

PENGARUH JARAK SCREW TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN PADA BAJA RINGAN

Prima Dwi Anggara

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: anggaraprima22@gmail.com

Abstrak

Proses perakitan sangat penting dan vital peranannya bagi struktur secara keseluruhan, diantaranya yaitu pemasangan *screw* (sebagian menyebutnya dengan baut). Kesalahan memilih dan memasang *screw* bisa berakibat fatal bagi kekuatan rangka atap. Penelitian ini berlatar belakang pada masalah pemasangan *screw* pada sambungan antar bagian baja ringan. Penelitian memfokuskan pada *spacing of screw* pada sambungan baja ringan diukur dari pusat-ke-pusat dan pusat-ke-tepi. Oleh karena itu, penelitian ini mempunyai tujuan yaitu untuk mengetahui batas jarak spasi *screw* yang optimal dilihat dari jarak spasi *screw* dan jarak *screw* ke tepi. Selain itu pengaruh jarak terhadap kekuatan sambungan juga diperhatikan. Kekuatan sambungan yang menjadi pembahasan adalah kuat tarik dan kuat geser. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan memberikan gaya tarik pada benda uji. Bahan yang digunakan yaitu baja ringan dengan profil C.75.75 dan jenis *screw* yang digunakan adalah 12-20 CII. Penggunaan bahan pada percobaan ini menyesuaikan dengan bahan yang biasa digunakan di lapangan. Pada penelitian ini direncanakan jarak spasi *screw* adalah $2d$; $3d$; $4d$ dan $5d$, dengan d adalah diameter luar dari *screw* dan jarak tepi *screw* adalah $1,5d$; $2d$; $3d$; $4d$ dan $5d$. Asumsi penggunaan variabel tersebut adalah dilihat dari keadaan lapangan dan disesuaikan dengan peraturan yang ada pada literatur-literatur terkait. Hasil penelitian ini adalah adanya pengaruh terhadap jarak *screw* dengan kekuatan sambungan. Jarak *screw* berdampak langsung terhadap kekuatan sambungan. Kuat tarik sambungan maksimal yaitu pada jarak spasi *screw* $4d$ dan jarak tepi $5d$ yaitu sebesar 15.2 kN. Sedangkan untuk kuat geser sambungan maksimal juga pada jarak spasi *screw* $4d$ dan jarak tepi $5d$. Hasil dari percobaan menyimpulkan bahwa pemasangan *screw* untuk jarak tepi optimal menahan geser dan tarik yaitu $4d$ dan $5d$. Sedangkan jarak spasi optimal untuk menahan geser yaitu $4d$ dan $5d$, untuk menahan tarik yaitu $3d$, $4d$ dan $5d$.

Kata kunci: baja ringan, *screw*, kekuatan sambungan, jarak

Abstract

Assembly process is very important and vital role for the overall structure, including the mounting screw (some call it the bolt). Error selecting and installing the screw can be fatal to the strength of the frame. This research background on the problem of mounting screw on the joints between the sections of cold-formed steel. The study focused on the connection screw spacing of cold-formed steel measured from center-to-center and center-to-edge. Therefore, this study has the objective is to determine the limit screw optimal spacing distance seen from space screw and screw distance to the edge. In addition, the effect of distance on the strength of the connection is also considered. The strength of the connection is the discussion of tensile strength and shear strength. This research was conducted in the laboratory by providing tensile force on the specimen. The material used is cold-formed steel with C.75.75 profile and the type of screw used is 12-20 CII. Use of material in this experiment to adjust the real situation in the field. In this study planned screw spacing is $2d$; $3d$; $4d$ and $5d$, with d is the outer diameter of the screw and screw edge distance is $1,5d$; $2d$; $3d$; $4d$ and $5d$. Assuming the use of these variables is seen from the state of the field and adapted to the existing regulations in the relevant literature. The result of this research is the influence of the distance screw with the power connection. Distance screw directly impact the strength of the connection. Tensile strength is the maximum connection screw spacing of $4d$ and $5d$ edge distance is equal to 15.2 kN. As for the maximum shear strength connection also on screw spacing of $4d$ and $5d$ edge distance. Results from the experiment for optimal edge distance in shear and tensile is $4d$ and $5d$. While the optimal spacing to withstand the shear is $4d$ and $5d$, to resist the tension is $3d$, $4d$ and $5d$.

Keywords: cold-formed steel, screw, connection strength, distance

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi sudah berkembang pesat. Mulai dari konstruksi gedung, jembatan dan juga pada konstruksi atap. Konstruksi atap misalnya, perkembangan yang sedang terjadi tidak hanya pada bentuk atapnya saja, namun pada bahan yang digunakan sebagai rangka atap. Tren dunia konstruksi saat ini, terutama untuk konstruksi atap bangunan baik untuk rumah tinggal, gudang maupun pabrik mengarah pada

penggunaan material baja ringan. Sepuluh tahun belakangan ini hampir di beberapa tempat sudah tersedia produsen baja ringan (Iden, 2010:10).

Konsumen memilih konstruksi atap baja ringan dikarenakan harga, keawetan, garansi serta kepraktisan dalam pemasangan yang menjadi alasannya. Pemerintah pun menganjurkan masyarakat untuk menggunakan baja ringan guna mengurangi penggunaan kayu (Agustinus, 2011:1). Berat dari baja ringan terbukti memang lebih

ringan dari kayu dan bambu, bahkan jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan baja konvensional. Berat dari baja ringan antara 6-7 kg/ m² dan lebih ringan jika dibandingkan dengan berat kayu yang mencapai 20 kg/ m² (Iden, 2010:1).

Baja ringan mempunyai kekuatan yang pada prinsipnya kuat, hanya saja faktor non teknis yang selalu menjadi masalah, seperti pemasangan yang tidak terampil atau kecerobohan memberikan beban yang tidak semestinya pada rangka atap. Proses perakitan sangat penting dan vital peranannya bagi struktur secara keseluruhan, diantaranya yaitu pemasangan *screw* (sebagian menyebutnya dengan baut). Kesalahan memilih dan memasang *screw* bisa berakibat fatal bagi kekuatan rangka atap (Iden, 2010:78).

Penelitian memfokuskan pada *spacing of screw* pada sambungan baja ringan diukur dari pusat-ke-pusat dan pusat-ke-tepi. Penelitian ini juga dilandasi karena di Indonesia belum ada standar yang membahas tentang teknis pemasangan baja ringan. Jadi, pada penelitian ini menggunakan standar dari luar salah satunya yaitu AS/NZS 4600:2005 sebagai standar perhitungan struktur sambungan baja ringan.

Pada penelitian ini secara khusus mengamati tentang pengaruh berbagai jarak *screw* terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui batas jarak yang optimal antara jarak spasi *screw* dan jarak tepi *screw* dilihat dari kekuatan yang ditimbulkan.

Baja ringan atau dalam bahasa Inggris disebut *Cold-Formed Steel* sebenarnya merupakan makna konotasi. *Cold-Formed Steel* memiliki pengertian yaitu sebuah produk yang dibuat dengan membentuk sebuah lembaran dari baja yang dibentuk pada suhu ruangan yang nantinya akan dapat menahan beban yang lebih besar dari lembaran baja itu sendiri (Hancock, 2001:1).

Fungsi baja ringan selain untuk kebutuhan konstruksi, baja ringan mempunyai berbagai macam kegunaan. Kegunaan tersebut antara lain sebagai rangka badan mobil, peralatan dapur, *furniture*, produk pada jalan raya, menaran transmisi, dan banyak untuk aplikasi yang lainnya (Yu, 2010:1). Namun di dalam penelitian ini berfokus pada kegunaan sebagai konstruksi.

Bahan dasar pembentuk baja ringan pada umumnya adalah sama, tetapi komposisi masing-masing bahan pembentuklah yang menentukan nama yang dipatenkan oleh produsen pertama. Bahan dasarnya terdiri dari Seng (Zinc) dan Aluminium (Al). Seng merupakan pembentuk bahan yang bersifat kaku tetapi lemah terhadap karat. Bahan itu dipadukan dengan Aluminium yang lentur tetapi tahan terhadap karat. Perpaduan dua bahan ini dapat menghasilkan bahan yang kaku sekaligus anti karat (Agustinus, 2011:5).

Standar yang digunakan untuk konstruksi atap baja ringan menggunakan kode G550. Ini merupakan standar awal penggunaan material baja ringan yang secara teknis berarti kekuatan leleh minimum (akibat gaya tarik) ialah 550 MPa. Begitu juga dengan tegangan maksimum yaitu 550 MPa. Standar awal ini mengacu pada teknologi yang digunakan pertama kali dan diadopsi dari negara-negara maju (Agustinus, 2011:6).

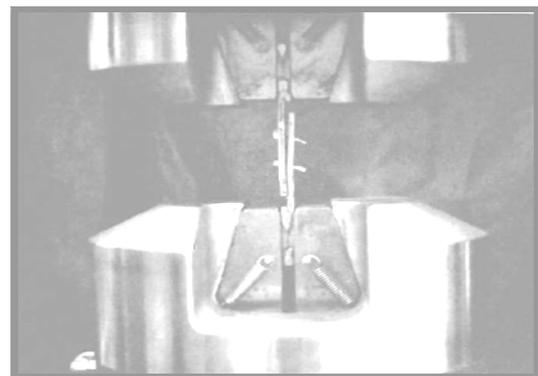
Alat sambung yang digunakan pada konstruksi atap baja ringan adalah *self drilling screw* (sekrup dengan mata bor di ujungnya). Standar masing-masing produsen atas ukuran SDS berbeda dengan produsen yang lain. *Self drilling screw* biasanya merupakan sekrup sekali pakai, yang apabila mata bor dan dratnya sudah aus maka tidak bias dipakai lagi (Agustinus, 2011:7). Pemasangan SDS dilakukan dengan menggunakan *screw driver*. Gambar SDS dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. *Self Drilling Screw*

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 benda uji, sedangkan keruntuhan pada alat penghubung terjadi karena pelat mempunyai mutu yang lebih bagus daripada alat penghubung yang digunakan sebagai benda uji.

Kondisi keruntuhan *tilting* dan *hole bearing* adalah kondisi keruntuhan pada bagian tumpuan pelat sehingga menyebabkan *screw* mengalami kemiringan yang akan merusak bagian pelat akibat rotasi yang ditimbulkan dalam mekanisme geser selama menahan beban tarik yang diberikan. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Keruntuhan *Tilting* dan *Hole Bearing*

Karena benda uji menggunakan ketebalan yang sama, maka kondisi keruntuhan *tilting* dan *hole bearing* untuk $t_2/t_1 \leq 1,0$ pada sambungan untuk SDS tunggal dan beberapa SDS yang terletak satu baris searah tegak lurus dengan gaya tarik atau perletakan zig-zag, rumus yang digunakan:

$$Vb = 4,2 \cdot \sqrt{(t_2^3 \cdot df)} \cdot fu \dots\dots\dots 5.4.2.3 (1)$$

$$Vb = C \cdot t_1 \cdot df \cdot fu_1 \dots\dots\dots 5.4.2.3 (2)$$

$$Vb = C \cdot t_2 \cdot df \cdot fu_2 \dots\dots\dots 5.4.2.3 (3)$$

Keterangan :

- Vb = kuat geser nominal *tilting* dan *bearing* sambungan (N)
- t_1 = tebal pelat sambungan yang kontak langsung dengan kepala SDS (mm)
- t_2 = tebal pelat sambungan yang tidak kontak langsung dengan kepala SDS (mm)
- df = diameter SDS (mm)
- fu_1 = tegangan tarik pelat baja ringan yang kontak langsung dengan kepala SDS (N/mm²)
- fu_2 = tegangan tarik pelat baja ringan yang tidak kontak langsung dengan kepala SDS (N/mm²)
- C = faktor *bearing*

Tabel 1. Faktor Bearing (C)

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

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

Kondisi keruntuhan *tear-out* adalah kondisi sobeknya tumpuan pelat penyambung saat daerah tumpuan pelat tidak mampu menahan beban tarik yang diberikan akibat mutu SDS yang lebih bagus daripada mutu pelat penyambung. Kondisi keruntuhan *tear-out* dapat dihitung dengan rumus:

$$Vfv = t \cdot e \cdot fu \dots\dots\dots 5.4.2.4 (4)$$

Keterangan :

- Vfv = kuat geser nominal *tear-out* sambungan (N)
- t = tebal pelat sambungan (mm)
- e = jarak SDS dengan ujung pelat sambungan (mm)
- fu = tegangan tarik baja ringan (N/mm²)

Kondisi keruntuhan *pull-over* adalah suatu kondisi keruntuhan sambungan dimana *screw* yang terangkat dan masih tertinggal sebenarnya secara teknis masih mampu

digunakan untuk menahan beban tarik yang diberikan walaupun posisi profil yang disambung tidak seperti posisi semula. Kondisi keruntuhan *pull-over* untuk $0,5 \text{ mm} < t_1 > 1,5 \text{ mm}$ dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{ov} = 1,5 \cdot t_1 \cdot dw \cdot fu_1 \dots\dots\dots 5.4.3.2 (5)$$

Keterangan :

- N_{ov} = kuat nominal *pull-over* (kg)
- dw = diameter *washer* (mm)
- t_1 = tebal pelat sambungan yang kontak langsung dengan kepala SDS (mm)
- fu_1 = tegangan tarik pelat baja ringan yang kontak langsung dengan kepala SDS (MPa)

Penelitian ini menggunakan beberapa sumber untuk standar pengetesan dan perencanaan variabel. Berikut adalah daftar sumber untuk mendukung dilakukannya penelitian ini.

AISI S905-08 w/S1-11:2012

Standar dari Amerika yang digunakan untuk mengetahui tata cara pengujian khususnya untuk menguji sambungan pada baja ringan. Penggunaan standar ini juga memungkinkan peneliti menghitung kebutuhan bahan yang digunakan karena tercantum di dalamnya ukuran untuk setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian.

AS 1391-1991

Standar yang digunakan untuk menentukan ukuran benda uji untuk dilakukan pengujian bahan. Pengujian yang dimaksud yaitu pengujian untuk mengetahui mutu bahan yang akan digunakan sebelum bahan tersebut diberi perilaku. Standar ini berasal dari Australia.

AS/NZS 4600:2005

Standar gabungan antara Australia dan New Zealand yang berisi ketentuan terkait bahan baja ringan. Rumus yang digunakan pada penelitian ini juga berdasarkan pada standar ini. Terkait pada perencanaan penelitian, standar ini menentukan aturan terkait jarak *screw* pada pasal 5.4.2.1 halaman 104 yang menyebutkan :

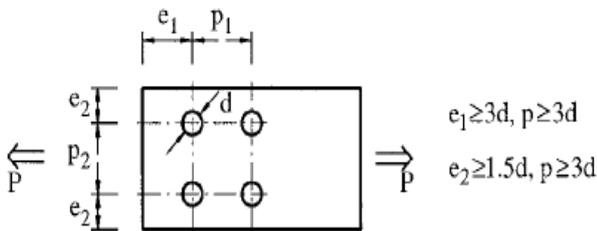
- a. Jarak antar *screw* dihitung dari pusat *screw* tidak boleh kurang dari $3d$.
- b. Untuk Australia, jarak antara *screw* dengan tepi dari arah manapun tidak boleh kurang dari $1,5d$.
- c. Untuk New Zealand, jarak antara *screw* dengan tepi dari arah manapun tidak boleh kurang dari $3d$.

AISI S100-2007

Standart dari Amerika pada Pasal E4.1 menyatakan bahwa jarak antar *screw* dihitung dari pusat *screw* tidak boleh kurang dari $3d$. Sedangkan pada Pasal E4.2 menyatakan jarak antara *screw* dengan tepi dari arah manapun tidak boleh kurang dari $1,5d$.

Gregory J. Hancock

Gregory J. Hancock di dalam bukunya yang berjudul “Cold-Formed Steel Structures to the AISI Specification” halaman 282 terkait jarak screw dapat dilihat seperti Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Aturan Jarak Minimum pada Buku Gregory J. Hancock

Wei-Wen Yu (2010)

Wei-Wen Yu di dalam bukunya yang berjudul “Cold-Formed Steel Design 4th Edition” halaman 293 menyatakan bahwa jarak antar screw dihitung dari pusat screw tidak boleh kurang dari 3d sedangkan jarak antara screw dengan tepi dari arah manapun tidak boleh kurang dari 1,5d.

METODE

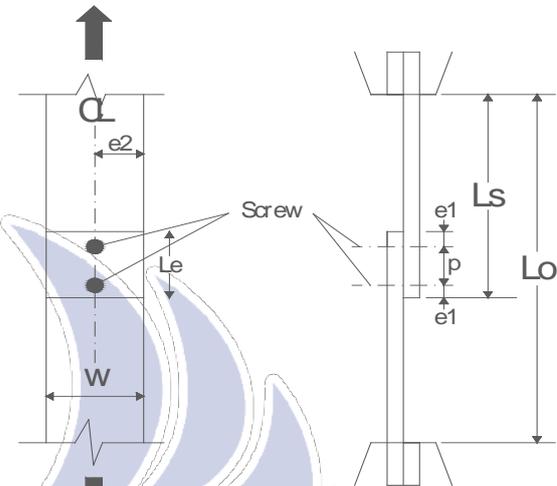
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen atau penelitian uji laboratorium. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari “sesuatu” yang dikenakan pada subjek selidik (Suharsimi, 2000:272). Penelitian eksperimen meneliti ada tidaknya hubungan sebab akibat. Proses penelitian ini dengan memberi suatu perlakuan terhadap sambungan screw baja ringan yang bertujuan untuk mengetahui jarak optimum screw terhadap kekuatan yang mampu diterima.

Pengujian pada sambungan bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan pada baja ringan dengan menggabungkan dua plat bahan dengan screw. Dimensi dan jumlah dari masing-masing benda uji pada setiap variabel berbeda. Perbedaan pada dimensi ditentukan oleh asumsi pemodelan benda uji. Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah jarak screw yang telah direncanakan yaitu 1,5d – 5d. Set-up pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Set-up Pengujian Sambungan

Benda uji yang didesain sebelumnya, kemudian diletakkan pada penjepit dan diposisikan lurus. Setelah itu pemasangan dial gauge untuk mengetahui besarnya penambahan panjang. Jika set-up pengujian sudah selesai, maka pengujian dapat dilakukan. Besarnya gaya tarik (P) yang dibaca pada manometer digunakan dalam pengolahan data untuk menentukan kekuatan sambungan. Asumsi pemodelan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan Benda Uji Sambungan

Keterangan :

- e1 = 1,5d; 2d; 3d; 4d dan 5d
- p = 2d; 3d; 4d dan 5d
- w = 60 mm

Benda uji yang didesain sebelumnya, kemudian diletakkan pada penjepit dan diposisikan lurus. Setelah itu pemasangan dial gauge untuk mengetahui besarnya penambahan panjang. Jika set-up pengujian sudah selesai, maka pengujian dapat dilakukan. Besarnya gaya tarik (P) yang dibaca pada manometer digunakan dalam pengolahan data untuk menentukan kekuatan sambungan.

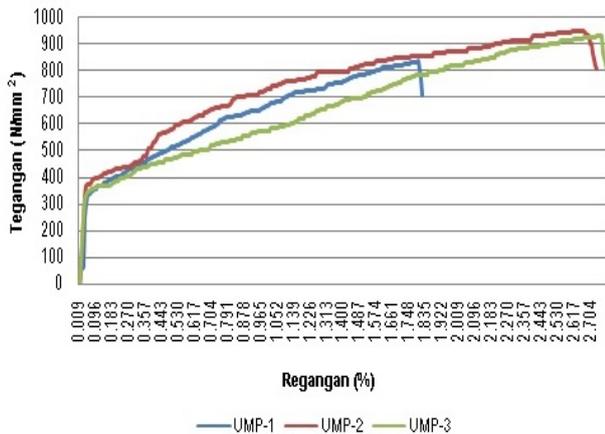
Setelah dilakukan pengujian terhadap masing-masing kelompok benda uji, maka akan diperoleh data hasil pengujian. Kemudian data-data tersebut dikelompokkan sesuai dengan kelompok uji dan variabel masing-masing untuk dianalisis. Teknik yang digunakan untuk menganalisis data diperoleh dari serangkaian uji coba laboratorium adalah analisa deskriptif, yaitu penggambaran hasil uji coba dalam grafik dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan bahan

Pengujian untuk mengetahui mutu bahan dilakukan setelah bahan yang masih berupa profil dipotong dan dibentuk terlebih dahulu seperti ketentuan pengujian. Benda uji yang diujikan

berjumlah tiga buah sesuai ketentuan peraturan. Benda uji kemudian diberi label untuk membedakan dengan benda uji yang lain. Nama-nama benda uji yaitu UMP-1, UMP-2 dan UMP-3. Selanjutnya masing-masing benda uji dapat diuji untuk mengetahui mutu bahan. Hasil pengujian mutu bahan didapat grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Pengujian Mutu Bahan

Grafik di atas merupakan hasil yang didapat pada pengujian setelah data yang diperoleh langsung pada saat pengujian diolah terlebih dahulu. Setelah didapat grafik kemudian masing-masing grafik diambil nilai f_y dan f_u yang terbesar. Kemudian dapat diolah untuk menyimpulkan hasil pengujian tersebut. Hasil pengujian mutu bahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Mutu Bahan

Nama Benda Uji	f_y N/mm ²	ϵ %	f_u N/mm ²	E N/mm ²
UMP-1	360.00	0.087	838.33	475174.5
UMP-2	393.33	0.070	946.67	
UMP-3	363.33	0.078	933.33	
Rerata	372.22	0.08	906.11	

Gambar 6 menunjukkan perbandingan dari hasil pengujian masing-masing benda uji. Pada grafik tersebut dapat menunjukkan nilai f_y dan f_u dilihat dari nilai tegangan yang dihasilkan. Grafik UMP-2 menunjukkan nilai f_y terbesar yang ditunjukkan gambar grafik yang lebih tinggi, kemudian diikuti oleh grafik UMP-3 dan UMP-1. Grafik tersebut sebanding dengan nilai f_y yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Nilai f_y UMP-2 lebih besar dari UMP-3 dan UMP-1 yaitu masing-masing sebesar 393.33 N/mm², 363.33 N/mm² dan 360.00 N/mm².

Grafik tersebut juga menunjukkan nilai f_u dari masing-masing benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 yaitu sebesar UMP-1 838.33 N/mm², UMP-2 946.67 N/mm² dan UMP-3 933.33 N/mm². Nilai f_u UMP-2 lebih besar dibandingkan UMP-1 dan UMP-3. Kemudian dari hasil tersebut diambil rata-rata untuk nilai f_y dan f_u . Rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 merupakan hasil dari pengujian mutu bahan. Pada pengujian ini didapat rerata untuk f_y sebesar 372.22 N/mm² dan f_u sebesar 906.11 N/mm².

Pada peraturan untuk mutu bahan baja ringan nilai f_y dan f_u adalah G550 atau mempunyai tegangan minimal sebesar 550 N/mm². Namun pada pengujian di laboratorium hasil rerata ketiga benda uji menunjukkan nilai f_y tidak memenuhi yaitu 372.22 N/mm² < 550 N/mm². Sedangkan untuk nilai f_u dari hasil rerata memenuhi yaitu menunjukkan nilai sebesar 906.11 N/mm² > 550 N/mm². Jadi dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa bahan dapat digunakan. Hal tersebut dikarenakan pada perencanaan perhitungan atau rumus pada baja ringan yang digunakan adalah nilai f_u yaitu lebih tepatnya 90% dari G550 atau sebesar 495 MPa (AS/NZS 4600:2005 pasal 1.5.1.4.b.i. halaman 26).

B. Hasil Pengujian Sambungan

Pengujian kekuatan sambungan pada baja ringan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Pengujian kekuatan mengacu pada efek dari jarak *screw*. Jarak spasi *screw* yang diujikan pada penelitian ini adalah 2*d*, 3*d*, 4*d* dan 5*d*. Sedangkan jarak *screw* ke tepi pada penelitian ini adalah 1,5*d*, 2*d*, 3*d*, 4*d* dan 5*d*. Jarak terkecil antar *screw* diambil 2*d* karena pada jarak ini kepala *screw* sangat berdekatan dan hampir menyentuh *screw* yang lainnya. Sedangkan jarak ke tepi diambil 1,5*d* karena pada jarak ini kepala *screw* hampir keluar dari tepi profil.

Variabel pada penelitian ini bila dihitung adalah sebanyak 20 jenis. Jumlah benda uji sesuai kebutuhan penelitian. Penelitian ini akan membandingkan kekuatan sambungan yang terjadi dengan hasil dari perhitungan teoritik. Perbandingan yang dilihat yaitu hasil dari kuat tarik aktual dengan kuat tarik dan gaya geser teoritik, kemudian model keruntuhan yang terjadi pada sambungan. Berikut adalah hasil pengujian masing-masing variabel.

Hasil pengujian juga tidak hanya mendapatkan nilai kuat tarik, tetapi dalam prosesnya dapat diamati perilaku keruntuhan masing-masing sambungan. Hasil pengujian tarik secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Sambungan

No.	Specimen	P maks. (kN)	Average (kN)	Perilaku Keruntuhan	Keterangan
1	N75-1.5E-2S-1	10.50	10.30	T, Hb, TO & Pov	Tepi+Spasi Sobek
	N75-1.5E-2S-2	10.10		T, Hb, TO & Pov	
2	N75-1.5E-3S-1	10.90	10.50	T, Hb, TO & Pov	Tepi+Spasi Sobek
	N75-1.5E-3S-2	10.40		T, Hb, TO & Pov	
	N75-1.5E-3S-3	10.20		T, Hb, TO & Pov	
3	N75-1.5E-4S-1	10.90	11.27	T, Hb, TO & Pov	Tepi Sobek
	N75-1.5E-4S-2	11.40		T, Hb, TO & Pov	
	N75-1.5E-4S-3	11.50		T, Hb, TO & Pov	
4	N75-1.5E-5S-1	11.00	10.90	T, Hb, TO & Pov	Tepi Sobek
	N75-1.5E-5S-2	11.30		T, Hb, TO & Pov	
	N75-1.5E-5S-3	10.40		T, Hb, TO & Pov	
5	N75-2E-2S-1	10.80	11.10	T, Hb, TO & Pov	Tepi+Spasi Sobek
	N75-2E-2S-2	11.40		T, Hb, TO & Pov	
6	N75-2E-3S-1	11.25	11.25	T, Hb, TO & Pov	Tepi+Spasi Sobek
	N75-2E-3S-2	11.30		T, Hb, TO & Pov	
	N75-2E-3S-3	11.20		T, Hb, TO & Pov	
7	N75-2E-4S-1	11.10	11.33	T, Hb, TO & Pov	Tepi Sobek
	N75-2E-4S-2	11.30		T, Hb, TO & Pov	
	N75-2E-4S-3	11.60		T, Hb, TO & Pov	
8	N75-2E-5S-1	11.10	11.27	T, Hb, TO & Pov	Tepi Sobek
	N75-2E-5S-2	11.30		T, Hb, TO & Pov	
	N75-2E-5S-3	11.40		T, Hb, TO & Pov	
9	N75-3E-2S-1	11.30	11.33	T, Hb & Pov	Tepi+ Spasi Sobek
	N75-3E-2S-2	11.36		T, Hb & Pov	
10	N75-3E-3S-1	11.50	11.40	T, Hb, TO & Pov	Tepi Sobek
	N75-3E-3S-2	11.40		T, Hb & Pov	Tepi+Spasi
	N75-3E-3S-3	11.30		T, Hb & Pov	Hampir Sobek
11	N75-3E-4S-1	11.30	11.50	T, Hb & Pov	Tepi Hampir Sobek
	N75-3E-4S-2	12.00		T, Hb & Pov	
	N75-3E-4S-3	11.20		T, Hb & Pov	
12	N75-3E-5S-1	12.00	11.43	T, Hb & Pov	Tepi Hampir Sobek
	N75-3E-5S-2	10.30		T, Hb & Pov	
	N75-3E-5S-3	12.00		T, Hb & Pov	
13	N75-4E-2S-1	11.70	11.35	T, Hb & Pov	Sobek pada Spasi
	N75-4E-2S-2	11.00		T, Hb & Pov	
14	N75-4E-3S-1	11.50	11.50	T, Hb & Pov	Sobek pada Spasi
	N75-4E-3S-2	11.50		T, Hb & Pov	
15	N75-4E-4S-1	11.60	11.70	T, Hb & Pov	Tidak Sobek
	N75-4E-4S-2	11.80		T, Hb & Pov	
16	N75-4E-5S-1	12.00	11.55	T, Hb & Pov	Tidak Sobek
	N75-4E-5S-2	11.10		T, Hb & Pov	
17	N75-5E-2S-1	12.00	11.45	T, Hb & Pov	Sobek pada Spasi
	N75-5E-2S-2	10.90		T, Hb & Pov	
18	N75-5E-3S-1	11.60	13.15	T, Hb & Pov	Sobek pada Spasi
	N75-5E-3S-2	14.70		T, Hb & Pov	
19	N75-5E-4S-1	15.40	15.20	T, Hb & Pov	Tidak Sobek
	N75-5E-4S-2	15.00		T, Hb & Pov	
20	N75-5E-5S-1	12.50	12.55	T, Hb & Pov	Tidak Sobek
	N75-5E-5S-2	12.60		T, Hb & Pov	

Keterangan : T (Tilting), Hb (Hole-bearing), TO (Tear-Out), Pov (Pull-Over).

C. Analisa Kekuatan Sambungan

Hasil dari pengujian dari masing-masing variabel selanjutnya dikelompokan dan dilakukan perbandingan dengan hasil dari perhitungan secara teoritik untuk mengetahui variabel yang lebih baik menerima gaya. Data yang dibandingkan antara lain nilai kuat tarik sambungan ($Nt/P_{maks.}$), kuat geser sambungan (Vn), keruntuhan sambungan dan

kekuatan SDS masing-masing variabel dengan perhitungan secara teoritik. Data pengelompokan variabel dilakukan untuk mempermudah menyimpulkan hasil penelitian.

1. Analisis Kuat Tarik Sambungan

Nilai kuat tarik sambungan aktual (Nt_{aktual}) pada analisis ini diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum ($P_{maks.}$) pengujian yang ada pada Tabel 3. Nilai kuat tarik maksimal aktual (Nt_{aktual}) akan dibandingkan dengan nilai kuat tarik maksimal teoritik (Nt_{teori}) yang perhitungannya ada pada lampiran, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Analisa Kuat Tarik Sambungan

No.	Specimen	df	Spacing	Spacing	Nt aktual (kN)	Nt teori (kN)	Rasio (%)	Failure (%)
			of Edge	of Screw				
1	N75-1.5E-2S	4.8	1.5 d	2 d	10.30	24.59	41.88	58.12
2	N75-1.5E-3S	4.8	1.5 d	3 d	10.50	16.39	64.05	35.95
3	N75-1.5E-4S	4.8	1.5 d	4 d	11.27	12.30	91.63	8.37
4	N75-1.5E-5S	4.8	1.5 d	5 d	10.90	9.84	110.81	-10.81
5	N75-2E-2S	4.8	2 d	2 d	11.10	24.59	45.14	54.86
6	N75-2E-3S	4.8	2 d	3 d	11.25	16.39	68.62	31.38
7	N75-2E-4S	4.8	2 d	4 d	11.33	12.30	92.17	7.83
8	N75-2E-5S	4.8	2 d	5 d	11.27	9.84	114.54	-14.54
9	N75-3E-2S	4.8	3 d	2 d	11.33	24.59	46.07	53.93
10	N75-3E-3S	4.8	3 d	3 d	11.40	16.39	69.54	30.46
11	N75-3E-4S	4.8	3 d	4 d	11.50	12.30	93.53	6.47
12	N75-3E-5S	4.8	3 d	5 d	11.43	9.84	116.23	-16.23
13	N75-4E-2S	4.8	4 d	2 d	11.35	24.59	46.15	53.85
14	N75-4E-3S	4.8	4 d	3 d	11.50	16.39	70.15	29.85
15	N75-4E-4S	4.8	4 d	4 d	11.70	12.30	95.15	4.85
16	N75-4E-5S	4.8	4 d	5 d	11.55	9.84	117.42	-17.42
17	N75-5E-2S	4.8	5 d	2 d	11.45	24.59	46.56	53.44
18	N75-5E-3S	4.8	5 d	3 d	13.15	16.39	80.21	19.79
19	N75-5E-4S	4.8	5 d	4 d	15.20	12.30	123.62	-23.62
20	N75-5E-5S	4.8	5 d	5 d	12.55	9.84	127.58	-27.58

Tabel 4 menjabarkan bahwa nilai kuat tarik aktual (Nt_{aktual}) pada setiap variabel berbeda-beda walaupun diameter SDS-nya (df) sama. Nilai kuat tarik berbeda dilihat dari jarak *screw* yang juga berbeda-beda. Keadaan demikian juga ditunjukkan pada nilai kuat tarik teoritik (Nt_{teori}), semakin kecil jarak spasi *screw* maka nilai Nt_{teori} semakin besar.

Nilai kuat tarik aktual yang berada di atas nilai kuat tarik teoritik ($Nt_{aktual} > Nt_{teori}$) menandakan terjadinya kegagalan (*failure*) pada sambungan tersebut atau sambungan tersebut dikatakan tidak aman, dimana nilainya dihitung dari $(1 - \frac{Nt_{aktual}}{Nt_{teori}}) * 100\%$. Nilai kegagalan terbesar terjadi pada sambungan dengan jarak spasi 5d. Karena nilai

$N_{t_{aktual}}$ lebih besar bila dibandingkan dengan $N_{t_{teori}}$. Jika 100% dikurangi nilai kegagalan tersebut, maka akan menjadi rasio atau bisa disebut faktor reduksi (ϕ). Rasio yang nilainya aman yaitu diatas dari rasio yang ditetapkan AS/NZS 4600:2005 Tabel 1.6 hal. 32 yakni 65%.

Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa jarak spasi $2d$, $3d$ dan $4d$ merupakan jarak spasi yang paling aman dikarenakan $N_{t_{aktual}}$ lebih kecil bila dibandingkan $N_{t_{teori}}$. Walaupun $N_{t_{aktual}}$ pada spasi $5d$ lebih besar dari $N_{t_{teori}}$, akan tetapi pada kenyataannya sambungan tidak mengalami sobek. Sedangkan untuk jarak spasi $2d$ walaupun $N_{t_{aktual}}$ lebih kecil bila dibandingkan $N_{t_{teori}}$ dan bisa dikatakan aman, akan tetapi pemasangan pada jarak $2d$ tidak disarankan. Karena rasio menunjukkan masih di bawah dari 65%, selain itu untuk pemasangan di lapangan juga sangat sulit karena jarak terlalu pendek. Jika jarak terlalu pendek, tingkat pemasangan menjadi lebih sulit dan kesalahan pemasangan bisa sering terjadi.

2. Analisis Kuat Geser Sambungan

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 3 Nilai kuat geser maksimal aktual (V_n aktual) akan dibandingkan dengan nilai kuat geser maksimal teoritik (V_n teori) yang perhitungannya ada pada lampiran, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan geser sambungan dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Analisis Kuat Geser Sambungan Berdasarkan Kegagalan Sambungan

No.	Specimen	Paktual (kN)	P tepi (kN)	Ratio (%)	Failure (%)	P spasi (kN)	Ratio (%)	Failure (%)
1	N75-1.5E-2S	10.30	2.67	25.95	74.05	3.56	34.60	65.40
2	N75-1.5E-3S	10.50	2.67	25.46	74.54	5.35	50.91	49.09
3	N75-1.5E-4S	11.27	2.67	23.72	76.28	7.13	63.27	36.73
4	N75-1.5E-5S	10.90	2.67	24.52	75.48	8.91	81.74	18.26
5	N75-2E-2S	11.10	3.56	32.11	67.89	3.56	32.11	67.89
6	N75-2E-3S	11.25	3.56	31.68	68.32	5.35	47.52	52.48
7	N75-2E-4S	11.33	3.56	31.45	68.55	7.13	62.89	37.11
8	N75-2E-5S	11.27	3.56	31.63	68.37	8.91	79.08	20.92
9	N75-3E-2S	11.33	5.35	47.18	52.82	3.56	31.46	68.54
10	N75-3E-3S	11.40	5.35	46.89	53.11	5.35	46.89	53.11
11	N75-3E-4S	11.50	5.35	46.49	53.51	7.13	61.98	38.02
12	N75-3E-5S	11.43	5.35	46.76	53.24	8.91	77.93	22.07
13	N75-4E-2S	11.35	7.13	62.80	37.20	3.56	31.40	68.60
14	N75-4E-3S	11.50	7.13	61.98	38.02	5.35	46.49	53.51
15	N75-4E-4S	11.70	7.13	60.92	39.08	7.13	60.92	39.08
16	N75-4E-5S	11.55	7.13	61.71	38.29	8.91	77.14	22.86
17	N75-5E-2S	11.45	8.91	77.82	22.18	3.56	31.13	68.87
18	N75-5E-3S	13.15	8.91	67.76	32.24	5.35	40.65	59.35
19	N75-5E-4S	15.20	8.91	58.62	41.38	7.13	46.89	53.11
20	N75-5E-5S	12.55	8.91	71.00	29.00	8.91	71.00	29.00

Pada Tabel 5 menjabarkan nilai kegagalan dan rasio dari masing-masing variabel. Pada variabel dengan jarak tepi $1.5d - 3d$ sambungan mengalami kegagalan dengan nilai lebih dari 50%. Indikator tersebut menandakan bahwa jarak tepi $1.5d - 3d$ tidak mampu menahan geser sesuai dengan standar karena nilai dari rasio atau faktor reduksi kurang dari 60% (AS/NZS 4600:2005 Tabel 1.6 hal. 32). Hal ini juga didukung dengan keadaan sebenarnya. Pelat pada jarak $1.5d - 3d$ mengalami tingkat geser yang besar ditandai dengan sobeknya pelat hingga ke tepi.

Kemudian pada variabel dengan jarak spasi $2d$ dan $3d$ sebagian besar sambungan mengalami kegagalan dengan nilai lebih dari 50%. Indikator tersebut menandakan bahwa jarak spasi $2d$ dan $3d$ tidak mampu menahan geser sesuai dengan standar karena nilai dari rasio atau faktor reduksi kurang dari 50% (AS/NZS 4600:2005 Tabel 1.6 hal. 32).

3. Analisis Kekuatan SDS

Kekuatan SDS aktual akan diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P maks.) pengujian dibagi jumlah SDS pada *specimen*. Kekuatan SDS aktual akan dibandingkan dengan kuat geser pabrik (V_n pabrik) karena telah diidentifikasi sebelumnya bahwa sambungan bekerja secara geser. Perbandingan kekuatan aktual SDS dengan kuat geser SDS pabrik (V_n pabrik) dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Analisis Perbandingan Kuat Geser SDS

No.	Specimen	df	Spacing of Edge	Spacing of Screw	P maks. (kN)	P/3 (kN)	Vn Pabrik (kN)	Ratio (%)	Failure (%)
1	N75-1.5E-2S	4.8	1.5 d	2 d	10.30	5.15	9.30	55.38	44.62
2	N75-1.5E-3S	4.8	1.5 d	3 d	10.50	5.25	9.30	56.45	43.55
3	N75-1.5E-4S	4.8	1.5 d	4 d	11.27	5.63	9.30	60.57	39.43
4	N75-1.5E-5S	4.8	1.5 d	5 d	10.90	5.45	9.30	58.60	41.40
5	N75-2E-2S	4.8	2 d	2 d	11.10	5.55	9.30	59.68	40.32
6	N75-2E-3S	4.8	2 d	3 d	11.25	5.63	9.30	60.48	39.52
7	N75-2E-4S	4.8	2 d	4 d	11.33	5.67	9.30	60.93	39.07
8	N75-2E-5S	4.8	2 d	5 d	11.27	5.63	9.30	60.57	39.43
9	N75-3E-2S	4.8	3 d	2 d	11.33	5.67	9.30	60.91	39.09
10	N75-3E-3S	4.8	3 d	3 d	11.40	5.70	9.30	61.29	38.71
11	N75-3E-4S	4.8	3 d	4 d	11.50	5.75	9.30	61.83	38.17
12	N75-3E-5S	4.8	3 d	5 d	11.43	5.72	9.30	61.47	38.53
13	N75-4E-2S	4.8	4 d	2 d	11.35	5.68	9.30	61.02	38.98
14	N75-4E-3S	4.8	4 d	3 d	11.50	5.75	9.30	61.83	38.17
15	N75-4E-4S	4.8	4 d	4 d	11.70	5.85	9.30	62.90	37.10
16	N75-4E-5S	4.8	4 d	5 d	11.55	5.78	9.30	62.10	37.90
17	N75-5E-2S	4.8	5 d	2 d	11.45	5.73	9.30	61.56	38.44
18	N75-5E-3S	4.8	5 d	3 d	13.15	6.58	9.30	70.70	29.30
19	N75-5E-4S	4.8	5 d	4 d	15.20	7.60	9.30	81.72	18.28
20	N75-5E-5S	4.8	5 d	5 d	12.55	6.28	9.30	67.47	32.53

Tabel 6 menjabarkan bahwa kekuatan geser per-SDS aktual nilainya kurang dari ketentuan pabrik

yaitu sebesar 9.3 kN. Hal ini menandakan bahwa nilai kuat geser SDS sesuai dengan keadaan asli. Pada Tabel 4.8 juga menandakan bahwa SDS tidak mengalami geser. Pada kenyataannya SDS yang digunakan pada percobaan ini tidak mengalami gagal geser atau putus sama sekali. Percobaan ini membuktikan bahwa SDS yang digunakan memenuhi kriteria pemasangan di lapangan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian menunjukkan bahwa secara umum jarak *screw* pada sambungan mempengaruhi kekuatan sambungan tersebut. Jarak *screw* yang diteliti yaitu antara $1,5d$ – $5d$. Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jarak spasi *screw* berdampak langsung terhadap kekuatan sambungan. Jarak spasi yang diteliti yaitu $2d$, $3d$, $4d$ dan $5d$. Semakin besar jarak spasi semakin besar pula kekuatan sambungan terhadap tarik dan geser. Jarak spasi *screw* yang optimal pada percobaan ini untuk menahan tarik yaitu $3d$, $4d$ dan $5d$. Sedangkan jarak spasi *screw* yang optimal pada percobaan ini untuk menahan geser yaitu $4d$ dan $5d$.
2. Jarak tepi *screw* berdampak langsung terhadap kekuatan sambungan. Jarak spasi yang diteliti yaitu $1,5d$, $2d$, $3d$, $4d$ dan $5d$. Semakin besar jarak tepi semakin besar pula kekuatan sambungan terhadap geser. Jarak tepi *screw* yang optimal pada percobaan ini untuk menahan tarik yaitu $4d$ dan $5d$. Sedangkan jarak tepi *screw* yang optimal pada percobaan ini untuk menahan geser yaitu $4d$ dan $5d$.
3. Kekuatan geser dan tarik sambungan pada baja ringan dilihat dari jarak *screw* mengalami peningkatan seiring pengaruh bertambahnya jarak *screw* yang diujikan.
4. Screw yang diujikan yaitu SDS merk Buildex ukuran 12 20x20 memenuhi kriteria pemasangan di lapangan.

Saran

Penelitian bisa berkembang apabila terdapat saran-saran yang membangun, maka dari itu untuk kesempurnaan penelitian yang selanjutnya saran dari penelitian ini adalah:

1. Pemasangan *screw* di lapangan disarankan untuk jarak tepi tidak boleh kurang dari $3d$, sedangkan untuk jarak spasi disarankan sama dengan atau lebih dari $3d$.
2. Perlu adanya penelitian tentang pengaruh jumlah SDS terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan.
3. Perlu adanya penelitian tentang pengaruh pola SDS terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan.

4. Perlu adanya penelitian tentang pengaruh ketebalan profil terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan.
5. Perlu adanya penelitian tentang jenis lain sambungan pada baja ringan.
6. Perlu dilanjutkan sampai ke tingkat struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Setiawan. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Agustinus, Wicaksono. 2011. *Panduan Konsumen Memilih Konstruksi Baja Ringan*. Yogyakarta: Andi.
- AISI S100-2007 – *North America Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*.
- AISI S905-08 w/SI-11:2012 - *Test Methods for Mechanically Fastened Cold-Formed Steel Connection*.
- ANSI/AISC 360-10:2010 - *Spesification for Structural Steel Buildings*.
- AS 1391-1991 - *Methods for Tensile Testing of Metals*.
- AS 1397-2001 - *Steel Sheet and Strip-Hot-Dip Zinc-Coated or Alumunium/Zinc Coated*.
- AS/NZS 4600:2005 - *Cold-Formed Steel Structures*.
- Fox, D. M. and R. M. Schuster. 2010. *Cold Formed Steel Tension Members with Two and Three Staggered Bolts, 20th International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures* St. Louis, Missouri, U.S.A.
- Hancock, Gregory J. etc. 2001. *Cold-Formed Steel Structures to the AISI Spesification*. New York: Acid-Free Paper.
- Hendrik, Wijaya dan Wiryanto Dewobroto. 2008. *Penggunaan Washer Khusus (Besar) Pada Sambungan Baja Cold-Formed*. *Jurnal Teknik Sipil* Volume 15 no. 3. Banten: Universitas Pelita Harapan.
- Iden, Wildensyah. 2010. *Rangka Atap Baja Ringan Untuk Semua*. Bandung: Alfabeta.
- Nurul, Zuriah. 2006. *Metodologi Penelitian Sosial Dan Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- SNI 03-1729-2002 - *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 07-0371-1998 - *Bahan Uji Tarik untuk Bahan Logam*.
- SNI 07-0408-1989 - *Cara Uji Tarik Logam*.

- Sokol, Marc Allen. 1998. *First Summary Report: Determination Of The Tensile And Shear Strengths Of Screws And The Effect Of Screw Patterns On Cold-Formed Steel Connections*. Rolla: University of Missouri-Rolla.
- Suharsimi, Arikunto. 2000. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suprpto. 2003. *Panduan Praktek Uji Bahan Bangunan*. Surabaya: Teknik Sipil UNESA.
- Yu, Wei-Wen and Roger A LaBoube. 2010. *Cold-Formed Steel Design 4th Edition*. USA: University of Missouri-Rolla.

