

PENGARUH BERBAGAI JENIS SCREW TERHADAP KUAT TARIK DAN KUAT GESER SAMBUNGAN BAJA RINGAN

Lutfi Verdy Firmansyah

mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: lutfiverdy@gmail.com

Abstrak

Jumlah *screw* pada setiap sambungan ditentukan oleh hasil desain berdasarkan perhitungan kapasitas beban yang mampu diterima oleh setiap *screw* (Agustinus, 2011). Kebutuhan *screw* pada rangka atap baja ringan untuk setiap *joint* minimal dua buah, namun pada kenyataan di lapangan, setiap *joint* dipasang *screw* sebanyak tiga buah, dengan maksud apabila terjadi kegagalan pada satu *screw* maka kegagalan tersebut dapat dibebankan kepada *screw* yang lain. *Screw* yang beredar di lapangan memiliki kekuatan yang berbeda-beda disetiap jenisnya. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mencari dan mengetahui kuat tarik dan kuat geser maksimal serta nilai kegagalan berbagai jenis *screw* pada sambungan. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode uji laboratorium. Jenis *screw* yang digunakan sebagai benda uji pada penelitian ini adalah 10-16.CII, 10-16.Pj, 10-16.JW, 12-20.CII, 12-20.Pj dan 12-20.JW. Model perletakan *screw* yang digunakan sama dengan kondisi lapangan yakni zig-zag. Pengujian sambungan dilaksanakan di laboratorium dengan memberikan beban tarik pada setiap benda uji. Hasil penelitian dengan tegangan tarik putus profil (*fu*) sebesar 495 MPa, didapatkan rata-rata nilai kuat tarik (*Nt*) dan kuat geser (*Vn*) sambungan sebesar 18,17 KN pada jenis 10-16 dan 19,03 KN pada jenis 12-20 dengan nilai kegagalan tarik sambungan rata-rata sebesar 28,04 % pada jenis 10-16 dan 21,12 % pada jenis 12-20. Kekuatan geser per-*screw* yang didapat adalah 6,29 KN pada 10-16.JW, 5,96 KN pada 10-16.CII, 5,92 KN pada 10-16.Pj, 6,49 KN pada 12-20.JW, 6,32 KN pada 12-20.Pj dan 6,22 KN pada 12-20.CII dengan nilai kegagalan *screw* rata-rata sebesar 10,3 % pada jenis 10-16 dan 28,57 % pada jenis 12-20, sehingga perlu diambil faktor reduksi (φ) sebesar 0,8 pada jenis 10-16 dan 0,65 pada jenis 12-20 sebagai toleransi keamanan kekuatan per-*screw* dalam merencanakan kebutuhan *screw* setiap *joint* pada rangka atap baja ringan.

Kata kunci: *screw*, kuat tarik, kuat geser, nilai kegagalan

Abstract

Amount of screw on each connection is determined by the results of the design is based on the calculation of the load capacity can be accepted by each screw (Agustinus, 2011). Needs screw on lightweight steel roof truss for each joint of at least two pieces, but the reality on the field, each joint screw mounted three pieces, with the purpose, if there is a failure on one screw then the failure can be charged to the other screw. Screw that circulated on the field have the different strengths in each type. Therefore, the purpose of this research is to seek and know the tensile strength and shear strength as well as the maximum value of the failure of the various types of screw on connection. This study was conducted with laboratory test methods. Type of screw used as a specimen in this study is a 10-16.CII, 10-16.Pj, 10-16.JW, 12-20.CII, 12-and 12-20.JW 20.Pj. The model used the same screw placement with the field conditions ie zig-zag. Testing was conducted in the laboratory with provide a tensile load on each specimen. The results of the study with the tensile stress of the profiles (*fu*) is 495 MPa , obtained an average tensile strength values (*Nt*) and shear strength (*Vn*) of 18.17 KN on the type 10-16 and 19.03 KN on the type 12-20 with the value of a tension connection failure on average by 28.04 % on the type 10-16 and 21.12 % on the type 12-20. Shear strength per-screw obtained was 6,29 KN on the 10-16.JW, 5,96 KN on the 10-16.CII, 5,92 KN on the 10-16.Pj, 6,49 KN on the 12-20.JW, 6,32 KN on the 12-20.Pj and 6,22 KN on the 12-20.CII with the value of screw failure on average by 10,3 % on the type 10-16 and 28,57 % on the type 12-20, so it needs to be taken reduction factor (φ) of 0,8 on the type 10-16 and 0,65 on the type 12-20 as a kind of security force tolerance per-screw on the design for the needs of each joint screw on lightweight steel roof truss.

Keywords: screw, tensile strength, shear strength, the value of failure

PENDAHULUAN

Beberapa kasus robohnya atap dengan konstruksi rangka atap baja ringan, membuat tidak sedikit kalangan akademis menjadi ragu akan kekuatan material ini. Sebenarnya baja ringan itu pada prinsipnya kuat, hanya

saja faktor nonteknis yang selalu menjadi masalah. Faktor nonteknis yang dimaksud adalah tenaga pemasangan yang kurang terampil atau kecerobohan dalam memberikan beban yang tidak semestinya pada

rangka atap. Proses perakitan rangka atap sangat penting dan vital peranannya bagi struktur secara keseluruhan, di antaranya yaitu pemasangan *screw* pada sambungan rangka atap. Kesalahan memilih dan memasang *screw* bisa berakibat fatal bagi kekuatan rangka atap, karena *screw* yang baik adalah *screw* yang secara teknis mampu menahan beban lebih besar daripada beban izin jenis *screw* (Iden, 2010:78-79).

Jumlah *screw* pada setiap sambungan ditentukan oleh hasil desain berdasarkan perhitungan kapasitas beban yang mampu diterima oleh setiap *screw* (Agustinus, 2011:9). Kebutuhan *screw* pada rangka atap baja ringan untuk setiap *joint* minimal dua buah, namun pada kenyataan di lapangan, setiap *joint* dipasang *screw* sebanyak tiga buah, dengan maksud apabila terjadi kegagalan pada satu *screw* maka kegagalan tersebut dapat dibebankan kepada *screw* yang lain.

Standar khusus untuk perhitungan kekuatan dan penentuan kebutuhan *screw* pada sambungan rangka atap baja ringan belum ada di Indonesia. Standar yang dipakai oleh produsen baja ringan di Indonesia hanya terbatas pada pembebanan struktur secara umum yang mengacu pada PPUIG 1983 dan standar untuk kualitas material penyusun baja ringan yang mengacu pada SNI 4096:2007, sedangkan standar perhitungan struktur yang digunakan oleh produsen masih memakai AS/NZS 4600:2005 dari Australia dan New Zealand.

Screw yang umum digunakan dalam perakitan sambungan rangka atap baja ringan dilapangan adalah jenis 10-16 dan 12-20. Setiap jenisnya tentu memiliki kekuatan yang berbeda-beda tergantung dari produsennya. Seperti yang disampaikan sebelumnya, kesalahan dalam pemasangan *screw* serta kebutuhan *screw* yang berbeda antara aplikasi lapangan dengan aplikasi desain struktur rangka atap yang dikeluarkan oleh produsen menyebabkan timbulnya nilai kegagalan (*failure*) pada setiap *screw* sehingga secara otomatis akan berimbas pada kelemahan dari kekuatan sambungan.

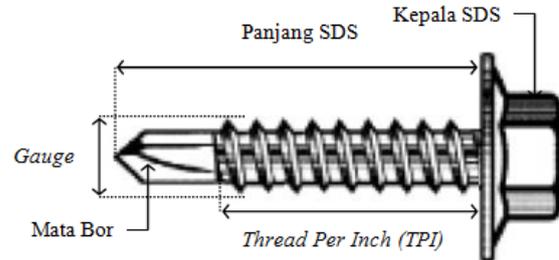
Penelitian ini mengamati tentang pengaruh berbagai jenis *screw* terhadap kekuatan sambungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mencari nilai kuat tarik dan kuat geser maksimal yang dihasilkan oleh sambungan dan *screw*, serta menganalisis nilai kegagalan dari sambungan dan *screw*.

Screw yang dipakai dalam sambungan rangka atap di lapangan adalah *screw* sekali pakai, atau biasa disebut dengan *Self Drilling Screw* (SDS). Pemasangannya menggunakan bor dengan mata bor berupa socket SDS, atau biasa disebut dengan *screw driver*. Gambar SDS (a) dan *screw driver* (b) dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. (a) SDS, (b) *screw driver*

SDS dapat diidentifikasi bagian-bagiannya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. bagian-bagian SDS

Bagian-bagian SDS ini terkadang ada beberapa yang dimasukkan sebagai penamaan yang mewakili jenis SDS tersebut. Misalnya SDS 10-16, maksudnya adalah SDS tersebut memiliki diameter terluar (*gauge*) sebesar 10 *gauge* dengan panjang 16 mm. *Gauge* itu tidaklah sama dengan diameter SDS (*df*) yang dijadikan tolak ukur dalam mendesain kekuatan sambungan. Diameter SDS diukur dari bagian yang tidak berulir.

Desain kekuatan sambungan dihitung berdasarkan pengaruh luas daerah penampang *netto* sambungan (A_n) terhadap tegangan tarik putus profil (f_u) yang digunakan sebagai sambungan.

Menurut AS/NZS 4600:2005 Tabel 1.5 (2005:27), tegangan tarik putus baja ringan adalah 550 MPa. Desain sambungan dengan ketebalan profil < 0,9 mm, harus diambil 90% dari nilai yang telah ditentukan pada tabel 1.5, yakni 495 MPa, hal ini seperti yang tertulis dalam AS/NZS 4600:2005 Pasal 1.5.1.4.b.i (2005:26). Rumus perhitungan tegangan (σ) dinyatakan dengan :

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

Keterangan :

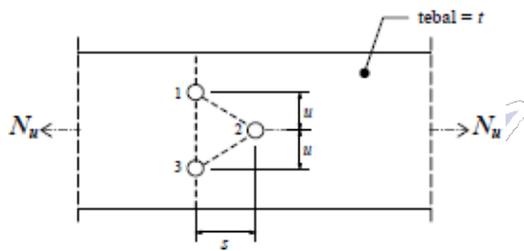
- σ : tegangan (N/mm²)
- P : beban yang diberikan (N)
- A : luas penampang baja ringan (mm²)

Luas penampang *netto* secara umum diambil dari luas penampang total (A_g) dikurangi dengan luas jumlah lubang SDS pada penampang tersebut. Apabila SDS diletakkan zig-zag, maka menurut SNI 03-1729-2002 Pasal 10.2.1 (2002:71) dinyatakan dengan :

$$A_n = A_g - (n_h * df * t) + \Sigma \left(\frac{Sp^2 * t}{4 * Sg} \right) \quad (2)$$

Keterangan :

- An : luas penampang netto (mm²)
- Ag : luas penampang total (mm²)
- nh : jumlah lubang
- df : diameter SDS (mm)
- t : tebal pelat sambungan (mm)
- Sp : jarak paralel vertikal antar SDS (mm)
- Sg : jarak paralel horizontal antar SDS (mm)



Gambar 3. ilustrasi SNI untuk perletakan lubang secara zig-zag

Nilai "Sp" dan "Sg" adalah bentuk penyesuaian rumus SNI 03-1729-2002 Pasal 10.2.1 (2002:71) dengan AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.3.1.ii (2005:100). "Sp" untuk "u" sedangkan "Sg" untuk "s".

Kekuatan sambungan didesain berdasarkan kuat tarik nominal (Nt) dan kuat geser nominal (Vn) sambungan. AS/NZS 4600:2005 dalam Pasal 5.4.2.2 (3) menyatakan bahwa desain kuat tarik nominal harus dihitung sesuai dengan :

$$N_t = A_n * f_u \quad (3)$$

Keterangan :

- Nt : kuat tarik nominal (N)
- fu : tegangan tarik putus (N/mm²)

Sedangkan dalam AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.6.1 (2), desain kuat geser nominal harus dihitung sesuai dengan :

$$V_n = 0,6 * f_u * A_{wn} \quad (4)$$

Keterangan :

- Vn : kuat geser nominal (N)
- Awn : luas penampang badan sambungan (mm²)

Nilai " Awn " dihitung berdasarkan AS/NZS 4600:2005 pasal 5.6.1 (3), yaitu :

$$A_{wn} = (d_{wc} - n_h * df) * t \quad (5)$$

Keterangan :

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

Kedalaman badan yang dimaksud adalah panjang penampang badan pada daerah geser.

Perilaku sambungan tidak bisa ditentukan secara pasti, dalam hal ini adalah mengenai keruntuhan sambungan tersebut. Pada umumnya model keruntuhan dapat dipisahkan dalam dua kategori, yaitu keruntuhan pada pelat dan keruntuhan pada alat penghubung (Wiryanto dan Suhari, 2009:3). Keruntuhan pada pelat terjadi karena alat penghubung mempunyai mutu yang lebih bagus daripada pelat yang digunakan sebagai sambungan, atau sebaliknya. Menurut AS/NZS 4600:2005, model keruntuhan sambungan dengan alat penghubung berupa screw dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini:



Gambar 4. keruntuhan tilting

Keruntuhan *tilting* (Vb₁) adalah mulainya kondisi keruntuhan pada bagian tumpuan pelat sehingga menyebabkan screw mengalami kemiringan akibat perlawanan dari screw itu sendiri dalam mekanisme geser selama menahan beban tarik yang diberikan. Perhitungan pada keruntuhan jenis ini memiliki syarat berupa perbandingan antara ketebalan pelat yang tidak kontak langsung dengan kepala SDS (t₂) dengan ketebalan pelat yang kontak langsung dengan kepala SDS (t₁). Tebal profil penyambung pada rangka atap baja ringan umumnya memiliki nilai yang sama yakni 0,75 mm, sehingga nilai keruntuhan *tilting* untuk "t₂/t₁ ≤ 1,0" menurut AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.4.2.3 (2) adalah :

$$V_{b1} = 4,2 * \sqrt{(t_2^3 * df)} * f_{u2} \quad (6)$$

Keterangan :

Vb₁ : nilai keruntuhan *tilting* (N)



Gambar 5. keruntuhan hole-bearing

Keruntuhan *hole-bearing* (Vb₂) terjadi akibat perlawanan terus menerus dari screw selama menahan beban tarik yang diberikan, sehingga membuat pelat

sambungan yang tidak kontak langsung dengan kepala *screw* menjadi berlubang karena tarikan dari drat *screw*. Syarat untuk perhitungannya sama dengan keruntuhan tilting (Vb_1), hanya saja perlu dihitung menurut ketebalan pelat apabila terjadi perbedaan ketebalan pelat sambungan. Nilai keruntuhan *hole-bearing* menurut AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.4.2.3 (3 dan 4) dapat ditulis menjadi :

$$Vb_2 = C * t * df * fu \quad (7)$$

Keterangan :

Vb_2 : nilai keruntuhan *hole-bearing* (N)

C : faktor bearing (dapat dilihat pada tabel dibawah ini)

Tabel 1. Faktor Bearing (C)

Rasio diameter SDS terhadap tebal pelat sambungan, df/t	C
$df/t < 6$	2,7
$6 \leq df/t \leq 13$	$3,3 - 0,1 * (df/t)$
$df/t > 13$	2,0

Sumber : AS/NZS 4600:2005 (2005:106)



Gambar 6. keruntuhan *pull-over*

Keruntuhan *pull-over* (N_{ov}) adalah suatu kondisi keruntuhan sambungan dimana *screw* yang terangkat akibat drat masih tertahan dipelat dan secara teknis drat *screw* tersebut masih menahan beban tarik yang diberikan walaupun posisi pelat yang disambung tidak seperti posisi semula. Kondisi keruntuhan *pull-over* hanya berlaku untuk " $0,5 \text{ mm} < t_1 < 1,5 \text{ mm}$ ". Menurut AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.4.3.2 (3), keruntuhan *pull-over* dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{ov} = 1,5 * t_1 * dw * fu_1 \quad (8)$$

Keterangan :

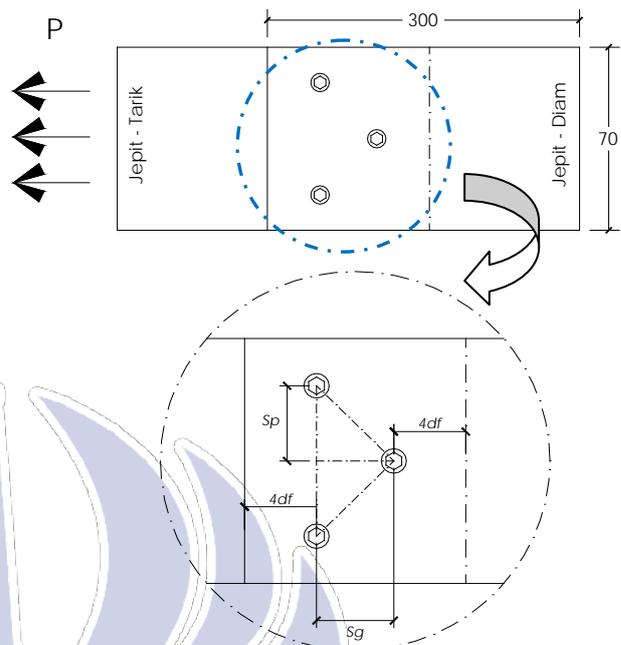
N_{ov} : nilai keruntuhan *pull-over* (N)

dw : diameter *washer* (mm)

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian uji laboratorium, dimana peneliti akan mencari pengaruh dari berbagai jenis *screw* terhadap kekuatan sambungan melalui serentetan kegiatan pengujian yang sistematis. Jenis *screw* yang dipakai sebagai benda uji adalah SDS 10-16 CII, SDS 12-20 CII, SDS 10-16 Pj, SDS 12-20 Pj, SDS 10-16 JW dan SDS 12-20 JW. Desain benda uji berupa sambungan

mengacu pada sambungan *joint* pada kondisi sebenarnya, karena kecerobohan dalam memberikan beban biasanya terjadi pada sambungan *joint*. Desain dan *set-up* benda uji dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. desain dan *set-up* benda uji

Seperti yang dilihat pada gambar, parameter yang dikontrol dalam desain benda uji adalah jarak SDS ke tepi, jarak paralel vertikal (Sp) dan jarak paralel horizontal (Sg) antar SDS. Jarak SDS ke tepi diambil " $4*df$ " sedangkan " $Sp = Sg$ " yakni $\frac{70 \text{ mm} - (2 * 4 df)}{2}$.

Jumlah benda uji mengacu pada AISI S905:08 Pasal 7.1 yakni tiga buah sambungan untuk setiap variabelnya. Sistem pengujian yang dipakai adalah dengan memberikan beban tarik (P) melalui alat bernama *Universal Testing Machine* terhadap salah satu sisi sambungan yang telah dijepit sedangkan sisi yang lain dalam kondisi diam, walaupun sama-sama dijepit (gambar 6.). Data *output* yang diamati saat pengujian adalah beban tarik yang diterima sambungan, penambahan panjang (ΔL) dan perilaku keruntuhan sambungan.

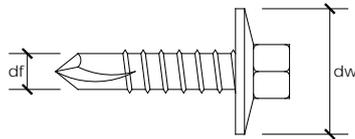
Analisis data akan dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan data-data yang didapat selama eksperimen dan data-data teoritik hasil perhitungan, dengan urutan sebagai berikut :

- Pemeriksaan bahan.
- Analisis kekuatan teoritik.
- Hasil pengujian sambungan struktur.
- Analisis kuat tarik sambungan (Nt).
- Analisis kuat geser sambungan (Vn).
- Analisis keruntuhan sambungan dan kegagalan SDS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan bahan

Pemeriksaan bahan yang dilakukan meliputi pemeriksaan penampang SDS, pemeriksaan mutu bahan dan pengambilan data kekuatan SDS. Pemeriksaan penampang SDS ditinjau dari diameter SDS (df) dan diameter washer (dw) dengan tujuan untuk mendesain kekuatan teoritik sambungan. Hasil pemeriksaan penampang SDS dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.



Gambar 7. penampang SDS yang diperiksa

Tabel 2. Hasil pemeriksaan penampang SDS

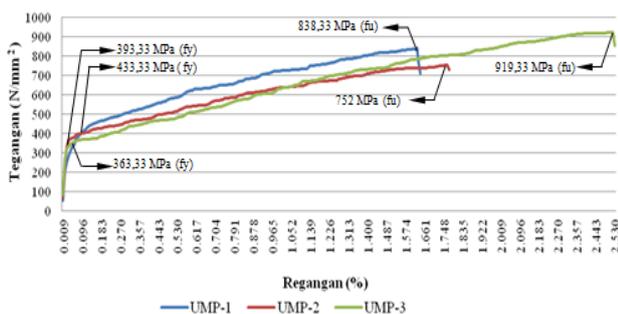
No.	Merk SDS	df mm	dw mm	No.	Merk SDS	df mm	dw mm
1	CII	3,9	11,2	1	CII	4,8	14,1
2	Pj	3,9	11,5	2	Pj	4,5	14,5
3	JW	3,9	11,0	3	JW	4,2	13,8

Tabel 2 menjabarkan bahwa diameter SDS untuk jenis SDS 10-16 memiliki ukuran yang sama sedangkan untuk jenis SDS 12-20 memiliki ukuran yang berbeda-beda. Diameter washer untuk semua jenis, memiliki ukuran yang berbeda-beda disetiap merknya.

Pemeriksaan selanjutnya dilakukan terhadap mutu profil baja ringan. Hasil pemeriksaan mutu profil baja ringan dapat dilihat pada grafik tegangan regangan dan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan mutu profil

No.	Specimen	f_y MPa	Average MPa	f_u MPa	Average MPa
1	UMP-1	433,33		838,33	
2	UMP-2	393,33	396,66	752,00	836,55
3	UMP-3	363,33		919,33	



Gambar 8. grafik tegangan regangan profil

Desain kekuatan sambungan teoritik dihitung menggunakan tegangan tarik putus profil (f_u). Tabel 3 menjabarkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik putus profil adalah 866,35 MPa, hal ini sudah memenuhi kriteria yakni diatas dari nilai yang ditentukan dalam tabel 1.5 pada AS/NZS 4600:2005 yakni 550 MPa. Dalam mendesain kekuatan sambungan, nilai tegangan tarik putus profil tidak boleh diambil melebihi 550 MPa * 90% yakni 495 MPa (AS/NZS 4600:2005 pasal 1.5.1.4.b.i).

Kekuatan SDS, baik kuat tarik (Nt_{pabrik}) atau kuat geser (Vn_{pabrik}) diambil dari distributor SDS. Kekuatan SDS pabrik akan dijadikan pembanding untuk kekuatan SDS aktual. Data kekuatan SDS setiap jenisnya dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Data kekuatan SDS

No.	SDS	Nt_{pabrik} KN	Vn_{pabrik} KN
1	10-16.CII	11,6	7,1
2	10-16.Pj	9,3	6,2
3	10-16.JW	9,1	6,0
4	12-20.CII	14,3	9,3
5	12-20.Pj	12,4	8,9
6	12-20.JW	11,8	8,5

B. Analisis kekuatan teoritik

Analisis kekuatan sambungan teoritik dilakukan untuk mengetahui kekuatan benda uji secara teoritik dan akan dijadikan sebagai bahan pembanding dengan hasil penelitian. Analisis kekuatan sambungan teoritik menggunakan data-data dari pemeriksaan bahan, yakni data penampang SDS dan data mutu bahan. Analisis terhadap kuat tarik sambungan nominal (Nt) menggunakan rumus 3, kuat geser nominal (Vn) menggunakan rumus 4, nilai keruntuhan tilting per-SDS (Vb_1) menggunakan rumus 6, nilai keruntuhan hole-bearing per-SDS (Vb_2) menggunakan rumus 7 dan nilai keruntuhan pull-over (N_{ov}) menggunakan rumus 8. Analisis kekuatan teoritik dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Analisis kekuatan teoritik

No.	Jenis SDS	Merk SDS	Nt KN	Vn KN	Vb_1 KN	Vb_2 KN	N_{ov} KN
1	10-16	JW	25,25	16,57	2,67	3,91	6,1
		Pj	25,25	16,57	2,67	3,91	6,4
		CII	25,25	16,57	2,67	3,91	6,2
2	12-20	JW	24,69	16,14	2,77	4,21	7,7
		Pj	24,13	15,72	2,86	4,51	8,1
		CII	23,57	15,30	2,96	4,74	7,9

Tabel 5 menjabarkan bahwa nilai kuat tarik dan kuat geser sambungan teoritik pada jenis SDS 10-16 lebih besar daripada jenis SDS 12-20, hal ini karena pengaruh diameter SDS. Semakin kecil ukuran diameter SDS maka akan menghasilkan luas penampang netto (A_n dan A_{wn}) yang semakin besar. Sedangkan pada semua nilai keruntuhan dalam tabel 5, ditentukan oleh besarnya diameter SDS dan diameter washer. Semakin besar diameter SDS dan washer, maka semakin besar pula nilai keruntuhan yang dihasilkan.

C. Hasil pengujian sambungan struktur

Kekuatan maksimal ($P_{maks.}$) dari pengujian tarik sambungan dapat digunakan menjadi kuat tarik maksimal (N_t aktual) atau kuat geser maksimal secara aktual (V_n aktual). Pengamatan juga dilakukan pada perilaku keruntuhan sambungan, alur keruntuhan dan nilai keruntuhannya. Hasil pengujian tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

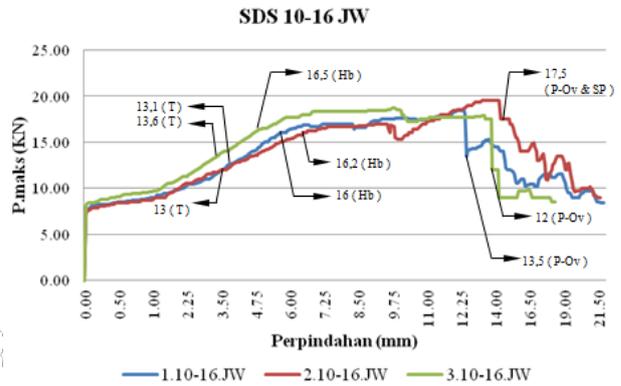
Tabel 6. Hasil pengujian tarik sambungan

No.	Specimen	P maks. KN	Average P maks. KN	Perilaku Keruntuhan
1	1.10-16.JW	18,4	18,87	T, Hb & P-Ov
	2.10-16.JW	19,5		T, Hb, P-Ov & SP
	3.10-16.JW	18,7		T, Hb & P-Ov
2	1.10-16.CII	18,0	17,87	T, Hb & P-Ov
	2.10-16.CII	18,5		T, Hb, & P-Ov
	3.10-16.CII	17,1		T, Hb & P-Ov
3	1.10-16.Pj	17,8	17,77	T, Hb & P-Ov
	2.10-16.Pj	17,5		T, Hb, & P-Ov
	3.10-16.Pj	18,0		T, Hb & P-Ov
4	1.12-20.JW	19,1	19,47	T, Hb & P-Ov
	2.12-20.JW	19,8		T, Hb, P-Ov & SP
	3.12-20.JW	19,5		T, Hb & P-Ov
5	1.12-20.Pj	18,1	18,97	T, Hb & P-Ov
	2.12-20.Pj	19,3		T, Hb, & P-Ov
	3.12-20.Pj	19,5		T, Hb & P-Ov
6	1.12-20.CII	18,6	18,67	T, Hb & P-Ov
	2.12-20.CII	18,8		T, Hb, & P-Ov
	3.12-20.CII	18,6		T, Hb & P-Ov

Keterangan : T (Tilting), Hb (Hole-bearing), P-Ov (Pull-Over), SP (SDS Putus)

Alur keruntuhan yang secara umum terjadi selama pengujian diawali dengan miringnya SDS atau bisa disebut *tilting*, lalu berlanjut dengan timbulnya lubang pada arah yang berlawanan dengan tumpuan pelat atau bisa disebut *hole-bearing* sampai pada akhirnya posisi pelat bergeser dan terlepas sehingga pelat tidak

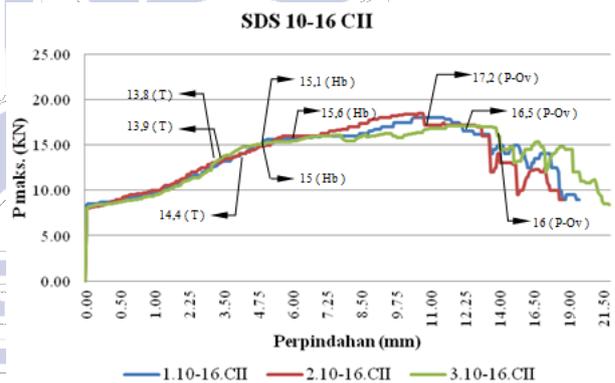
lagi pada kondisi rapat atau bisa disebut *pull-over*. Pada beberapa benda uji bahkan mengalami putus pada SDS ketika pada kondisi keruntuhan *pull-over*. Alur keruntuhan SDS disetiap jenisnya dapat dilihat pada grafik-grafik dan tabel-tabel dibawah ini.



Gambar 9. grafik pengujian sambungan SDS 10-16.JW

Tabel 7. Nilai keruntuhan sambungan SDS 10-16.JW

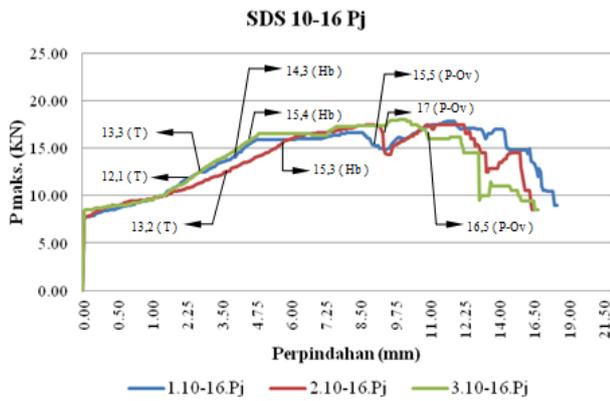
No.	Specimen	T Vb_1 KN	Hb Vb_2 KN	P-Ov Nov KN	SP KN
1	1.10-16.JW	13,0	16,0	13,5	-
	2.10-16.JW	13,1	16,2	17,5	17,5
	3.10-16.JW	13,6	16,5	12,0	-
Average		13,2	16,2	14,3	-
Average per-SDS		4,4	5,4	4,8	-



Gambar 10. grafik pengujian sambungan SDS 10-16.CII

Tabel 8. Nilai keruntuhan sambungan SDS 10-16.CII

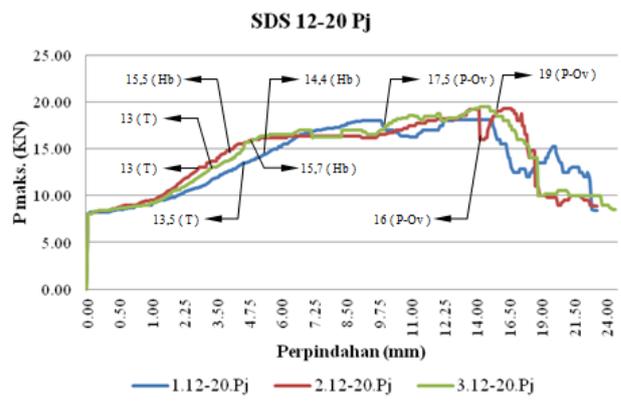
No.	Specimen	T Vb_1 KN	Hb Vb_2 KN	P-Ov Nov KN	SP KN
2	1.10-16.CII	13,8	15,6	16,5	-
	2.10-16.CII	14,4	15,0	17,2	-
	3.10-16.CII	13,9	15,1	16,0	-
Average		13,2	14,0	15,2	16,6
Average per-SDS		4,4	4,7	5,1	5,5



Gambar 11. grafik pengujian sambungan SDS 10-16.Pj

Tabel 9. Nilai keruntuhan sambungan SDS 10-16.Pj

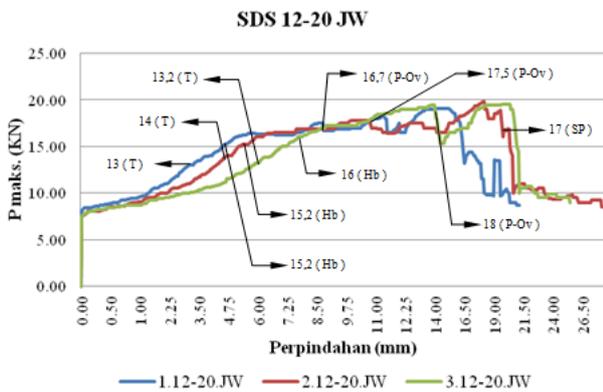
No.	Specimen	T Vb ₁ KN	Hb Vb ₂ KN	P-Ov Nov KN	SP KN
3	1.10-16.Pj	12,1	14,3	15,5	-
	2.10-16.Pj	13,2	15,3	17,0	-
	3.10-16.Pj	13,3	15,4	16,5	-
Average		13,2	12,9	15,0	16,3
Average per-SDS		4,4	4,3	5,0	5,4



Gambar 13. grafik pengujian sambungan SDS 12-20.Pj

Tabel 11. Nilai keruntuhan sambungan SDS 12-20.Pj

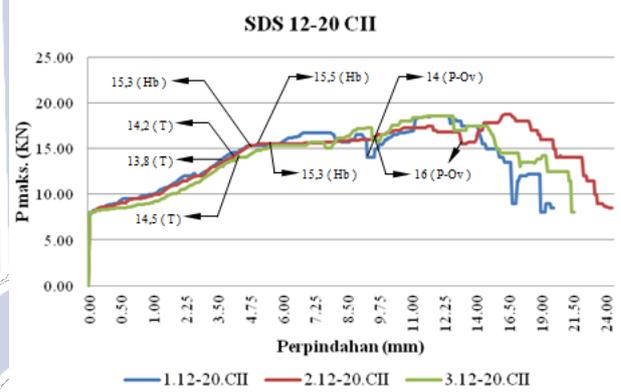
No.	Specimen	T Vb ₁ KN	Hb Vb ₂ KN	P-Ov Nov KN	SP KN
5	1.12-20.Pj	13,5	14,4	17,5	-
	2.12-20.Pj	13,0	15,5	16,0	-
	3.12-20.Pj	13,0	15,7	19,0	-
Average		13,2	13,2	15,2	17,5
Average per-SDS		4,4	4,4	5,1	5,8



Gambar 12. grafik pengujian sambungan SDS 12-20.JW

Tabel 10. Nilai keruntuhan sambungan SDS 12-20.JW

No.	Specimen	T Vb ₁ KN	Hb Vb ₂ KN	P-Ov Nov KN	SP KN
4	1.12-20.JW	13,0	15,2	16,7	-
	2.12-20.JW	14,0	15,2	17,5	17,0
	3.12-20.JW	13,2	16,0	18,0	-
Average		13,2	13,4	15,5	17,4
Average per-SDS		4,4	4,5	5,2	5,8



Gambar 14. grafik pengujian sambungan SDS 12-20.CII

Tabel 12. Nilai keruntuhan sambungan SDS 12-20.CII

No.	Specimen	T Vb ₁ KN	Hb Vb ₂ KN	P-Ov Nov KN	SP KN
6	1.12-20.CII	13,8	15,3	14,0	-
	2.12-20.CII	14,2	15,5	16,0	-
	3.12-20.CII	14,5	15,3	16,0	-
Average		13,2	14,2	15,4	15,3
Average per-SDS		4,4	4,7	5,1	5,1

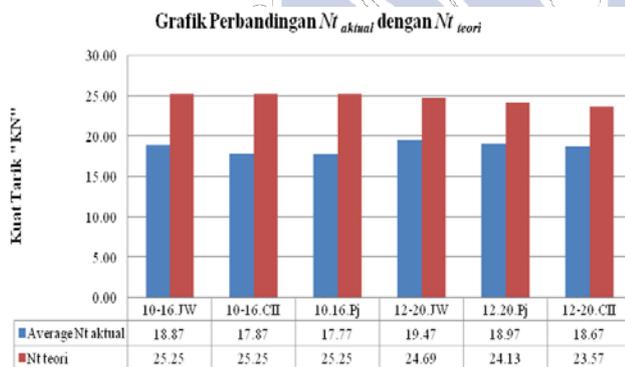
Pada *specimen* 2.10-16.JW dan 2.12-20.JW terjadi putus pada SDS. SDS yang putus hanya satu buah dan letak SDS yang putus itu terletak bebas sendiri di ujung sambungan.

D. Analisis kuat tarik sambungan (N_t)

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 6. Nilai kuat tarik maksimal aktual akan dibandingkan dengan nilai kuat tarik maksimal teoritik (N_t teoritik) yang ada pada Tabel 5, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 13 dibawah ini.

Tabel 13. Analisis kekuatan tarik sambungan

No.	Specimen	Average N_t aktual KN	N_t teoritik KN	Ratio %	Failure %
1	10-16.JW	18,87	25,25	74,73	25,27
2	10-16.CII	17,87	25,25	70,77	29,23
3	10.16.Pj	17,77	25,25	70,38	29,62
4	12-20.JW	19,47	24,69	78,85	21,15
5	12.20.Pj	18,97	24,13	78,60	21,40
6	12-20.CII	18,67	23,57	79,18	20,82



Gambar 15. grafik perbandingan N_t aktual dengan N_t teoritik

Hasil yang terlihat pada Tabel 13 dan Gambar 15 ternyata berkebalikan dengan teori, yakni jenis SDS 12-20 memiliki nilai kuat tarik rata-rata yang lebih besar daripada jenis SDS 10-16 yakni 19,03 KN > 18,17 KN. Nilai kegagalan yang timbul (*failure*) pada jenis SDS 10-16 lebih besar daripada SDS 12-20 yakni 28,04% > 21,12%. Rasio yang timbul pada semua jenis SDS nilainya masih aman karena masih diatas 65%, sehingga faktor reduksi (ϕ) sebesar 0,65 masih dapat digunakan dalam menghitung perencanaan kekuatan sambungan.

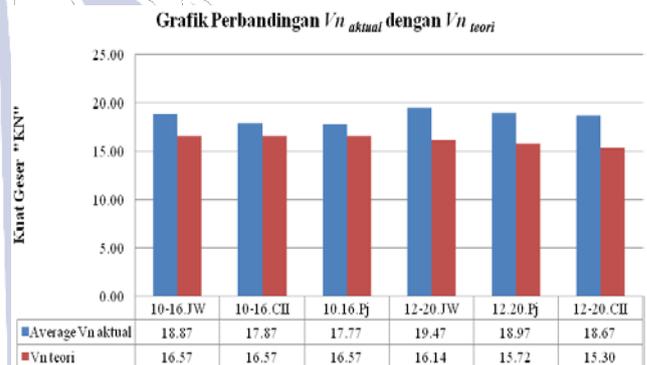
E. Analisis kuat geser sambungan (V_n)

Nilai kuat geser sambungan aktual (V_n aktual) pada analisis ini juga diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P maks.) pengujian yang ada pada Tabel 6. Nilai kuat geser maksimal aktual akan dibandingkan dengan nilai kuat geser maksimal

teoritik (V_n teoritik) yang ada pada Tabel 5, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan geser sambungan dapat dilihat pada Tabel 14 dibawah ini.

Tabel 14. Analisis kekuatan tarik sambungan

No.	Specimen	Average V_n aktual KN	V_n teoritik KN	Ratio %	Failure %
1	10-16.JW	18.87	16.57	113.89	-13.89
2	10-16.CII	17.87	16.57	107.85	-7.85
3	10.16.Pj	17.77	16.57	107.25	-7.25
4	12-20.JW	19.47	16.14	120.58	-20.58
5	12.20.Pj	18.97	15.72	120.63	-20.63
6	12-20.CII	18.67	15.30	122.00	-22.00



Gambar 16. grafik perbandingan V_n aktual dengan V_n teoritik

Hasil yang terlihat pada Tabel 14 dan Gambar 16 ternyata lebih besar dari teori, sehingga kegagalan geser sama sekali tidak terjadi (dapat dilihat juga dari nilai *failure* yang minus). Nilai rata-rata kuat geser pada jenis SDS 12-20 lebih besar daripada jenis SDS 10-16 yakni 19,03 KN > 18,17 KN.

F. Analisis keruntuhan sambungan dan kegagalan SDS

Analisis keruntuhan sambungan dilakukan pada setiap jenis keruntuhan sambungan. Data keruntuhan aktual rata-rata per SDS-nya diambil dari Tabel 7-12 untuk setiap jenis keruntuhan. Data keruntuhan teoritik per SDS-nya diambil dari Tabel 5 untuk setiap jenis keruntuhannya. Hasil analisis untuk keruntuhan *tilting* awal dapat dilihat pada Tabel 15 dibawah ini.

Tabel 15. Analisis keruntuhan *tilting* awal

No.	Specimen	Average V_{b1} aktual KN	V_{b1} teoritik KN	Ratio %	Failure %
1	10-16.JW	4.41	2.67	165.41	-65.41
2	10-16.CII	4.68	2.67	175.41	-75.41

No.	Specimen	Average	Vb_1 teori	Ratio	Failure
		Vb_1 aktual			
		KN	KN	%	%
3	10.16.Pj	4.29	2.67	160.83	-60.83
4	12-20.JW	4.47	2.77	161.40	-61.40
5	12.20.Pj	4.39	2.86	153.22	-53.22
6	12-20.CII	4.72	2.96	159.62	-59.62

Hasil analisis untuk keruntuhan *hole-bearing* awal dapat dilihat pada Tabel 16 dibawah ini.

Tabel 16. Analisis keruntuhan *hole-bearing* awal

No.	Specimen	Average	Vb_2 teori	Ratio	Failure
		Vb_2 aktual			
		KN	KN	%	%
1	10-16.JW	5.41	3.91	138.42	-38.42
2	10-16.CII	5.08	3.91	129.89	-29.89
3	10.16.Pj	5.00	3.91	127.90	-27.90
4	12-20.JW	5.16	4.21	122.46	-22.46
5	12.20.Pj	5.07	4.51	112.33	-12.33
6	12-20.CII	5.12	4.74	108.06	-8.06

Hasil analisis untuk keruntuhan *pull-over* awal dapat dilihat pada Tabel 17 dibawah ini.

Tabel 17. Analisis keruntuhan *pull-over* awal

No.	Specimen	Average	N_{ov} teori	Ratio	Failure
		N_{ov} aktual			
		KN	KN	%	%
1	10-16.JW	4,78	6,13	78,00	22,00
2	10-16.CII	5,52	6,24	88,54	11,46
3	10.16.Pj	5,44	6,40	85,02	14,98
4	12-20.JW	5,80	7,68	75,47	24,53
5	12.20.Pj	5,83	8,07	72,24	27,76
6	12-20.CII	5,11	7,85	65,09	34,91

Kekuatan SDS aktual akan diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum ($P_{maks.}$) pengujian yang ada pada Tabel 6 dibagi jumlah SDS pada *specimen*. Perbandingan yang digunakan hanya kuat geser SDS (Vn_{pabrik}) pada Tabel 4, karena pada analisis kuat geser sambungan tidak muncul nilai kegagalan. Hasil analisis kekuatan SDS dapat dilihat pada Tabel 18 dibawah ini.

Tabel 18. Analisis kekuatan SDS

No.	Specimen	$\frac{P_{maks.}}{3}$	Vn_{pabrik}	Ratio	Failure
		KN			
		KN	KN	%	%
1	10-16.JW	6,29	6,0	104,8	-4,8

No.	Specimen	$\frac{P_{maks.}}{3}$	Vn_{pabrik}	Ratio	Failure
		KN			
		KN	KN	%	%
2	10-16.CII	5,96	7,1	83,9	16,1
3	10.16.Pj	5,92	6,2	95,5	4,5
4	12-20.JW	6,49	8,5	76,3	23,7
5	12.20.Pj	6,32	8,9	71,0	29,0
6	12-20.CII	6,22	9,3	66,9	33,1

Hasil yang didapatkan dari Tabel 18 adalah nilai kuat geser (Vn) per SDS aktual rata-rata pada jenis SDS 10-16 adalah 6,06 KN, sedangkan pada jenis SDS 12-20 adalah 6,34 KN. Nilai kegagalan rata-rata pada jenis SDS 10-16 adalah 10,3%, sedangkan pada jenis SDS 12-20 adalah 28,57%. Faktor reduksi (ϕ) SDS dapat diambil sebesar 0,8 pada jenis SDS 10-16 dan 0,65 pada jenis SDS 12-20. Pengambilan faktor reduksi (ϕ) tersebut diambil berdasarkan pembulatan rasio terkecil pada setiap jenis SDS yang diambil dari Tabel 18.

Pada dasarnya sambungan tidak boleh mengalami keruntuhan sedikitpun. Tegangan desak pelat (σ) timbul sebelum keruntuhan awal terjadi. Analisis tegangan desak pelat (σ) dilakukan dengan membalik rumus 4, dimana nilai kuat geser aktual (Vn_{aktual}) yang diambil adalah sebelum nilai rata-rata keruntuhan *tilting* awal aktual (Vb_1 aktual) dari tabel 7-11. Analisis tegangan desak pelat dapat dilihat pada Tabel 19 dibawah ini.

Tabel 19. Analisis tegangan desak pelat

No.	Specimen	$P_{before\ average\ Vb_1\ aktual}$	σ
		KN	N/mm ²
1	10-16.JW	13,1	391,43
2	10-16.CII	13,9	415,33
3	10.16.Pj	12,8	382,46
4	12-20.JW	13,3	407,79
5	12.20.Pj	13,1	412,44
6	12-20.CII	14,1	456,16

Hasil yang didapat dari Tabel 19 adalah nilai tegangan desak pelat (σ) rata-rata pada jenis SDS 10-16 sebesar 396,41 MPa, sedangkan pada jenis SDS 12-20 sebesar 425,46 MPa.

PENUTUP

Simpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisis data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Setiap jenis SDS memberikan pengaruh terhadap kekuatan yang dihasilkan, baik secara teoritis ataupun

aktual. Secara teoritis, sambungan dengan SDS 10-16 lebih kuat daripada SDS 12-20. Namun pada kenyataan dilaboratorium, sambungan dengan SDS 12-20 4,73% lebih kuat daripada SDS 10-16 yakni 19,03 KN > 18,17 KN.

2. Nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh SDS 12-20 tentunya juga 4,73% lebih besar dari SDS 10-16 yakni 6,34 KN > 6,06 KN.
3. Perlemahan terbesar yang timbul akibat nilai kegagalan (*failure*) sambungan terjadi pada sambungan SDS 10-16 yakni 28,04% atau lebih besar 32,76% dari SDS 12-20 dengan nilai 21,12%. Perencanaan desain sambungan dengan faktor reduksi (ϕ) sebesar 0,65 masih bisa digunakan karena rata-rata rasio yang timbul akibat perlemahan nilainya di atas 65% yakni 75,42%.
4. Perlemahan terbesar yang timbul akibat nilai kegagalan (*failure*) tarik per-SDS terjadi pada SDS 12-20 yakni 28,57% atau lebih besar 1,7x dari SDS 10-16 dengan nilai 10,3%. Perencanaan kebutuhan SDS pada setiap sambungan dapat diambil faktor reduksi (ϕ) sebesar 0,8 pada jenis SDS 10-16 dan 0,65 pada jenis SDS 12-20. Pengambilan faktor reduksi (ϕ) tersebut diambil berdasarkan pembulatan rasio terkecil akibat perlemahan yang timbul pada SDS.

Saran

Untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya, peneliti mengharapkan :

1. Mungkin dengan adanya Alat Universal Testing Machine yang dilengkapi dengan monitor pembacaan *automatic* menggunakan komputer, ketelitian pengujian dapat dipertanggung jawabkan dengan baik.
2. Perlu ada penelitian lanjutan mengenai pengaruh panjang SDS, variasi ketebalan pelat (t), jumlah SDS dan pola SDS terhadap kekuatan sambungan. Hasil dari penelitian teoritik peneliti dan penelitian yang disarankan dapat digunakan untuk menginjak penelitian lebih lanjut dengan prototype sebuah rangka atap baja ringan sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. <http://rangkaatapbajaringan-info.blogspot.com/2013/04/rangka-atap-baja-ringan-kelebihan-dan.html>, diakses tanggal 6 Oktober 2013 pukul 15.38 WIB.
- AISC. 2010. *ANSI/AISC 360-10 - Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago: AISC
- AISI. 2012. *AISI S905:08 - Test Methods for Mechanically Fastened Cold-Formed Steel Connection*. Washongton DC : AISI

- AS. 1991. *AS 1391:1991 - Methods for Tensile Testing of Metals*. New South Wales. Australian Standard
- AS. 2001. *AS 1397:2001 - Steel Sheet and Strip-Hot-Dip Zinc-Coated or Aluminium/Zinc Coated*. Sydney. Australian Standard.
- AS. 2005. *AS 4600:2005 - Cold-Formed Steel Structures*. Sydney. Australian Standard.
- BSN. 2002. *SNI 03-1729-2002 - Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*.
- Dewobroto, Wiryanto dan Suhari Besari. 2009. Fenomena *Curling* Pelat Sambungan dan Jumlah Baut Minimum. *Makalah disajikan dalam seminar nasional : Perkembangan Mutakhir Pemanfaatan Material Baja dalam Industri Konstruksi*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Hancock, Gregory J. et.al. 2001. *Cold-Formed Steel Structures to the AISI Specification*. New York: Acid-Free Paper.
- Nurul, Zuriah. 2006. *Metodologi Penelitian Sosial Dan Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- NZS. 2005. *NZS 4600:2005 - Cold-Formed Steel Structures*. Wellington. New Zealand Standard.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Suharsimi, Arikunto. 2000. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suprpto. 2003. *Panduan Praktek Uji Bahan Bangunan*. Surabaya: UNESA Unipress.
- Wei-Wen, Yu and Roger A LaBoube. 2010. *Cold-Formed Steel Design 4th Edition*. USA: University of Missouri-Rolla.
- Wicaksono, Agustinus. 2011. *Panduan Konsumen Memilih Konstruksi Baja Ringan*. Yogyakarta: Andi.
- Wijaya, Hendrik dan Wiryanto Dewobroto. 2008. Penggunaan *Washer* Khusus (Besar) Pada Sambungan Baja *Cold-Formed*. *Jurnal Teknik Sipil* Volume 15 no. 3. Banten: Universitas Pelita Harapan.
- Wildensyah, Iden. 2010. *Rangka Atap Baja Ringan Untuk Semua*. Bandung: Alfabeta.
- Winanti, Titiek. 2006. *Rambu-Rambu Menulis Karya Ilmiah*. Surabaya: UNESA Unipress