

STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI *PRETENSION* SAMBUNGAN BAUT BAJA TIPE *SLIP CRITICAL*

Ardison Gutama¹⁾, Alex Kurniawandy²⁾, Warman Fatra³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, ^{1,2)} Teknik Sipil, ³⁾ Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail: ardison_g@yahoo.com/alexkurniawandy@gmail.com/warman_fatra@unri.ac

ABSTRACT

On the bridge connection type found using high strength bolts with the type of slip-critical connections. In the installation of high quality bolt connection types is conducted pretension with using torque wrench or using manual tool by turn of nut. This study aims to determine tensile strength and failure behavior of the critical slip-type connection by varying the value of pretension on single bolt locking connection with different methods. Pretension variation used 90 Tb, 100 Tb and 110 Tb for torque wrench and 2/3, 3/6 and 4/6 rounds for manual tools of pretension respectively. Tensile test performed on each variation and variation locking method. The results showed the tensile strength values at the both locking methods are same and the failure behavior result are the bolt fail in shear and plate changes into an oval shape.

Keywords: Pretension, Connection slip critical, high tensile bolt, tensile strength of connection.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan material struktur seperti baja sering diaplikasikan pada struktur bangunan khususnya rangka jembatan. Baja adalah paduan logam antar besi (Fe) dan karbon (C). Pada konstruksi bangunan atau jembatan yang menggunakan material baja terdapat beberapa elemen - elemen seperti kolom, balok dan pelat lantai. Untuk menyatukan elemen – elemen tersebut maka digunakan sambungan.

Sambungan berfungsi untuk memindahkan gaya – gaya yang berkerja pada elemen tersebut ke sambungan. Salah satu jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan baut. Sambungan baut dapat diaplikasikan pada struktur jembatan. Struktur jembatan dapat mengalami kegagalan seperti *fatigue* ataupun akibat cacat material pada sambungan. Jenis kegagalan yang sangat beresiko pada struktur adalah kegagalan akibat *fatigue*. *Fatigue* adalah fenomena keruntuhan logam yang terjadi akibat adanya beban dinamis yang terjadi berulang – ulang dalam kurun waktu yang lama. Untuk menghindari kegagalan *fatigue* tersebut salah satu yang dapat

dilakukan adalah menggunakan baut mutu tinggi dengan tipe sambungan *slip critical* dengan diberi *pretension* (pratarik).

Jenis gaya yang dominan bekerja pada sambungan baut mutu tinggi pada sambungan konstruksi jembatan adalah berupa gaya geser. Pada sambungan geser akan terjadi mekanisme tipe friksi atau slip kritis (*slip critical*). Menurut SNI 1729 – 2002, sambungan friksi atau *slip critical* adalah sambungan yang menggunakan baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan tarikan baut minimum yang disyaratkan sedemikian rupa sehingga gaya – gaya geser rencana disalurkan melalui jepitan yang bekerja dalam bidang kontak dan gesekan yang ditimbulkan antara bidang – bidang. Dalam pemasangannya, sambungan baut mutu tinggi dengan menggunakan slip kritis ini akan diberi *pretension* yang disyaratkan sebesar 70 % dari kekuatan tarik minimum baut. Nilai *pretension* dapat dilihat pada Tabel 1 mengacu SNI 1729-2002 dan Tabel 2 untuk peguncian dengan menggunakan kunci torsi yang mengacu *Standard Specification for*

Road and Bridge Construction. 2007, sebagai berikut:

Tabel 1. Pratarik baut minimum, kN

Ukuran baut, mm.	Group A (baut A325)	Group B (baut A490)
16	91	114
20	142	179
24	205	257
30	326	408
36	475	595

* Sama dengan 0,70 dikalikan kekuatann tarik minimum baut, dibuktikan kip
Seperti disyaratkan dalam spesifikasi baut ASTM A325 dan A490 dengan ulir
UNC

Tabel 2. Torsi maksimum baut yang dianjurkan

Bolt Size (inch)	Torsi maksimum , ft- Lbs
1/2	150
5/8	290
3/4	500
7/8	820
1	1230
1 1/8	1500
1 1/4	2140
1 3/8	2810
1 1/2	3690

Pada pemasangan sambungan baut mutu tinggi yang diberi *pretension* dapat menggunakan tangan/manual (*turn of nut*) yang dilakukan dengan persyaratan gaya tarik baut tercapai dan pratarik yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Syarat pratarik dengan pengencangan tangan

Panjang baut (bagian bawah kepala baut sampai ujung baut)	Posisi permukaan luar yang bagian yang dibuat		
	Semua Permukaan tegak lurus terhadap sumbu baut	Satu permukaan tegak lurus terhadap sumbu baut dan yang lainnya miring	Semua permukaan miring
$\leq 4d$	1/3 putaran	1/2 putaran	2/3 putaran
$4d < 1 \leq 8d$	1/2 putaran	2/3 putaran	5/6 putaran
$8d < 1 \leq 12d$	2/3 putaran	5/6 putaran	1 putaran

Didalam dunia konstruksi, baut mutu tinggi banyak beragam jenis, tipe dan fungsinya. Salah satu baut mutu tinggi digunakan adalah baut A325 ataupun A490 menurut ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian perilaku dan hasil kuat tarik sambungan tipe *slip critical* (tipe friksi) yang diberi *pretension* (pratarik). Sambungan dalam penelitian ini menggunakan baut dengan spesifikasi A325 dengan jenis atau tipe 1 dan mur dengan grade DH yang mengacu *Specification for Structural Joints Using ASTM A325* dan pelat baja yang mengacu pada *Standard Specification For Structural Steel ASTM A36*.

Penelitian ini melakukan perencanaan desain sambungan rencana berupa tata letak baut, perencanaan tahanan pelat, perencanaan tahanan baut dan gambar desain rencana sambungan baut. Kemudian penelitian ini memvariasikan nilai *pretension* pada penguncian baut yang menggunakan kunci torsi (*torque wrench*) maupun yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) dengan nilai *pretension* 90 Tb, 100 Tb, 110 Tb, 2/6 Putaran, 3/6 Putaran, dan 4/6 Putaran. Dan pelat yang digunakan berdimesi 10 mm, ukuran 200 mm x 800 mm. Perincian pelaksanaan sambungan baut baja untuk setiap *pretension* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Perincian *pretension* sambungan baut baja

Kondisi Pretension	Kunci Torsi (Ada Indikator)		Kunci Manual	
	% Pretension (% x TB)	Indikator (N.m)	Sudut Putar	Indikator (Derajat)
Kurang	90% TB	360	2/6 Putaran	120
Sama	100 % TB	400	3/6= (1/3) Putaran	180
Lebih	110 % TB	440	4/6 Putaran	240

Setelah didapat nilai *pretension* kemudian sampel akan dilakukan pengujian tarik menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dapat dibahas meliputi Hasil perencanaan tata letak baut, hasil perencanaan tahanan pelat, dan hasil perencanaan tahanan baut yang mengacu SNI 1729-2002 dan SNI 1729-2012. Kemudian dilanjutkan gambar desain perencanaan sambungan baut baja, grafik perbandingan hasil pengujian pengujian kuat tarik sambungan baut baja yang menggunakan kunci torsi, kunci manual maupun perbandingan kunci torsi dengan kunci manual

3.1 Hasil Perencanaan Tata Letak Baut

Hasil perhitungan perencanaan tata letak baut dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Hasil Perencanaan Tata Letak Baut

No	Lokasi Asumsi	Jarak Asumsi (mm)	Syarat	Kontrol	Status
1	Tampak melintang	40	$S_2 < 12.t_p$	$40 < 120$	ok
2	Tampak memanjang	60	$1.5d_b < S_1 < 4.t_p + 100$	$27 < 60 < 140$	ok
Keterangan : - d_b = diameter baut yang digunakan , mm - t_p = tebal pelat yang digunakan, mm					

3.2 Hasil Perencanaan Tahanan Pelat

Hasil perhitungan perencanaan tahanan pelat dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Hasil Perencanaan Tahanan Pelat

No	Jenis kondisi tahanan	Rumus	Hasil Hitungan (ton)
1	Kondisi tahanan leleh	$T_n = \Phi.F_y.A_g$	13,5
2	Kondisi tahanan fraktur	$T_n = \Phi.F_u.A_n$	12,6

3.3 Hasil Perencanaan Tahanan Baut

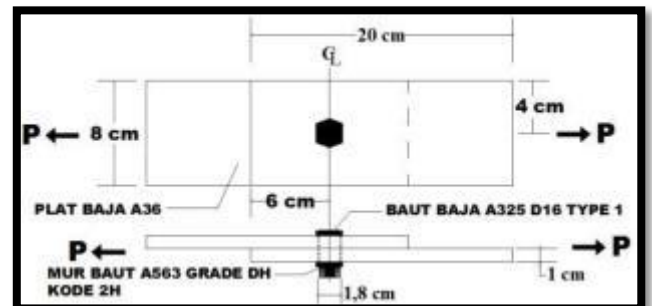
Hasil perhitungan perencanaan tahanan baut dapat pada Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Hasil Perencanaan Tahanan Baut

No	Jenis kondisi tahanan	Rumus	Hasil Hitungan (ton)
1	Kondisi tahanan geser baut	$R_n = \Phi.m.r.l.F_{ub}.A_b$	4,973
2	Kondisi tahanan tumpu baut	$R_n = \Phi.2.4.D_b.T_p.F_u$	10,656
3	Kondisi tahanan friksi baut	$R_n = \Phi.1,13.\mu.m.T_b$	2.817

3.4 Gambar Desain Perencanaan Sambungan Baut Baja

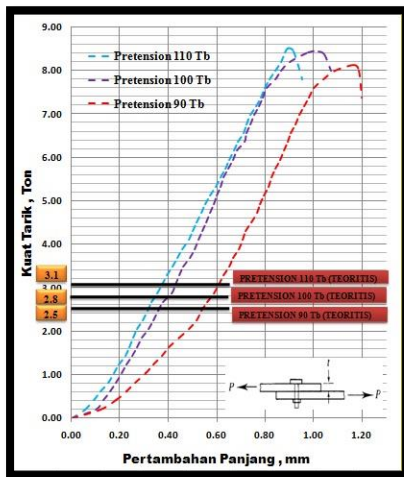
Setelah mengetahui syarat – syarat dan ketentuan – ketentuan dalam perencanaan sambungan baut baja, gambar desain sambungan baut baja dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Tampak atas dan samping hasil perencanaan sambungan baut baja

3.5 Hasil Perbandingan Kuat Tarik Menggunakan Kunci Torsi

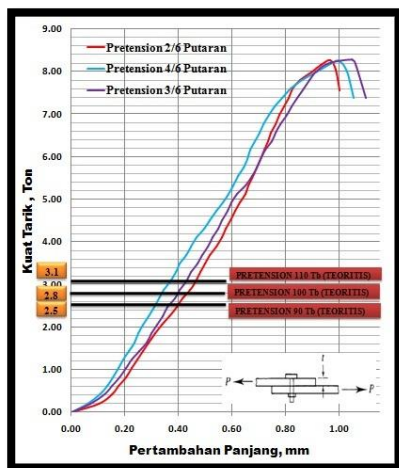
Dalam pengujian sambungan baut baja yang menggunakan kunci torsi (*torque wrench*), sambungan baut baja ini di uji tarik. Nilai *pretension* yang digunakan kunci torsi yaitu 90Tb (360 N.m), 100Tb (400 N.m) dan 110Tb (440 N.m) dengan sebanyak 3 sampel setiap *pretension*. Hasil perbandingan *pretension* yang menggunakan kunci torsi (*torque wrench*) dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Grafik perbandingan *pretension* dengan menggunakan kunci torsi (*torque wrench*)

3.6 Hasil Perbandingan Kuat Tarik Menggunakan Kunci Manual

Nialai *pretension* yang digunakan kunci manual (*turn of nut*) yaitu 2/6 putaran (120 derajat), 3/6 putaran (180 derajat) dan 4/6 putaran (240 derajat) dengan sampel sebanyak 3 sampel setiap *pretension*. Hasil perbandingan *pretension* yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini :

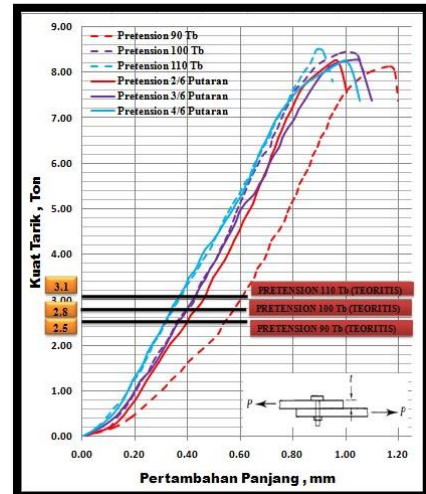


Gambar 3. Grafik perbandingan *pretension* dengan menggunakan kunci manual (*turn of nut*)

3.7 Hasil Perbandingan Kuat Tarik Menggunakan Kunci Torsi dengan Kunci Manual

Setelah didapat hasil pengujian dengan menggunakan kunci torsi (*torque wrench*)

dan kunci manual (*turn of nut*) kemudian hasil pengujian yang perbedaan sambungan baut baja ini akan dibandingkan dalam satu grafik, dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini :



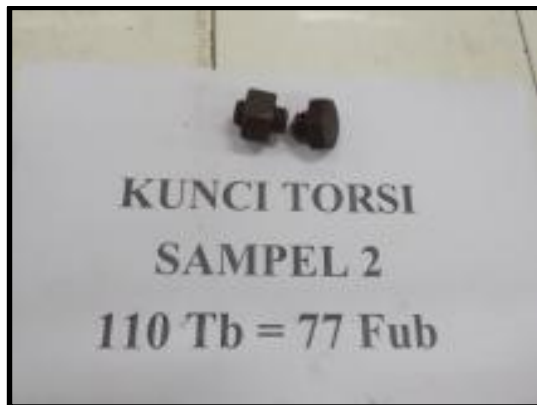
Gambar 4. Grafik perbandingan *pretension* dengan menggunakan kunci torsi (*torque wrench*) dengan kunci manual (*turn of nut*)

Dari Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar diatas dapat dilihat perbandingan perubahan panjang (*elongation*) antara penguncian dengan menggunakan kunci momen dan kunci manual. Dari hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa nilai *elongation* dengan menggunakan *pretension* (pra-tarik) yang lebih rendah akan menimbulkan *elongation* yang lebih tinggi dari pada menggunakan *pretension* (pra-tarik) yang lebih tinggi. Tetapi pada *pretension* 2/6 putaran disaat kuat tarik sambungan akan tercapai, *elongation* yang terjadi semakin mengecil dari pada *pretension* lainnya. Sedangkan nilai kuat tarik sambungan baut atau gaya menyebabkan kegagalan baut antara penguncian menggunakan kunci torsi dan menggunakan kunci manual adalah sama dengan nilai antara 8,08 ton – 8,92 ton

3.8 Perilaku Kegagalan Sambungan Baut Mutu Tinggi Tipe Slip Critical

Bentuk – bentuk perilaku kegagalan sambungan baut mutu tinggi tipe *slip critical* yang menggunakan kunci torsi (*torque wrench*) dapat dilihat pada Gambar 5 dan

Gambar 6 sedangkan yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 dibawah ini :



Gambar 5. Kegagalan geser baut yang menggunakan kunci torsi pada sampel 2 dengan *pretension* 110 Tb



Gambar 6. Lubang baut berbentuk oval pada sampel yang menggunakan kunci torsi sampel dengan *pretension* 110 Tb



Gambar 7. Kegagalan geser baut yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) pada sampel 1 dengan *pretension* 2/6 putaran



Gambar 8. Lubang baut berbentuk oval pada sampel yang menggunakan kunci manual (*turn of nut*) sampel dengan *pretension* 4/6 putaran

Pada sambungan baut baja mutu tinggi tipe geser umumnya dibagi menjadi 2 kategori perilaku kegagalan yaitu kegagalan baut dan kegagalan pelat. Dari Gambar 5 dan Gambar 7 diatas dapat disimpulkan bahwa sambungan baut baja mutu tinggi tipe *slip critical* yang pengunciannya menggunakan kunci torsi (*Torque Wrench*) maupun dengan menggunakan kunci manual (*Turn of Nut*) mengalami perilaku kegagalan yang sama yaitu kegagalan baut yang terjadi berupa kegagalan geser. Sementara itu ada bentuk kegagalan pelat yang terjadi pada Gambar 6 dan Gambar 8, dimana lubang baut sedikit berbentuk oval.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap sambungan baut baja mutu tinggi yang dilakukan dengan 2 metode pengencangan yang berbeda, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gaya yang menyebabkan kegagalan baut untuk 2 penguncian ini adalah sama, yaitu dengan nilai antara 8.08 ton – 8,92 ton.
2. Nilai pertambahan panjang (*elongation*) dengan menggunakan *pretension* (pra-tarik) yang lebih rendah akan menimbulkan *elongation* yang lebih tinggi dari pada menggunakan *pretension* (pra-tarik) yang lebih tinggi. Tetapi pada sampel 2/6 putaran disaat kuat tarik sambungan akan tercapai, *elongation*

- yang terjadi semakin mengecil dari pada *pretension* lainnya..
3. Didapat perilaku kegagalan adalah sama, yaitu dimana semua sampel pengujian perilaku kegagalan pada baut berupa kegagalan geser. Sementara itu pada pelat, beberapa lubang mengalami perubahan bentuk menjadi oval.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM)** .2004. *Specification Structural Joints Using ASTM A325 or A490* .Chicago : RCSC committee A.1
- American Society for Testing and Materials (ASTM)** .1977. *ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel* .Washington, D.C : ASTM
- Department of Transportation** .2007. *Standard Specification for Road and Bridge Construction*. New Jersey : Departmen of Transportation
- SNI 03-1729-2002** ,*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum
- SNI 03-1729-2012** ,*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Bandung : Badan Standardisasi Nasional