

Jurnal Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil



Vol. 4, No. 6, Desember 2015

DAFTAR ISU

**Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Dan Ruas Jalan Disekitarnya Di Kota Denpasar
(Studi Kasus Simpang Jalan Suring Batan Kendal – Jalan Pemelisan)**
A. A. N. Chama Paramartha, P. Aji Suthanaya.

**Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Konstruksi
(Studi Kasus: Pekerjaan Drainase Pada Proyek Peningkatan Jalan dan Drainase Br. Purwakerta-Pura
Dalem Desa Gerih Abiansemal)**
I Made Wira Parthawajaya, A. A. Wiranata, Gede Astawa Diputra

**Analisis Kinerja Operasional Dan Kelayakan Finansial Angkutan Pengumpan Trans Sarbagita
Di Kabupaten Badung**
Aden Dai Prasetyo, Putu ARI Suthanaya

**Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Dan Ruas Jalan Di Kota Denpasar
(Studi Kasus : Jl. W.R. Supratman – Jl. Gadung, Jl. W.R. Supratman – Jl. Ratna – Jl. Piawa)**
Richard Rico Postoh, I Gusti Putu Suparna

**Perilaku Lentur, Tekan Dan Geser Pasangan Bata Merah Dengan Dan Tanpa Plesteran
(Pengujian Lab Dan Pemodelan Elemen Hingga)**
A.A.Ngr.Gd.A. Cakra Kusuma, Made Sukrawa, I.A. Made Budiwati

**Kondisi Dan Persepsi Terhadap Penerapan Zona Selamat Sekolah Di Kota Denpasar
(Studi Kasus : Di Depan SMP Negeri 2 Denpasar)**
I Made Sateka Putra, I Wayan Sueda

**Analisis Strategi Penawaran Untuk Memenangkan Tender Proyek Konstruksi
Di Kabupaten Badung Dengan Model Friedman**
I Gusti Ngurah Diyatmika, Anak Agung Winanta, I.B. Rai Adnyana,

**Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik Struktur Baja Ringan
Dengan Variasi Jenis Dan Jarak Sekrup**
Muhammad Indronan Niam, Anak Agung Gede Sutapa

**Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik
Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup**
Agus Budiono, A.A. Gede Sutapa

Analisis Investasi Condotel Horison Jimbaran
Herlina Adriana Setyaningrum, I.A Rai Widiawati, dan A.A Wiranata

**Pengaruh Penambahan Jam Kerja Lembur Terhadap Waktu Dan Biaya
Pada Proyek Pembangunan Gedung 2 Kantor Loka Tuna Dengan Metode Time Cost Trade Off**
I Gede Adhi Wicakana, I. I Gusti Kebat Swigita, MT.

**Analisis Perbandingan Kapasitas Jalan Luar Kota Antara Pendekatan Model Lalu Lintas Dengan MKJI
(Studi Kasus: Jalan Raya Denpasar – Gilimanuk)**
Dedek Sukma Putra Sukarno, I Nyoman Widana Negara, I Gusti Raka Purbanto

**Penentuan Nilai Ekvivalensi Mobil Penumpang Pada Simpang Bersinyal
(Studi Kasus : Simpang Gunung Agung - Mahendradata)**
Zulfian Amroed, I Gusti Putu Suparna, I. N. Widana Negara

Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup

Agus Budiono, A.A. Gede Sutapa

Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Udayana Bali, Staff Pengajar Teknik Sipil Universitas Udayana
egezworld@gmail.com

Abstrak : Tahapan kegagalan pada ketiga variasi konfigurasi menunjukkan kesamaan perilaku yaitu semuanya mengalami kegagalan jungkit dimana sekrup berotasi dan melukai badang pelat (tilting), merenggangnya sambungan antar pelat akibat gaya yang terus menerus bekerja pada skrup (hole bearing), dan sekrup yang terangkat tapi belum lepas karena masih ada drat yang tertahan di pelat dan secara teknis drat tersebut masih mampu menahan beban tarik (pull over).

Kegagalan jungkit terjadi dikarenakan sekrup tidak mempunyai tahanan geser yang kuat seperti halnya mur pada sistem sambungan baut sehingga kepala sekrup berotasi menekan ujung pelat hingga terjadi jungkit. Faktor tumpuan menjadi hal terpenting dalam menentukan tingkat kegagalan sambungan yang diawali dengan jungkit.

Perbandingan Konfigurasi II dan III menghasilkan nilai N_t -aktual lebih besar daripada N_t -aktual Konfigurasi I. Konfigurasi II lebih besar 7% daripada konfigurasi I dan konfigurasi III lebih besar 5% terhadap konfigurasi I. Konfigurasi III mempunyai nilai V_n -aktual $\geq 7\%$ daripada konfigurasi II dan $\geq 27\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh Konfigurasi I. Konfigurasi II memiliki V_n aktual $\geq 15\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh Konfigurasi I

Kata kunci : Baja Ringan, Sambungan Batang Tarik, Variasi Konfigurasi Sekrup

Failure Behavior of the connection on the pull rod on Cold-Form Steel Construction on Screw Configuration Variation

Abstract : *Stages of failure on the third variation showed similar behavior configuration that all failures in which the screw rotates tipping and injuring weight plates (tilting), Loosening of the joints between the plates due to a force that continuously works on couplers (bearing hole), and the screws were raised but not taken because there is still retained in the threaded plate and threaded technically is still able to withstand a tensile load (pull over).*

Failure occurs because the screw tipping does not have a strong shearing resistance as well as the nut on the bolt connection system that rotates the screw head presses end up happening tipping plate. Pedestal factors becomes paramount in determining the failure rate of connection that begins with tipping.

Comparison of Configuration II and III resulted in the actual value of N_t -actual larger than Configuration I. Configuration II has 7% greater than the configuration I and configuration III greater than 5% of the configuration I. Configuration III has a value V_n -actual $\geq 7\%$ than the configuration II and $\geq 27\%$ than the value produced by Configuration I. Configuration II has V_n -actual $\geq 15\%$ than the value produced by Configuration I.

Keywords : *Cold Form Steel, Connection on the pull rod, Variation of Screw Configuration*

PENDAHULUAN

Sambungan pada batang tarik menjadi penyebab terbesar dari banyak kasus kegagalan yang terjadi. beberapa variabel yang ada pada sambungan diantaranya jenis alat penyambung, jarak antar alat penyambung, konfigurasi alat penyambung dan luasan bidang tersambung.

Konfigurasi sambungan pada batang tarik sangat bervariasi sehingga dimungkinkan memberikan sumbangsih besar pada kasus kegagalan yang terjadi. Pemilihan konfigurasi tertentu umumnya mengikuti produk dari pabrikan tertentu yang sudah teruji melalui peraturan AS/ANZ 4600, sehingga pada praktek di lapangan banyak aplikator/produsen lain hanya mengikuti apa

yang sudah dianggap menjadi kebiasaan umum tanpa adanya dasar acuan yang jelas.

Menjadi penting untuk melihat perilaku kegagalan yang terjadi pada batang tarik dengan mengadopsi kebiasaan di lapangan dalam membuat variasi konfigurasi sekrup pada sambungan batang tarik. Dengan melihat perilaku kegagalan yang terjadi, diharapkan mampu memberikan informasi penting tentang perilaku dan tahapan kegagalan dari masing-masing variasi konfigurasi sekrup yang selama ini dipakai di lapangan.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat kita rumuskan permasalahan yang akan menjadi fokus studi penelitian ini, yaitu: Bagaimanakah Perilaku

Kegagalan Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup?

Sehingga kita dapat Mengetahui Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup.

Manfaat yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah: Memberikan informasi mengenai Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup

MATERI DAN METODE

Baja ringan (cold formed steel) sebagai elemen struktur telah mulai diminati dewasa ini. Hasil riset yg cukup intensif terhadap perilaku baja ringan yang telah dituangkan di dalam design code di berbagai negara seperti Australia Standard (AS/NZS), American Iron and Steel Institute (AISI), British Standard (BS code) dan Eurocode telah meningkatkan kredibilitas baja ringan sebagai elemen struktur yang sama dengan baja biasa (hot-rolled steel) dan beton bertulang.

Menurut peraturan SNI 7971:2013 yang merujuk pada AS/NZS 4600:2005 bahwa sambungan pada struktur rangka baja ringan yang paling banyak digunakan adalah sekrup. Mengenai sambungan sekrup dapat diterapkan pada kasus dimana beban yang bekerja pada sambungan adalah gaya geser dan tarik normal. Aturan ini tidak dapat diterapkan untuk kasus dimana sambungan akan mengalami momen atau gaya kedua yang signifikan seperti pembongkaran. Untuk kasus tersebut atau untuk mendapatkan kapasitas geser dan tarik yang lebih akurat maka diperlukan tes.

Tes tersebut berguna apabila:

- Ketebalan dari baja ringan kekuatan tinggi G550 kurang dari 0.90 mm
- Rasio f_u / f_y adalah 1.0 untuk 0.40 mm sampai 1.08 untuk 0.90 mm

Peraturan berlaku untuk sekrup dengan diameter nominal antara 3 mm sampai 17 mm dikarenakan diameter sekrup tersebut yang digunakan pada saat persamaan ditentukan. Dalam hal ini sekrup yang digunakan adalah Sel Drilling Screw yaitu apabila mata bor dan dratnya sudah aus maka tidak boleh dipakai lagi.

A. Sambungan Sekrup Untuk Menahan Geser

a. Jarak Minimum dan Jarak Tepi

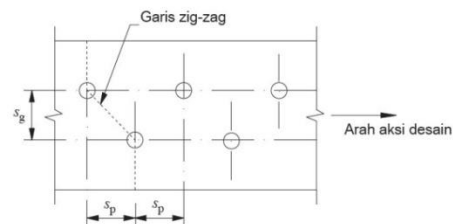
Jarak antar pusat-pusat sekrup harus menyediakan tempat yang cukup untuk ring sekrup tetapi tidak boleh kurang dari tiga kali diameter nominal (d_f). SNI 7971:2013 memberikan batasan pada pasal 5.4.2 Jarak dari pusat sekrup ke tepi semua bagian tidak boleh kurang dari $3d_f$.

Untuk konfigurasi zig-zag, bisa memakai ketentuan jarak antar sekrup seperti yang sudah ditentukan oleh SNI 7971:2013 pada pasal 5.3.1 dengan batasan S_g dan S_p adalah sebagai berikut:

$$S_g = S_p = \frac{70 \text{ mm} - (2 \cdot 4d_f)}{2} \quad 1$$

dimana: d_f adalah diameter sekrup nominal (mm)
 S_p : lebar zig-zag, jarak yang diukur dengan arah aksi desain dalam komponen struktur, dari pusat - ke - pusat lubang (mm).

S_g : gauge, jarak lubang yang diukur tegak lurus terhadap arah aksi desain dalam komponen struktur, dari pusat-ke-pusat lubang(mm).



Gambar 1: Pembatasan jarak sekrup
 Sumber: SNI 7971 pasal 5.3.1 :2013

b. Tarik pada Bagian Tersambung

Jika kedua lembaran pelat pada profil saling kontak pada titik pengencangan, seperti sambungan di puncak lembaran, kapasitas tarik desain harus ditentukan melalui uji prototype. SNI 7971:2013 memberikan batasan pada pasal 5.4.2.2 (1) bahwa gaya tarik desain N_t^* pada penampang neto harus memenuhi persamaan:

$$N_t^* \leq \phi N_t \quad 2$$

dimana:

ϕ = faktor reduksi kapasitas sambungan sekrup dalam tarik, jika tidak dilakukan pengetesan kekuatan sekrup maka nilai $\phi = 1$

N_t = kapasitas tarik nominal penampang neto bagian tersambung

$$= (2,5d_f / S_f) A_n f_u \leq A_n f_u \text{ untuk sekrup tunggal atau satu baris.....} \quad 3$$

$$= A_n f_u \text{ untuk sekrup majemuk segaris dengan gaya.....} \quad 4$$

dimana: d_f adalah diameter sekrup nominal

S_f : jarak sekrup tegak lurus garis gaya atau lebar lembaran pada kasus sekrup tunggal

A_n :luas netto bagian tersambung, yaitu setengah luas keliling lingkaran lubang sekrup yang menahan gaya tarik dikalikan jumlah sekrup dan dihitung pada kedua pelat sambungan dimana sekrup bekerja,

$$A_n = \pi r t n_n 2 \quad \dots\dots\dots \quad 5$$

dimana: n_h adalah jumlah sekrup pada sambungan

c. Jungkit (tilting) dan tumpu lubang (bearing)

Harus juga dihitung kapasitas tumpu yang lebih rendah dari dua member berdasarkan ketebalan dan kuat tariknyanya. SNI 7971:2013 memberikan batasan pada pasal 5.4.2.3 (1) bahwa Gaya tumpu desain (V_b^*) pada suatu sekrup harus memenuhi:

$$V_b^* \leq \phi V_b \dots\dots\dots 6$$

Dimana:

ϕ = faktor reduksi kapasitas sekrup yang menerima miring dan tumpu lubang

- = 1.0 untuk pembebanan statik
- = 0.5 untuk pembebanan siklik (AISI)

V_b = kapasitas nominal bagian tersambung untuk kondisi tebal pelat yang disambung memiliki ketebalan yang sama, maka nilai $t_2/t_1 < 1,0$ maka nilai V_b yang digunakan adalah nilai terkecil dari persamaan berikut:

Tilting $V_b = 4,2 \sqrt{t_2^3 * d_f * f_{u2}} \dots\dots\dots 7$

Bearing $V_b = C * t_1 * d_f * f_{u1} \dots\dots\dots 8$

Bearing $V_b = C * t_2 * d_f * f_{u2} \dots\dots\dots 9$

dimana:

V_b = kuat geser nominal tilting dan bearing sambungan (N)

t_1 = tebal pelat sambungan yang kontak langsung dengan kepala sekrup (mm)

t_2 = tebal pelat sambungan yang tidak kontak langsung dengan kepala sekrup (mm)

d_f = diameter sekrup (mm)

f_{u1} = tegangan tarik pelat baja ringan yang kontak langsung dengan kepala sekrup (N/mm²)

f_{u2} = tegangan tarik pelat baja ringan yang tidak kontak langsung dengan kepala sekrup (N/mm²)

C = faktor tumpu/bearing

Tabel 1: Faktor Tumpu (C)

Rasio diameter sekrup terhadap tebal pelat sambungan, /t	C
/t < 6	2.7
6 ≤ /t ≤ 13	3.3 – 0.1 (/t)
/t > 13	2.0

Sumber: SNI 7971:2013

B. Sambungan Sekrup Untuk Menahan Tarik
a. Cabut (pull-out) dan tembus (pull through)

Kondisi ini berlaku untuk sambungan sekrup dalam tarik jika kedua lembaran saling kontak pada titik pengencangan. Kondisi Pull Through/pull-over adalah kondisi keruntuhan dimana sekrup yang

terangkat dan masih tertinggal yang sebenarnya secara teknis masih mampu digunakan untuk menahan beban tarik yang bekerja meskipun posisi profil yang disambung tidak seperti posisi semula.

Untuk kedua kondisi di atas, SNI 7971:2013 memberikan batasan pada pasal 5.4.3.2 (1) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_t^* \leq \phi N_t \dots\dots\dots 10$$

dimana:

ϕ = 0,5, dipakai nilai = 1 karena tidak melakukan tes kekuatan pada sekrup

N_t = kapasitas tarik nominal penampang neto bagian tersambung

Nilai kapasitas nominal dalam tarik N_t diambil nilai terkecil dari:

- kapasitas cabut nominal (N_{ou}): SNI 7971:2013 pasal 5.4.3.2(2)

$$N_{ou} = 0,85 * t_2 * d_f * f_{u2} \dots\dots\dots 11$$

untuk $t_2 > 0,9$ mm.....

- kapasitas sobek nominal (N_{ov}): SNI 7971:2013 pasal 5.4.3.2(3)

$$N_{ov} = 1,5 * t_1 * d_w * f_{u1} \dots\dots\dots 12$$

untuk $0,5 < t_1 > 1,5$ mm.....

dimana d_w adalah diameter kepala sekrup dan diameter ring yang lebih besar tetapi tidak lebih besar dari 12,5 mm.

b. Kekuatan Tarik Sekrup

Menurut ketentuan SNI 7971:2013 pasal 5.4.3.3 Kekuatan tarik sekrup adalah = 1,25 N_t , dimana:

$$N_t = 0,85 * t_2 * d_f * f_{u2} \dots\dots\dots 13$$

Untuk mencegah terjadinya kegagalan sambungan dalam kondisi getas, kapasitas tarik sekrup harus 1,25 kali lipat kapasitas desain untuk pull-out dan pull-over.

C. Kekuatan Geser Sambungan

Dalam mendesain sambungan, harus mendasarkan pada kuat tarik nominal (N_t) dan kuat geser nominal (V_n). berdasarkan ketentuan SNI 7971-2013, desain kuat geser nominal harus dihitung sesuai dengan:

$$V_n = 0.6 * f_u * A_wn \dots\dots\dots 14$$

Dimana:

V_n = Kekuatan geser nominal

A_wn = Luas penampang badan sambungan (mm²)

Dimana nilai A_{wn} dihitung berdasarkan SNI 7971-2013 pasal 5.6.1 (3), yaitu :

$$A_{wn} = (d_{wc} - n_h * d_f) * t \dots\dots\dots 15$$

Keterangan :

d_{wc} = kedalaman badan pada sambungan (N)

METODE

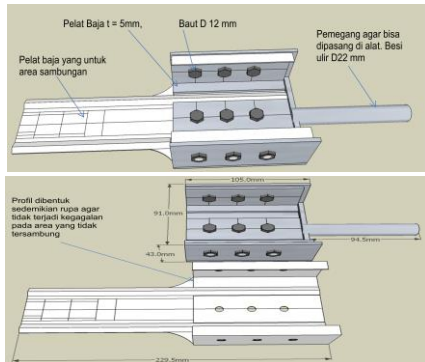
Penelitian ini dilakukan selama September - Oktober 2014, berlokasi di Laboratorium Teknologi Bahan Universitas Udayana Jimbaran - Bali.

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah semua material produk dari PT Lion Metal Works tbk, baik yang berupa baja ringan maupun sekrup sebagai alat sambung. Profil baja ringan yang dipakai adalah C8506 Galvalume dan sekrup #10-16x16 atau yang dalam bahasa pasarnya disebut sekrup D10 mm. Kedua bahan tersebut telah memiliki sertifikasi uji kualitas material (sertifikat pengujian berdasarkan AS/NZS 4600:2005 terlampir)

Alat yang dipakai adalah gunting baja, bor. alat tersebut untuk merakit sambungan. sedangkan alat uji yang dipakai adalah Universal Testing Machine (UTM).

D. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



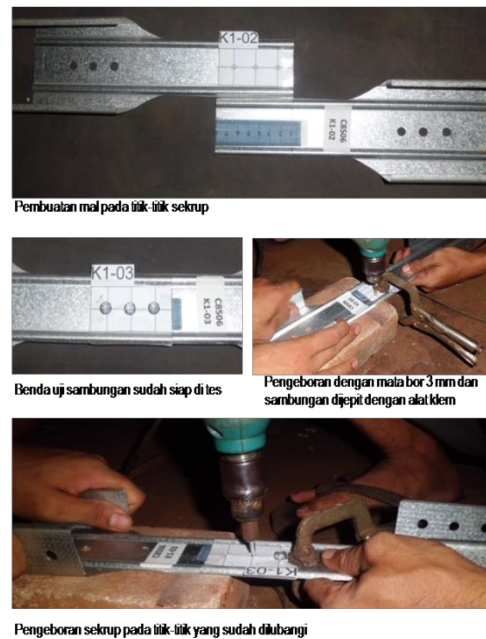
Gambar 2: Penjepit modifikasi sebagai penjepit pada uji

Dalam penelitian ini terdapat 3 konfigurasi yang akan dibuat 3 benda uji tiap konfigurasi sesuai yang disyaratkan oleh SNI 7971:2013. Konfigurasi tersebut adalah:

1. Konfigurasi I; dipasang sekrup #10-16x16 sebanyak 3 buah dengan konfigurasi sejajar (lihat gambar) dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g yaitu 20,7 mm. Dibuat 3 buah benda uji untuk konfigurasi I.

2. Konfigurasi II; dipasang sekrup #10-16x16 sebanyak 3 buah dengan konfigurasi zig-zag (lihat gambar) dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g yaitu 20,7 mm. Dibuat 3 buah benda uji untuk konfigurasi II.
3. Konfigurasi III; dipasang sekrup #10-16x16 sebanyak 3 buah dengan konfigurasi zig-zag (lihat gambar) dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g yaitu 20,7 mm. Dibuat 3 buah benda uji untuk konfigurasi III.

Poses penyambungan benda uji dilakukan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3: Proses perakitan sambungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

E. Menghitung Nilai Teoritis Sambungan a. Kekuatan Maksimum Sambungan Teoritis (Pteoritis)

Berdasarkan pembuatan benda uji yang sudah dikelompokkan kedalam 3 perlakuan yang berbeda, maka penghitungan nilai Pteoritis dilakukan dengan mengikuti variasi konfigurasi yang ada. Berikut data teknis benda uji sebagaimana yang bisa kita ambil berdasarkan tabel data di atas (tabel 4.1 dan 4.2):

- Tebal pelat profil (t_1 dan t_2) : 0.6 mm,
- Kuat tarik pelat lembaran (f_u) : 550 Mpa x 90% = 495 Mpa
- Diameter sekrup nominal (d_f) : 3,581 mm,
- r : 1,791 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar sekrup } (S_f) & : S_f = \frac{70 - (2 \times 4 d_f)}{2} \\ & = 20,68 \text{ mm} \\ \text{Luas Penampang Netto } (A_n) & : (\pi r n_h) 2 \\ & = (3,14 \times 1,791 \times 3) \times 2 \\ & = 20,245 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Kekuatan Geser Nominal (*Vn teoritis*)

Berdasarkan ketentuan SNI 7971-2013, nilai kekuatan geser nominal dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik pelat lembaran } (f_u) & : 550 \text{ Mpa} \times 90\% \\ & : 495 \text{ Mpa} \\ \text{Diameter sekrup nominal } (d_f) & : 3,581 \text{ mm}, \\ & r : 1,791 \text{ mm} \\ \text{Tebal pelat profil } (t_1 \text{ dan } t_2) & : 0.6 \text{ mm} \\ \text{Jumlah lubang baut } (nh) & : 1,2, \text{ dan } 3 \text{ buah} \\ \text{Lebar pelat tersambung } (dwc) & : 55,4 \text{ mm} \\ \text{Luas netto pelat badan } (A_{wn}) & = (dwc - nh * d_f) * t \end{aligned}$$

e. Menghitung Nilai Keruntuhan Sambungan

Berdasarkan batasan yang diberikan oleh SNI 7971:2013 bahwa tingkat kemungkinan keruntuhan sambungan adalah *tilting* (sekrup berotasi miring dan merusak permukaan), *hole bearing* (lubang pada pelat akibat tarikan drat sekrup) dan *pull over* (Sekrup terangkat tapi masih menahan beban tarik), maka penghitungan nilai keruntuhan sambungan pada benda uji tiap konfigurasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat profil } (t_1 \text{ dan } t_2) & : 0.6 \text{ mm}, \\ \text{Kuat tarik pelat lembaran } (f_{u1}, f_{u2}) & : 550 \text{ Mpa} \times 90\% \\ & : 495 \text{ Mpa} \\ \text{Diameter sekrup nominal } (d_f) & : 3,581 \text{ mm}, \\ & r = 1,791 \text{ mm} \\ \text{Faktor tumpu } (C) & : 2,7 \\ & df/t = 3,58/0,6 \\ & df/t = 5.97 \\ & df/t \leq 6, \text{ untuk } C : 2,7 \end{aligned}$$

Tabel 2: Perhitungan Nilai Keruntuhan Teoritis

Benda Uji	Nt (kN)	Vn (kN)	Vb1 (kN)	Vb2 (kN)	Nov (kN)
C85-K1-01	10,02	9,23	8,61	8,61	4,455
C85-K1-02	10,02	9,23	8,61	8,61	4,455
C85-K1-03	10,02	9,23	8,61	8,61	4,455
C85-K2-01	10,02	8,59	8,61	8,61	4,455
C85-K2-02	10,02	8,59	8,61	8,61	4,455
C85-K2-03	10,02	8,59	8,61	8,61	4,455
C85-K3-01	10,02	7,59	8,61	8,61	4,455
C85-K3-02	10,02	7,59	8,61	8,61	4,455
C85-K3-03	10,02	7,59	8,61	8,61	4,455

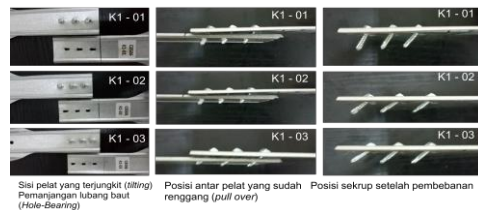
c. Pengamatan Kegagalan Sambungan
d. Pengamatan Visual

Pengamatan secara visual perilaku kegagalan sambungan yang terjadi selama pengujian diawali dengan miringnya sekrup karena beban tarik yang bekerja yang disebut kegagalan jungkit (*tilting*). dan konfigurasi III sebesar 4,19 kN.

Perilaku kegagalan berlanjut dengan timbulnya lubang pada arah yang berlawanan dengan tumpuan pelat, kegagalan jenis ini disebut pemanjangan lubang (*hole-bearing*). pada tahapan kegagalan ini terjadi pada angka beban yang berbeda tiap konfigurasinya. konfigurasi II dan III masing-masing 8,26 kN dan 8,47 kN.

Pada akhirnya tahapan kegagalan yang terjadi adalah posisi pelat bergeser dan terlepas sehingga pelat tidak lagi pada kondisi rapat, kondisi ini disebut kegagalan *pull-over*.

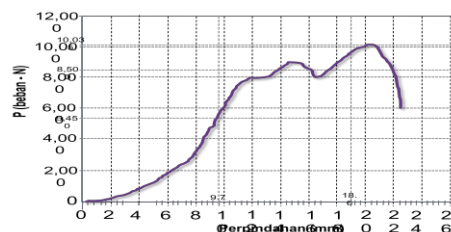
Dengan spesifikasi teknis pelat dan sekrup dalam penelitian ini memungkinkan terjadinya kegagalan secara berurutan dari *tilting*, *hole-bearing* hingga berakhir pada *pull-over*. Berikut adalah gambar benda uji dengan tahapan kegagalan tersebut di atas:



Gambar 4: Macam-macam keruntuhan pada konfigurasi I

Pada konfigurasi I ini, nilai rata-rata beban tarik yang bekerja pada saat terjadinya kegagalan jungkit adalah 6,042 kN. Secara visual dapat diamati bahwa alur kegagalan pada ketiga benda uji pada konfigurasi I mempunyai alur kegagala yang sama yaitu diawali dengan *tilting*, berlanjut pada kegagalan *hole-bearing*. Pada konfigurasi I, kegagalan *hole-bearing* terjadi pada angka beban tarik rata-rata 8,533 kN. Perilaku kegagalan diakhiri dengan kegagalan *pull-over*, pada tahapan ini tercatat nilai rata-rata sebesar 9,665 kN.

Alur kegagalan pada konfigurasi ini dapat juga dilihat pada grafik hasil pembebanan benda uji, juga dapat dilihat pada tabel nilai tiap benda uji.

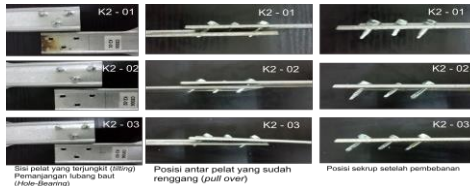


Gambar 5: Grafik Kombinasi Alur Kegagalan pada sambungan dengan konfigurasi I

Pada grafik di atas dapat kita lihat alur kegagalan yang terjadi pada tiap benda uji pada saat menahan beban yang bekerja. Pmaks dapat dilihat pada pada tiap perilaku kegagalan yang terjadi.

Tabel 3: Nilai Keruntuhan Konfigurasi I

Konfigurasi	Benda Uji	Vb1	Vb2	Pov
		(kN)	(kN)	(kN)
Profil C8506	C85-K2-01	7,30	8,20	9,04
	C85-K2-02	5,45	8,50	10,03
Konfigurasi I	C85-K2-03	5,37	8,90	9,92
	Rata-rata	6,04	8,53	9,665



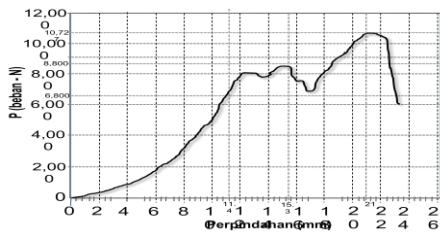
Gambar 6: Macam-macam keruntuhan pada konfigurasi II

Pada konfigurasi II ini, nilai rata-rata beban tarik yang bekerja pada saat terjadinya kegagalan jungkit adalah 7,36 kN. Secara visual dapat diamati bahwa alur kegagalan pada ketiga benda uji pada konfigurasi II mempunyai alur kegagalan yang sama yaitu diawali dengan *tilting*, berlanjut pada kegagalan *hole-bearing*.

Konfigurasi II, kegagalan *hole-bearing* terjadi pada angka beban tarik rata-rata 8,267 kN. Perilaku kegagalan diakhiri dengan kegagalan *pull-over*, pada tahapan ini tercatat nilai rata-rata sebesar 10,352 kN.

Baik konfigurasi I maupun konfigurasi II ternyata mengalami alur kegagalan yang sama yaitu didahului dengan jungkit, pelebaran lubang baut dan terlepasnya pelat. pengamatan visual yang dilakukan pada kedua konfigurasi tersebut mengalami kerusakan fisik yang sama. hanya saja, yang membedakan antar keduanya adalah nilai P-aktual yang menyebabkan macam kegagalan tersebut.

Untuk lebih jelasnya mengenai nilai P-aktual pada tiap kegagalan tersebut dapat dilihat pada grafik pembebanan dan tabel di bawah ini.



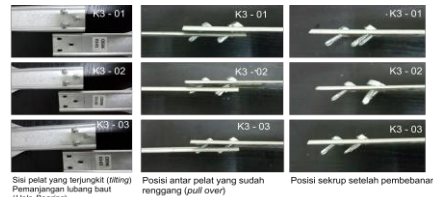
Gambar 7: Grafik Kombinasi Alur Kegagalan pada sambungan dengan konfigurasi II

Pada grafik di atas dapat kita lihat alur kegagalan yang terjadi pada tiap benda uji pada saat menahan beban yang bekerja. Pmaks dapat dilihat pada pada tiap perilaku kegagalan yang terjadi.

Tabel 4: Nilai Keruntuhan Konfigurasi II

Konfigurasi	Benda Uji	Vb1	Vb2	Pov
		(kN)	(kN)	(kN)
Profil C8506	C85-K1-01	6,80	8,80	10,7
	C85-K1-02	7,98	8,20	10,4
Konfigurasi II	C85-K1-03	7,30	7,80	9,88
	Rata-rata	7,36	8,26	10,35

Pada tabel 4.5 di atas nilai rata-rata P-maks tiap jenis kegagalan tersebut adalah 7,360 kN untuk *tilting*, 8,267 kN untuk *hole-bearing* dan 10,352 kN untuk *pull-over*.



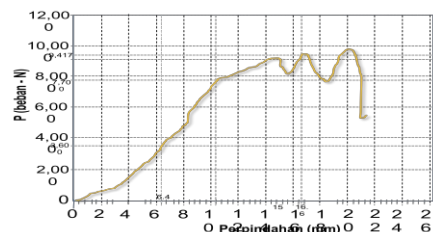
Gambar 8: Macam keruntuhan pada konfigurasi III

Pada konfigurasi III ini, nilai rata-rata beban tarik yang bekerja pada saat terjadinya kegagalan jungkit adalah 4,19 kN. Secara visual dapat diamati bahwa alur kegagalan pada ketiga benda uji pada konfigurasi III mempunyai alur kegagalan yang sama yaitu diawali dengan *tilting*, berlanjut pada kegagalan *hole-bearing*.

Konfigurasi III, kegagalan *hole-bearing* terjadi pada angka beban tarik rata-rata 8,470 kN. Perilaku kegagalan diakhiri dengan kegagalan *pull-over*, pada tahapan ini tercatat nilai rata-rata sebesar 10,079 kN.

Baik konfigurasi I, II maupun konfigurasi III ternyata mengalami alur kegagalan yang sama yaitu didahului dengan jungkit, pelebaran lubang baut dan terlepasnya pelat. pengamatan visual yang dilakukan pada kedua konfigurasi tersebut mengalami kerusakan fisik yang sama. hanya saja, yang membedakan antar keduanya adalah nilai P-aktual yang menyebabkan macam kegagalan tersebut.

Untuk lebih jelasnya mengenai nilai P-aktual pada tiap kegagalan tersebut dapat dilihat pada grafik pembebanan dan tabel di bawah ini.



Gambar 9: Grafik Kombinasi Alur Kegagalan pada sambungan dengan konfigurasi III

Pada grafik di atas dapat kita lihat alur kegagalan yang terjadi pada tiap benda uji pada saat

menahan beban yang bekerja. P_{maks} dapat dilihat pada pada tiap perilaku kegagalan yang terjadi.

Tabel 5: Nilai Keruntuhan Konfigurasi III

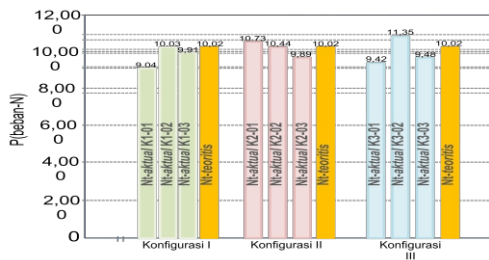
Konfigurasi	Benda Uji	Vb1 (kN)	Vb2 (kN)	Pov (kN)
Profil C8506 Konfigurasi III	C85-K3-01	3,60	7,70	9,47
	C85-K3-02	4,62	9,75	11,34
	C85-K3-03	4,35	7,96	9,47
Rata-rata		4,19	8,47	10,08

f. Analisis Kuat Tarik Sambungan

Nilai kuat tarik sambungan aktual (N_t aktual) pada analisis ini diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P_{maks}) pengujian yang ada pada Tabel 4.8. Nilai kuat tarik maksimal aktual akan dibandingkan dengan nilai kuat tarik maksimal teoritik (N_t teori), dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 6: Perbandingan N_t -akt dengan N_t -teori

Konfigurasi Benda Uji	df (mm)	N_t -akt (kN)	N_t -rerata (kN)	N_t -teort (kN)	Rasio (%)
C85-K1-01	3,581	9,04	9,65	10,02	96%
C85-K1-02	3,581	10,03	9,65	10,02	96%
C85-K1-03	3,581	9,93	9,65	10,02	96%
C85-K2-01	3,581	10,72	10,35	10,02	103%
C85-K2-02	3,581	10,44	10,35	10,02	103%
C85-K2-03	3,581	9,886	10,35	10,02	103%
C85-K3-01	3,581	9,417	10,08	10,02	101%
C85-K3-02	3,581	11,35	10,08	10,02	101%
C85-K3-03	3,581	9,47	10,08	10,02	101%



Gambar 10: Perbandingan N_t -aktual dan N_t -teoritis

Pada konfigurasi I, nilai N_t aktual rata-rata 9,665 kN lebih kecil dari nilai N_t teori yaitu 10,021 kN dengan rasio 96% atau $\leq 4\%$. Nilai ini menunjukkan bahwa nilai teoritis mendekati nilai layan sesungguhnya.

Pada konfigurasi II mendapatkan hasil N_t aktual rata-rata 10,352 kN melebihi N_t teori yang hanya 10,021 kN. Dengan demikian nilai rasio 103 % atau $\geq 3\%$). Hal ini berarti tidak terjadi kegagalan sambungan akibat gaya yang bekerja.

Pada konfigurasi III, mendapatkan nilai N_t aktual rata-rata 10,079 kN melebihi nilai N_t teori 10,021 kN. Nilai rasio 103 % atau $\geq 1\%$. Nilai ini mengindikasikan bahwa pendekatan nilai teoritis

memiliki ketepatan terhadap nilai layan sambungan sesungguhnya.

Konfigurasi II dan III menghasilkan nilai N_t aktual lebih besar daripada N_t teoritis konfigurasi I. Konfigurasi II lebih besar 7% daripada konfigurasi I dan konfigurasi III lebih besar 5% terhadap konfigurasi I.

g. Analisis Kuat Geser Sambungan

Untuk menentukan nilai kuat geser sambungan aktual (V_n aktual) pada analisis ini diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P_{maks}) pengujian yang ada pada Tabel 4.4.

Nilai kuat geser maksimal aktual (V_n aktual) akan dibandingkan dengan nilai kuat geser maksimal teoritik (V_n teori) yang ada pada Tabel 4.9, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan geser sambungan dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan gambar 4.10 dibawah ini.

Tabel 7: Perbandingan V_n -aktual dan V_n -teoritis

Konfigurasi Benda Uji	df (mm)	V_n -akt (kN)	V_n -teort (kN)	Rasio (%)
C85-K1-01	3,581	9,665	9,234	105%
C85-K1-02	3,581	9,665	9,234	105%
C85-K1-03	3,581	9,665	9,234	105%
C85-K2-01	3,581	10,352	8,596	120%
C85-K2-02	3,581	10,352	8,596	120%
C85-K2-03	3,581	10,352	8,596	120%
C85-K3-01	3,581	10,08	7,957	127%
C85-K3-02	3,581	10,08	7,957	127%
C85-K3-03	3,581	10,08	7,957	127%

Data di atas didapat nilai rasio yang melebihi 100%, ini berarti bahwa nilai Geser Teoritis (V_n -teoritis) lebih kecil daripada nilai Geser Aktual (V_n -aktual), yaitu tidak terjadi kegagalan akibat geser sama sekali.

Nilai kuat geser yang dihasilkan pada konfigurasi I menghasilkan rasio sebesar 105% atau $\geq 5\%$. Artinya pada sambungan dengan menggunakan konfigurasi I tidak menghasilkan kegagalan akibat geser.

Pada konfigurasi I menghasilkan rasio sebesar 120% yang artinya nilai geser aktual (V_n -aktual) lebih tinggi 20% daripada nilai geser teoritis (V_n -teoritis). Pada konfigurasi II tidak terjadi kegagalan akibat geser.

Konfigurasi III menghasilkan nilai rasio sebesar 127% yaitu nilai geser aktual lebih tinggi 27% daripada nilai geser teoritis. sehingga menghasilkan nilai kegagalan -27%. Artinya pada kondisi ini, sambungan tidak mengalami kegagalan akibat geser.

Antara ketiga konfigurasi itu, semuanya menghasilkan nilai V_n aktual yang lebih besar daripada nilai V_n teoritis. Konfigurasi III

mempunyai nilai V_n aktual $\geq 7\%$ daripada konfigurasi II dan $\geq 27\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Konfigurasi II memiliki V_n aktual $\geq 15\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui Perilaku Kegagalan Batang Tarik Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan seperti di bawah ini:

1. Kondisi gagal sambungan dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai kondisi pada saat terjadinya leleh pada pelat di sekitar lubang sekrup sehingga memungkinkan kepala sekrup tertarik dan berotasi sehingga menimbulkan jungkit.
2. Tahapan kegagalan pada ketiga variasi konfigurasi menunjukkan kesamaan yaitu semuanya mengalami kegagalan jungkit dimana sekrup berotasi dan melukai badang pelat (*tilting*), merenggangnya sambungan antar pelat akibat gaya yang terus menerus bekerja pada sekrup (*hole bearing*), dan sekrup yang terangkat tapi belum lepas karena masih ada drat yang tertahan di pelat dan secara teknis drat tersebut masih mampu menahan beban tarik (*pull over*).
3. Perbandingan Konfigurasi II dan III menghasilkan nilai N_t aktual lebih besar daripada N_t aktual konfigurasi I. Konfigurasi II lebih besar 7% daripada konfigurasi I dan konfigurasi III lebih besar 5% terhadap konfigurasi I.
4. Konfigurasi III mempunyai nilai V_n aktual $\geq 7\%$ daripada konfigurasi II dan $\geq 27\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Konfigurasi II memiliki V_n aktual $\geq 15\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I

Saran

Beberapa saran untuk penelitian lanjutan diantaranya:

1. Perlu dilakukan studi mengenai bagaimana memperkuat sisi tumpuan dan faktor tumpu pada sambungan, karena titik kegagalan awal dari sambungan sangat ditentukan oleh kapasitas pelat yang ditumpu oleh sekrup.
2. Untuk meningkatkan kapasitas sambungan, bisa dilakukan penelitian lanjutan mengenai jenis alat sambung selain sekrup yang mampu memberikan nilai P yang tinggi pada saat terjadi

kegagalan awal (*jungkit*) karena kegagalan sambungan jenis ini dimulai sejak terjadinya jungkit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Kuasa, menyampaikan banyak terima kasih kepada seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana yang berjasa besar atas proses belajar kami selama ini hingga semua pembelajaran mampu kami lalui.

DAFTAR PUSTAKA

- Hesnai, Yervi dan Hasani, Elim. 2009. Komparasi Penggunaan Kayu dan Baja Ringan Sebagai Konstruksi Rangka Atap. Jurnal TeknikA no. 32 Vol. 1 tahun XVI, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, 2009
- Nur, Kasmat Saleh dan Utirahman, Arfan. 2012. Analisis stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional Pada Rangka Batang. (Laporan Penelitian Dana PNBP Tahun 2012 Tidak Dipublikasikan, Universitas Negeri Gorontalo, 2012)
- PT. Lion Metal Works tbk. 2009. Company Profile and Product Knowledge, PT Lion Metal Works tbk bagian produk Lion Truss.
- Suadamara, Torkista. 2010. Analisa profil CFS dalam pemasangan Struktur Rangka Atap Yang Efisien, (Tugas Akhir Tidak Dipublikasikan, Universitas Kristen Maranata, Bandung, 2010)
- Yunus, Asyari Darami. 2010. Diktat Mekanika Kekuatan Material, Universitas Dharma Persada, (diktat kuliah untuk kalangan sendiri, Jakarta, 2010)
- Yu, Wei-Wen. 2010. Cold Form Steel Design Fourth Edition, John Willey and Son, USA, 2010. [http://www.google/Cold-Formed Steel Design - Wei-Wen Yu - Google Books.htm](http://www.google/Cold-Formed%20Steel%20Design%20-%20Wei-Wen%20Yu). Diakses tanggal 29/08/2014.