepas. Pada benda uji sambungan batang tarik pelat baja dipasang displacement transducer pada baut dan pelat untuk mengetahui geser baut dan regangan pelat pada saat beban ultimit.

Hasil penelitian uji tarik sambungan pelat baja bertampang dua menunjukkan bahwa sambungan batang tarik menggunakan ketebalan pelat yang berbeda tetapi menggunakan ukuran alat sambung yang sama menghasilkan kekuatan tarik yang hampir sama. Hal ini timbul karena kekuatan tarik alat sambung dengan kekuatan tarik pelat tidak sebanding, oleh karena itu kegagalan sambungan terjadi akibat kehancuran alat sambung. Benda uji sambungan penelitian yang menggunakan tebal pelat 8 mm dengan baut $\varnothing \frac{1}{4}$ " menghasilkan kekuatan tarik 3500 kg, pelat tebal 10 mm dengan diameter baut yang sama menghasilkan beban ultimit 3300 kg, pelat tebal 8 mm menggunakan baut $\varnothing \frac{3}{8}$ " beban tarik ultimit yang dihasilkan adalah 10400 kg, sedangkan pelat tebal 10 mm menghasilkan 10000 kg. Selanjutnya pelat tebal 8 mm disambung menggunakan baut $\varnothing \frac{1}{2}$ " menghasilkan kuat tarik 15800 kg, sedangkan batang tarik yang menggunakan pelat tebal 10 mm menghasilkan kekuatan tarik 15700 kg.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kuat Tarik Standar Baja

ASTM Part 10, E-8 (Anonim, 1981) menyatakan bahwa pengujian kuat tarik dapat memberikan informasi tentang kekuatan dan

kekenyalan material di bawah tegangan tarik aksial. Hasil pengujian dari kuat tarik dapat dilihat dalam kurva tegangan regangan. Menurut Schodek (1999), gaya tarik mempunyai kecenderungan untuk menarik elemen hingga putus. Tegangan tarik yang terjadi, terdistribusi merata pada penampang elemen sehingga dapat diidentifikasi dalam persamaan

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

σ = Tegangan yang timbul (kg/cm^2)
 P = Beban aksial (maksimum) yang bekerja (kg)
 A = Luas Penampang (cm^2)

Selanjutnya regangan didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) antara perubahan panjang satuan elemen terhadap panjang semula sesuai dengan persamaan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

σ = Regangan yang timbul (kg/cm^2)
 ΔL = Perubahan bentuk/panjang (cm)
 L = Panjang mula-mula (cm)

Hubungan umum antara tegangan dan regangan untuk material elastis dikenal dengan Hukum Hooke. Hukum Hooke ini menyatakan bahwa benda elastis, dimana perbandingan antara tegangan yang ada pada elemen terhadap regangan yang dihasilkan adalah konstan untuk suatu material. Besar konstanta ini merupakan salah satu sifat material yang disebut dengan modulus elastisitas (E), dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

E = modulus elastisitas (kg/cm^2)
 σ = Tegangan (kg/cm^2)
 ε = Regangan (cm/cm)

Nilai-nilai tersebut mencerminkan dari kekuatan bahan baja sebenarnya

Bentuk dan ukuran kuat tarik standar pelat baja dan baut didasarkan pada ASTM Part 10, E-8 (Anonim, 1981).

2.2 Kekuatan Sambungan Batang Tarik Pelat Baja

Perencanaan kekuatan sambungan batang tarik pelat baja dengan metode ASD merujuk pada PPBBI 1983.

2.2.1 Kuat tarik pelat pada penampang netto kritis

Kekuatan batang tarik dipengaruhi oleh luas netto penampang sambungan Salmon dan Johnson (1997) menyatakan, bila batang tarik disambung dengan baut, lubang-lubang harus disediakan pada sambungan. Akibatnya luas penampang lintang batang di sambungan mengecil dan beban tarik yang diizinkan pada batang juga bias berkurang sesuai dengan ukuran dan letak lubang.

Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI). 1983, menyatakan bahwa, ukuran maksimum dari diameter lubang baut sama dengan diameter baut ditambah 1 mm atau 1/16". Untuk baut mutu tinggi, diameter baut ditambah 2 mm.

Luas netto penampang sambungan dan perletakan baut dapat mempengaruhi garis keruntuhan yang akan terjadi akibat beban tarik. Salmon dan Johnson (1997) menyatakan bila pada suatu batang terdapat lebih dari satu lubang dan lubang-lubang tersebut tidak terletak pada satu garis yang tegak lurus arah pembebanan (berseling), maka banyaknya garis keruntuhan yang potensial akan lebih dari satu. Garis keruntuhan yang menentukan adalah garis netto terkecil.

2.2.2 Kekutan geser alat sambung

Sambungan antara elemen tarik sangat penting untuk menghindari keruntuhan, Spiegel dan Limbrunner (1991) menyatakan, sambungan berfungsi terutama untuk meneruskan beban dari suatu elemen ke elemen bertemu. Jenis paling umum dari sambungan baja struktural yang digunakan saat ini adalah sambungan yang menggunakan baut dan las.

Kekuatan pikul beban sebuah baut yang mengalami geser sama dengan hasil kali antara luas penampang melintang baut, tegangan geser izin dan jumlah bidang geser.

$$\bar{P}_{\text{geser}} = n A_{\text{baut}} \bar{\tau} \quad (4)$$

\bar{P}_{geser} = kekuatan geser izin untuk satu baut (kg)
 A_{baut} = luas penampang melintang satu baut (cm^2)
 $\bar{\tau}$ = tegangan geser izin baut (kg/cm^2)
 n = jumlah bidang geser

2.2.3 Kekuatan tumpu pelat

Salmon dan Johnson (1997) menyatakan, disamping kekuatan tarik pelat pada penampang netto kritis dan kekuatan geser alat sambung harus memadai, kekuatan tumpu pelat juga harus memadai untuk mencegah kehancuran.

Untuk mencegah terkoyaknya ujung pelat akibat desakan baut, PPBBI (1983) mengatur jarak antara sumbu baut ke ujung pelat sesuai dengan tegangan tumpu yang diizinkan.

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,5\bar{\sigma} \text{ untuk } s_1 \geq 2d$$

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,2\bar{\sigma} \text{ untuk } 1,5d \leq s_1 < 2d$$

S_1 = jarak dari sumbu baut ke ujung pelat (cm)

d = diameter baut (cm)

$\bar{\sigma}$ = tegangan dasar pelat (kg/cm^2)

Pada bidang kontak antara baut dan pelat terjadi tegangan yang disebut kekuatan tumpu

$$\bar{P}_{tumpu} = d s \bar{\sigma}_{tu} = d s 1,5 \bar{\sigma}$$

\bar{P}_{tumpu} = kekuatan tumpu pelat (kg)

d = diameter lubang pada pelat (m)

s = terkecil antara pelat yang disambung dengan pelat penyambung (cm)

$\bar{\sigma}_{tu}$ = Tegangan tumpu izin (kg/cm^2)

Dari besarnya kekuatan geser alat sambung, kekuatan tumpu pelat, dapat ditentukan besarnya beban yang dapat dipikul oleh batang tarik yaitu dengan mengalikan beban minimum antara kekuatan tumpu pelat dan kekuatan geser dengan jumlah baut yang digunakan sebagai alat sambung.

$$P = n \bar{P}_{\min}$$

P = Beban yang dapat ditahan batang tarik (kg)

n = Jumlah baut

\bar{P}_{\min} = Beban minimum antara kekuatan geser baut dan kekuatan tumpu pelat (kg)

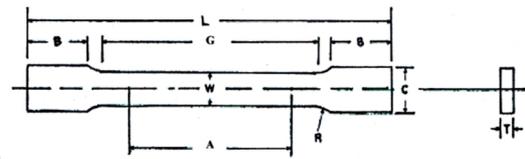
3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui pengujian kekuatan pelat baja bertampang dua yang disambung dengan alat sambung baut dengan menggunakan mesin pembebanan tarik (*Universal Testing Machine*). Beban yang dapat ditahan batang tarik pelat baja secara eksperimen akan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis sesuai dengan peraturan pembebanan.

3.1 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat terdiri atas empat macam yaitu benda uji tarik standar pelat, benda uji tarik standar baut, benda uji sambungan *pull out* dan benda uji sambungan penelitian.

Benda uji tarik standar pelat dibuat berjumlah enam benda uji yaitu tiga benda uji untuk pelat 8 mm dan tiga benda uji untuk pelat 10 mm. Bentuk dan ukuran benda uji sesuai dengan ASTM Part 10, E-8 (Anonim, 1981).



G (panjang ukur awal) = 60 mm

W (Lebar batang uji) = 12,5 mm

T (Tebal profil) = Tebal masing-masing profil (mm)

R (Jari-jari) = 13 mm

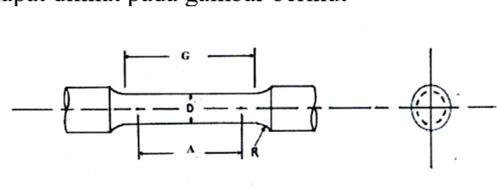
L (Panjang benda uji) = 200 mm

A (Panjang reduksi) = 50 mm

B (Panjang bagian grip) = 50 mm

C (Lebar bagian grip) = 20 mm

Benda uji tarik standar baut juga dibuat berjumlah enam benda uji masing-masing 3 benda uji untuk baut $\varnothing 3/8''$ dan $\varnothing 1/2''$, baut dengan $\varnothing 1/4''$ tidak dibuat benda uji nya karena panjang baut yang tersedia di pasaran tidak memadai persyaratan pembuatan benda uji. Bentuk dan ukuran benda uji dapat dilihat pada gambar berikut



G (panjang ukur awal) = 96 mm

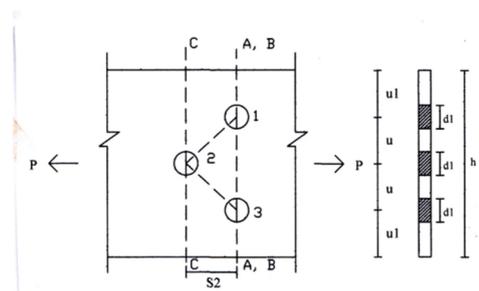
D (Diameter) = diameter masing-masing baut (mm)

R (Jari-jari) = 10 mm

A (Panjang reduksi) = 62,5 mm

Pembuatan benda uji *pull out* yang dibuat berjumlah total 6 buah benda uji dimana pelat 8 dan 10 mm disambung dengan pelat berukuran yang sama kemudian dibaut dengan masing-masing ukuran baut $\varnothing 3/8''$, $\varnothing 1/2$, dan $\varnothing 1/4''$ yang berjumlah satu baut (tiap sambungan berjumlah satu benda uji).

Sedangkan untuk benda uji penelitian berjumlah total 9 benda uji dengan jumlah masing-masing untuk tiap sambungan berjumlah 3 benda uji dan menggunakan tiga buah baut. Pemasangan baut dibuat berseling, perletakkan baut sesuai dengan ketentuan PPBBI (Anonim, 1983)



3.2 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji sambungan batang tarik terdiri dari pengujian benda uji sambungan *pull out* dan pengujian benda uji penelitian. Prinsip kedua pengujian sama yaitu dengan memberikan beban tarik secara perlahan-lahan dengan menggunakan mesin pembebanan tarik hingga benda uji putus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kuat Tarik Benda Uji Sambungan Pull Out

Beban ultimit dari pengujian benda uji sambungan *pull out*, sebagai berikut.

No	Sambungan Pull Out			Beban Ultimit
	Tebal Pelat	Ø Baut	Jumlah Baut	
1	8	¼"	1	1300
2	8	3/8"	1	3600
3	8	½"	1	5500
4	10	¼"	1	1000
5	10	3/8"	1	3400
6	10	½"	1	5400

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa beban tarik sambungan batang tarik tampang dua yang menggunakan pelat 8 mm tidak terlalu berbeda jauh dengan sambungan yang menggunakan pelat dengan tebal 10 mm meskipun menggunakan ukuran baut yang sama. Hal ini terjadi karena keruntuhan terdapat pada baut bukan pada pelat. Dari tabel di atas juga didapat bahwa sambungan yang menggunakan pelat 8 mm lebih kuat dalam menerima beban ultimit tarik daripada sambungan yang menggunakan pelat tebal 10 mm. Hal ini dikarenakan tidak proporsionalnya ukuran baut dan ukuran pelat sehingga ukuran pelat yang lebih tebal lebih cepat membuat baut mengalami keruntuhan.

4.2 Pengujian Kuat Tarik Benda Uji Sambungan Penelitian

Beban ultimit dari pengujian benda uji sambungan penelitian sebagai berikut.

No	Sambungan Penelitian			Beban Ultimit
	Tebal Pelat	Ø Baut	Jumlah Baut	
1	8	¼"	3	3500
2	8	3/8"	3	10400
3	8	½"	3	15800

4	10	¼"	3	3300
5	10	3/8"	3	10000
6	10	½"	3	15700

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa kekuatan tarik benda uji sambungan penelitian yang menggunakan pelat tebal 8 mm juga lebih besar daripada sambungan yang menggunakan pelat 10 mm, dikarenakan pelat yang lebih tebal lebih cepat memutuskan baut. Hal ini terjadi karena ukuran baut dan pelat yang tidak sebanding sehingga keruntuhan sambungan terjadi pada baut.

4.3 Perbandingan Kekuatan tarik Benda Uji Sambungan Pull Out dan Sambungan Penelitian

Kekuatan tarik yang dihasilkan dari penelitian batang tarik benda uji sambungan penelitian hampir tiga kali kekuatan tarik benda uji sambungan *pull out*. Hal ini disebabkan karena sambungan sangat bergantung pada kekuatan baut. Rasio hubungan kekuatan tarik benda uji sambungan *pull out* dengan kekuatan tarik benda uji penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

No	Benda Uji		Beban Tarik Pull Out	Beban Tarik Samb. Penelitian	Rasio
	Pelat mm	Ø Baut			
1	8	¼"	1300	3500	2,692
2	8	3/8"	3600	10400	2,889
3	8	½"	5500	15800	2,873
4	10	¼"	1000	3300	3,3
5	10	3/8"	3400	10000	2,941
6	10	½"	5400	15700	2,907

4.4 Perhitungan Kekuatan Benda Uji Sambungan Pull Out dan benda uji sambungan penelitian secara teoritis dengan metode ASD

Kekuatan benda uji sambungan *pull out* dan benda uji sambungan penelitian dengan metode ASD dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Benda Uji		Beban Tarik Pull Out	Beban Tarik Samb. Penelitian
	Pelat Mm	Ø Baut		
1	8	¼"	479,426	1438,278
2	8	3/8"	1394,776	4184,328
3	8	½"	2086,628	6259,884
4	10	¼"	479,426	1438,278
5	10	3/8"	1394,776	4184,328

6	10	½"	2086,628	6259,884
---	----	----	----------	----------

Kekuatan sambungan adalah kekuatan tarik minimum bagian-bagian dalam sambungan. Dalam perhitungan secara teoritis, didapat bahwa kekuatan geser baut adalah kekuatan tarik minimum yang dihasilkan sambungan, sehingga kuat tarik ini yang menentukan kekuatan sambungan batang tarik.

Pada perhitungan kekuatan sambungan batang tarik benda uji penelitian, hasilnya adalah tiga kali kekuatan benda uji sambungan *pull out*. Ini terjadi karena sambungan disambung dengan tiga buah baut sedangkan *pull out* dengan satu buah baut.

4.6 Perbandingan Kekuatan Tarik Sambungan Secara Eksperimen dan Teoritis

Perhitungan kekuatan tarik sambungan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara eksperimental dan teoritis. Cara eksperimental dilakukan dengan pengujian tarik sambungan di laboratorium, sedangkan perhitungan teoritis berdasarkan metode ASD. Perbandingan kekuatan secara eksperimen dan teoritis dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

	Benda Uji		Beban Tarik Eksperimen	Beban Tarik Teoritis	Rasio
	Pelat mm	Ø Baut			
1	8	¼"	3500	1438,278	2,433
2	8	3/8"	10400	4184,328	2,485
3	8	½"	15800	6259,884	2,524
4	10	¼"	3300	1438,278	2,294
5	10	3/8"	10000	4184,328	2,389
6	10	½"	15700	6259,884	2,508

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa beban tarik yang dihitung secara teoritis lebih kecil dari beban tarik yang didapat secara eksperimen. Perbandingannya berkisar 2,5 kali. Hal ini dikarenakan perhitungan secara teoritis menggunakan metode ASD dimana tegangan yang digunakan adalah tegangan izin. Sedangkan secara eksperimen sambungan batang tarik runtuh berdasarkan faktor beban.

5. KESIMPULAN

Secara eksperimen didapat bahwa sambungan yang menggunakan pelat tebal 8 mm sedikit lebih kuat dibandingkan dengan pelat 10 mm. Ini dikarenakan keruntuhan yang terjadi pada baut bukan pada pelat dan juga ukuran pelat dan baut yang digunakan tidak imbang sehingga pelat yang

lebih tebal dapat memutuskan baut lebih cepat dibandingkan pelat yang lebih tipis.

Kemudian, berdasarkan hasil eksperimen dan perhitungan secara teoritis didapat bahwa kekuatan batang tarik secara teoritis lebih kecil daripada hasil secara eksperimen. Ini dikarenakan secara teoritis menggunakan metode ASD dimana dalam perhitungan digunakan tegangan izin, sedangkan secara eksperimen faktor beban yang sangat mempengaruhi kekuatan batang tarik. Jadi dapat disimpulkan bahwa perhitungan perencanaan batang tarik dengan metode ASD mengakibatkan tidak efisiennya pemakaian ukuran pelat dan baut

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 1980, *American Institute of Steel Construction (AISC)*, Eight Edition, 400 North Michigan Avenue Chicago, Illinois
- [2] Anonim, 1981, *Annual Book of ASTM Standard*, Part 10, E-8, Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials, 1916 Race St., Philadelphia
- [3] Anonim, 1983, *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- [4] Burhan, H., 1976, *Konstruksi Baja I*, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [5] Buustraan, 1980, *Daftar-Daftar untuk Konstruksi Baja*. Cetakan kedelapan, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [6] Gere dan Timoschenko, 1996, *Mekanika Bahan Jilid I*, Edisi kedua versi SI, Terjemahan Hans. J. Wospakrik, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [7] Gunawan, R., 2000 *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Edisi Revisi, Cet. 14, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- [8] Gunawan T dan Margaret S, 2002, *Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja I*, Seri B Jilid I, Cetakan kedua, Penerbit Delta Teknik Group, Jakarta
- [9] Marcus, S.H., 1981, *Basic of Structural Steel Design*, Reston Publishing Company, Virginia

- [10] Salmon, C.G., dan John E. Johnson, 1997, *Struktur Baja Jilid I*, Desain dan Perilaku, Terjemahan Mc. Prihminto Widodo, Edisi kedua, Cet. IV Penerbit Erlangga, Jakarta
- [11] Schodek, D.L., 1999 *Struktur*, Terjemahan Bambang Suryoatmono, Edisi kedua, Cet. I, Penerbit Erlangga Jakarta
- [12] Spiegel L., dan George F. Limbrunner, 1991, *Desain Baja Struktural Terapan*, Terjemahan Bambang Suryoatmono, Penerbit PT. Eresco, Bandung.