BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 KONSTRUKSI BAJA RINGAN

Baja ringan *(cold formed steel)* adalah material baja yang dihasilkan dari proses pengerolan dingin, cold formed steel memiliki kualitas permukaan yang lebih baik, ukuran yang lebih presisi serta memiliki sifat mekanis dan formability (mudah dibentuk) yang sangat baik.

Macam-macam jenis pemakaian untuk konstruksi kap gedung, industri, pertokoan, garasi dan perumahan serta lantai, untuk bangunan khusus dengan menggunakan profil baja ringan dapat direncanakan sampai pada batas menurut keinginan perencana.

Keuntungan dari konstruksi baja ringan adalah :

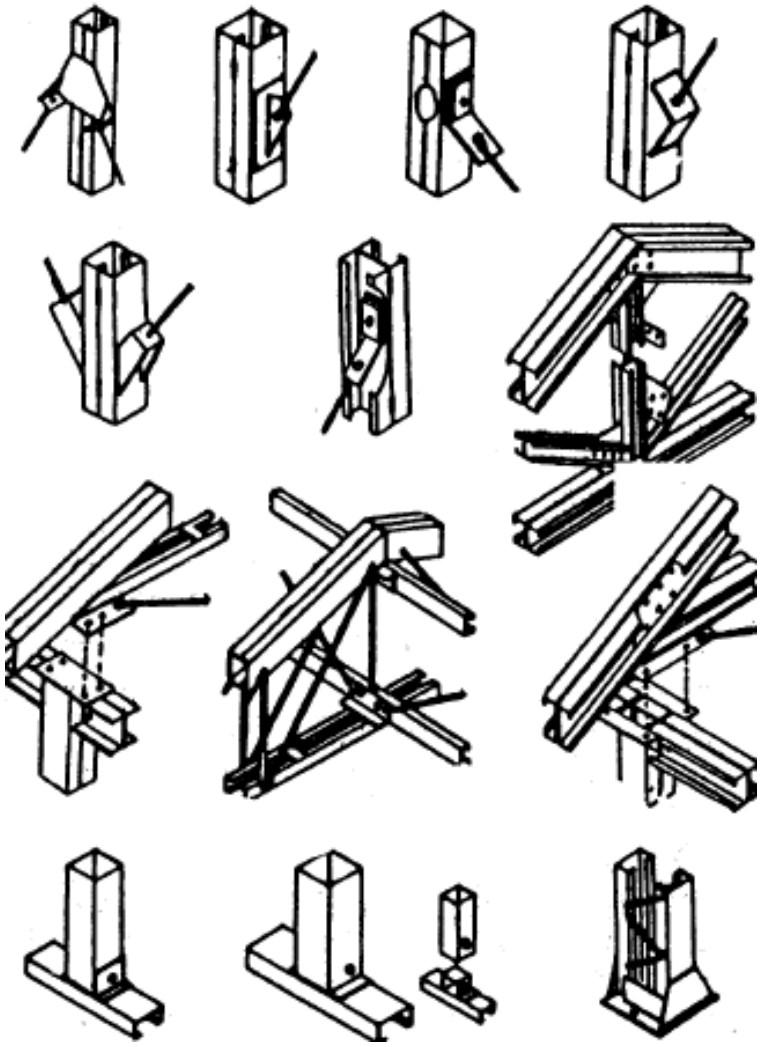
- Karena bobotnya ringan mudah diangkat, hal ini mengurangi biaya transport dengan pengurangan berat 25% - 30%.
- Pemasangannya tidak membutuhkan alat-alat yang besar.
- Dapat menahan beban serta tegangan yang lebih besar.
- Dapat menahan tekanan yang berlebihan dan puntiran.
- Bangunan dapat seragam dan sempurna sehingga mempunyai kekuatan mekanis yang seragam pula, ukuran serta bentuknya dapat dibuat seteliti mungkin.

Kerugian dari konstruksi baja ringan adalah :

- Sistem struktur rangka baja ringan tersusun rapat, padat dan terlihat ramai, terhubung & terkait satu dengan lainnya, sehingga kurang menarik jika diexpose.
- Membutuhkan perhitungan yang benar-benar matang, karena sistem strukturnya yang seperti rangka ruang tersebut maka bila ada salah satu bagian struktur yang salah hitung, salah pasang, akan membuat perlemahan sehingga dapat menyebabkan kegagalan total.
- Rangka atap baja ringan tidak se-fleksibel kayu yang dapat dipotong dan dibentuk berbagai profil.

- Dibutuhkan keahlian khusus untuk menghitung kebutuhan baja ringan, oleh karena itu tidak semua orang bisa menghitungnya.

Macam konstruksi Lip Channel :



Gambar 2.1 Macam Konstruksi Lip Channel

(Sumber :Pengetahuan Teknik Bangunan, Drs. Daryanto)

2.1.1 CARA MEMBENTUK PROFIL BAJA RINGAN

Pembentukan baja ringan adalah dengan proses pengerolan canai dingin *(cold rolling)*. Cold rolling adalah operasi pencanaian yang dilakukan pada temperatur kamar atau di bawah temperatur rekristalisasi, suhu rekristalisasi yang dimaksud adalah suhu pada saat bahan logam akan mengalami perubahan struktur mikro. Cold rolling umumnya dilakukan setelah proses rolling panas. Rolling

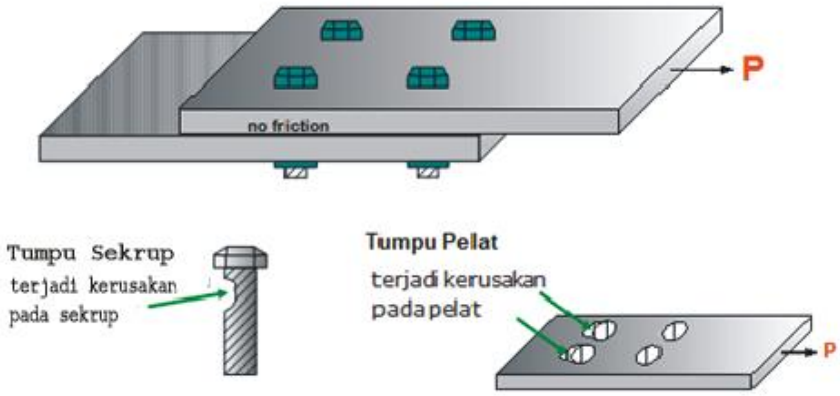
dingin menyebabkan terjadinya mekanisme penguatan pada benda kerja yang dikuti dengan turunnya keuletan. Benda kerja menjadi lebih kuat, lebih keras dan lebih rapuh. Pada proses pencanaian dingin, tegangan alir benda kerja menjadi semakin meningkat.

2.2 SISTEM SAMBUNGAN

Sambungan adalah lokasi dimana elemen-elemen yang membangun struktur digabungkan satu sama lain. Umumnya sambungan dapat menyalurkan ketiga jenis gaya dalam. Beberapa jenis sambungan diantaranya : sambungan kaku, sambungan sendi, dan sambungan rol.

2.2.1 MEKANISME SAMBUNGAN TIPE TUMPU

Pada sambungan tipe tumpu, sambungan dibuat dengan menggunakan sekrup yang dikencangkan dengan alat screw driver yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan.



Gambar 2.2 Mekanisme Sambungan Tipe Tumpu
(Sumber :Desain Sambungan Sabril Haris HG., MT)

Terdapat 3 (tiga) jenis tegangan yang mungkin terjadi pada sebuah sekrup akibat adanya gaya luar yang bekerja pada sambungan ,yaitu : tegangan tarik, tegangan geser dan tegangan tumpu.

2.2.2 JENIS ALAT SAMBUNG

Macam-macam alat sambung yang digunakan untuk pekerjaan struktur baja :

- Paku keling

  Sudah sejak lama paku keling diterima sebagai alat penyambung batang, tetapi beberapa tahun terakhir ini sudah jarang digunakan di Amerika. Paku keling dibuat dari baja batangan dan memiliki bentuk silinder dengan kepala di salah satu ujungnya. Baja paku keling adalah baja karbon sedang dengan identifikasi ASTM A502 Mutu I (Fv = 28 ksi) (1190 MPa) dan Mutu 2 (Fy = 38 ksi) (260 MPa), serta kekuatan leleh minimum yang ditetapkan didasarkan pada bahan baja batangan

- Baut (baut sekrup hitam)

  Baut ini dibuat dari baja karbon rendah yang diidentifikasi sebagai ASTM A307, dan merupakan jenis baut yang paling murah. Namun, baut ini belum tentu menghasilkan sambungan yang paling murah karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada suatu sambungan

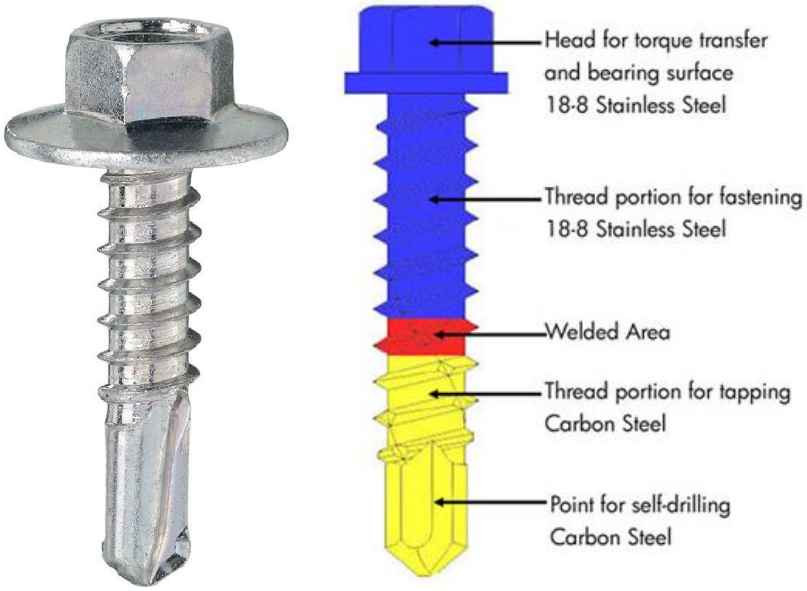
- High strength bolt (baut mutu tinggi)

  Dua jenis utama baut kekuatan (mutu) tinggi ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. Baut ini memiliki kepala segienam yang tebal dan digunakan dengan mur segienam yang setengah halus (semifinished) dan tebal

- Las

  Penyambungan dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu lebur dengan memakai bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi. Sistem sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap dimana pada konstruksi dan alat permesinan, sambungan las ini sangat banyak digunakan.

Namun untuk pekerjaan struktur baja ringan *(cold formed steel)*, alat sambung yang umum digunakan adalah sekrup tipe *self drilling screw*. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 perihal sekrup SDS dan bagiannya.

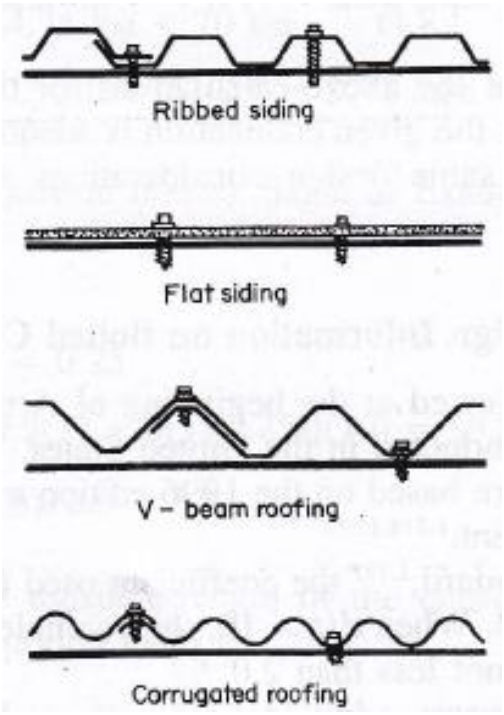


Gambar 2.3 Sekrup Tipe *Self Drilling Screw*

(Sumber :https://www.google.com/self drilling screws for steel)

2.2.3 SAMBUNGAN SEKRUP

Penggunaan sekrup sebagai alat sambung dapat mempercepat pekerjaan dan mempermudah pengerjaan dinding ataupun atap metal. Contoh penggunaan sekrup sebagai alat sambung dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Penggunaan *self tapping screws*

(Sumber :Cold Formed Steel Design, Wei-Wen Yu)

Dimensi standar untuk self tapping screw dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Tipe *self tapping screws* (Parker-Kalon Corporation)

Kind of material	Thread-forming								Thread-cutting			Self-drilling	
	Type A	Type B	Type AB	Hex head B	Swage form	Swage form B	Type U	Type 21	Type F	Type L	Type B-F	Drill Kwick	Tapits
Sheet metal 0.015" to 0.050" (steel, brass, alum, monel, etc.)													
Sheet stainless steel 0.015" to 0.050"													
Sheet metal 0.050" to 0.200" (steel, brass, alum, etc.)													
Structural steel 0.200" to 1/2" thick													

(Sumber :Cold Formed Steel Design, Wei-Wen Yu)

Berdasarkan AISI (American Iron and Steel Institute) 2007, syarat pemasangan sekrup adalah sebagai berikut :

a. Spasi Minimum

   Jarak pemasangan antar sekrup dihitung dari satu pusat sekrup ke pusat sekrup yang lainnya tidak boleh kurang dari 3 (tiga) kali diameter sekrup

b. Jarak Tepi dan Jarak Ujung

   Jarak pemasangan dari pusat sekrup sampai tepi dan ujung tidak boleh kurang 1,5 kali diameter

Untuk menggunakan ketentuan desain, AISI merekomendasikan bahwa setidaknya penggunaan sekrup sebagai alat sambung dibatasi minimal menggunakan sebanyak 2 (dua) buah untuk menghubungkan kedua elemen struktur.

Tabel 2.2 Nominal Diameter Sekrup

Number Designation	Nominal Diameter for Screws	
	inch	mm
0	0.060	1.52
1	0.073	1.85
2	0.086	2.18
3	0.099	2.51
4	0.112	2.84
5	0.125	3.18
6	0.138	3.51
7	0.151	3.84
8	0.164	4.17
10	0.190	4.83
12	0.216	5.49
1/4	0.250	6.35

(Sumber :Cold Formed Steel Design, Wei-Wen Yu)

2.3 SPESIFIKASI AISI 2007 : EVALUASI HASIL UJI

Berdasarkan AISI (American Iron and Steel Institute) 2007, pengujian yang dilakukan untuk memenuhi prosedur harus memenuhi persyaratan berikut :

a. Pengujian dilakukan paling sedikit menggunakan 3 (tiga) buah benda uji.
b. Selisih dari setiap benda uji terhadap rata-rata yang didapat dibatasi maksimum ± 15%.
c. Jika poin b tidak terpenuhi maka benda uji perlu ditambah, setidaknya sampai persyaratan pada poin b terpenuhi.

2.4 PENELITIAN MENGENAI SAMBUNGAN SDS *(SELF DRILLING SCREW)* PADA BAJA RINGAN

Adapun referensi beberapa peneliti yang sudah melakukan penelitian mengenai sambungan sekrup (self drilling screw) untuk sambungan baja ringan akan dipaparkan sebagai berikut.

2.4.1 PENGARUH JARAK SCREW TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN PADA BAJA RINGAN *(Anggara,2014)*

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).

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 bisa dipakai lagi (Agustinus, 2011:7). Pemasangan SDS dilakukan dengan menggunakan screw driver.

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.

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. 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.

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.

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 2d, 3d, 4d dan 5d. Sedangkan jarak screw ke tepi pada penelitian ini adalah 1,5d, 2d, 3d, 4d dan 5d. Jarak terkecil antar screw diambil 2d karena pada jarak ini kepala screw sangat berdekatan dan hampir menyentuh screw yang lainnya. Sedangkan jarak ke tepi diambil 1,5d karena pada jarak ini kepala screw hampir keluar dari tepi profil.

Variabel pada penelitian ini bila dihitung adalah sebanyak 20 jenis. 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 berikut ini.

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Sambungan *(Sumber :Prima Dwi Anggara, 2014)*

No	Specimen	P max (kN)	Average	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 Hampir Sobek
	N75-3E-3S-3	11.30		T, Hb & Pov	

No	Specimen	P max (kN)	Average	Perilaku Keruntuhan	Keterangan
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	

(Sumber :Prima Dwi Anggara, 2014)

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/Pmaks), 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.

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.

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.

2.4.2 PENGARUH BERBAGAI JENIS SCREW TERHADAP KUAT TARIK DAN KUAT GESER SAMBUNGAN BAJA RINGAN *(Firmansyah,2014)*

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.

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 yang ditinjau diantaranya kuat tarik sambungan nominal (Nt), kuat geser nominal (V_n), nilai keruntuhan tilting per-SDS (Vb_1), nilai keruntuhan hole-bearing per-SDS (Vb_2) dan nilai keruntuhan pull-over (N_{ov}).

Selain itu di tinjau pula hasil pengujian sambungan struktur. Kekuatan maksimal (P_{maks}) dari pengujian tarik sambungan dapat digunakan menjadi kuat tarik maksimal (Nt_{aktual}) atau kuat geser maksimal secara aktual (Vn_{aktual}). Pengamatan juga dilakukan pada perilaku keruntuhan sambungan, alur keruntuhan dan nilai keruntuhannya.

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.

Untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya, peneliti memberi saran dan 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.

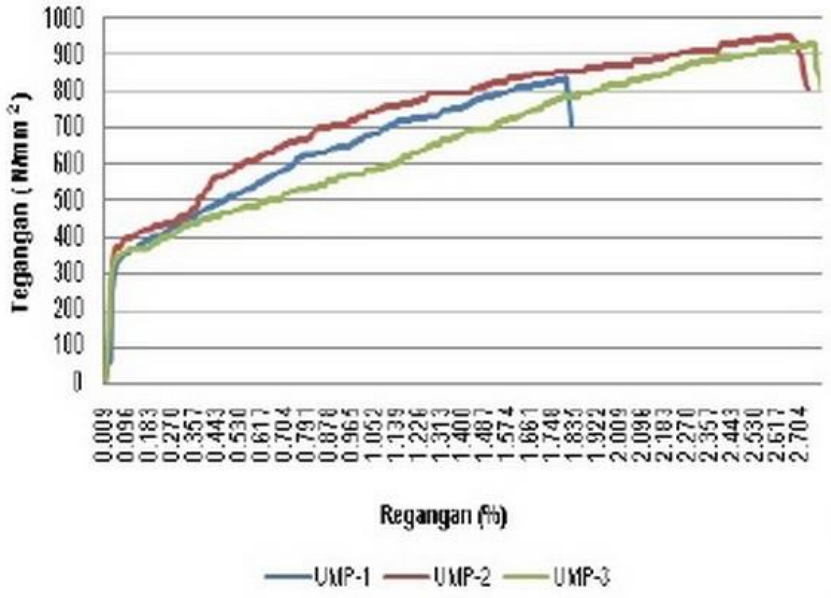
2.4.3 MATRIK PENELITIAN SEBELUMNYA MENGENAI SAMBUNGAN SDS

Tabel 2.4 Matrik Penelitian Sebelumnya Mengenai Sambungan SDS yang Sudah Pernah Dilakukan

Judul	Variabel	Metodologi dan Prosedur Penelitian	Kesimpulan
Pengaruh jarak screw terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan *(Anggara, 2014)*	a. Jarak spasi screw : 2d, 3d, 4d dan 5d b. Jarak screw ke tepi : 1.5d, 2d, 3d, 4d dan 5d Variabel pada penelitian ini sebanyak 20 jenis.	Perbandingan yang dilihat yaitu hasil dari kuat tarik aktual dengan kuat tarik dan gaya geser teoritik, kemudian model keruntuhan yang terjadi pada sambungan. Hasil pengujian juga tidak hanya mendapatkan nilai kuat tarik, tetapi dalam prosesnya dapat diamati perilaku keruntuhan masing-masing sambungan.	1. Jarak spasi optimal untuk menahan tarik yaitu 3d, 4d dan 5d sedangkan untuk menahan geser yaitu 4d dan 5d. 2. Jarak tepi screw yg optimal untuk menahan gaya tarik dan geser adalah 4d dan 5d. 3. Screw SDS 12-20x20 memenuhi kriteria pemasangan di lapangan.
Pengaruh berbagai jenis screw terhadap kuat tarik dan kuat geser sambungan baja ringan *(firmansyah, 2014)*	Jenis screw yang digunakan : a. 10-16.CII b. 10-16.Pj c. 10-16.JW d. 12-20.CII e. 12-20.Pj f. 12-20.JW Model perletakan screw adalah zigzag sesuai kondisi lapangan	Pengujian laboratorium dilakukan dengan memberikan beban tarik pada benda uji Analisis kekuatan sambungan teoritik sebagai bahan pembanding dengan hasil penelitian. Analisis yang ditinjau diantaranya : 1. Kuat tarik sambungan nominal 2. Kuat geser nominal 3. Nilai keruntuhan (*tilting, hole-bearing, dan pull-over*) Mengamati perilaku, alur, dan nilai keruntuhan pada sambungan.	1. Secara teoritis SDS 10-16 lebih kuat dibandingkan SDS 12-20, namun pada kenyataan di laboratorium, SDS 12-20 4,73% lebih kuat dibandingkan SDS 10-16. 2. Perlemahan terbesar akibat nilai kegagalan sambungan terjadi pada SDS 10-16. 3. Perlemahan terbesar akibat nilai kegagalan tarik per SDS terjadi pada SDS 12-20.

2.5 PEMERIKSAAN BAHAN BAJA RINGAN

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 di bawah ini.



Gambar 2.5 Grafik Pengujian Mutu Bahan

(Sumber :Prima Dwi Anggara, 2014)

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 fy dan fu yang terbesar. Kemudian dapat diolah untuk menyimpulkan hasil pengujian tersebut. Hasil pengujian mutu bahan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2.5 Hasil Pengujian Mutu Bahan

Nama Benda Uji	*fy* N/mm^2	ε %	*fu* 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	

(Sumber :Prima Dwi Anggara, 2014)

Gambar 2.5 menunjukkan perbandingan dari hasil pengujian masing-masing benda uji. Pada grafik tersebut dapat menunjukkan nilai fy dan fu dilihat dari nilai tegangan yang dihasilkan. Grafik UMP-2 menujukkan nilai fy terbesar yang ditunjukkan gambar grafik yang lebih tinggi, kemudian diikuti oleh grafik UMP-3 dan UMP-1. Grafik tersebut sebanding dengan nilai fy yang ditunjukkan pada Tabel diatas. Nilai fy UMP-2 lebih besar dari UMP-3 dan UMP-1 yaitu masing-masing sebesar 393.33 N/mm^2, 363.33 N/mm^2 dan 360.00 N/mm^2.

Grafik tersebut juga menunjukkan nilai fu dari masing-masing benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 yaitu sebesar UMP-1 838.33 N/mm^2, UMP-2 946.67 N/mm^2 dan UMP-3 933.33 N/mm^2. Nilai fu UMP-2 lebih besar dibandingkan UMP-1 dan UMP-3. Kemudian dari hasil tersebut diambil rata-rata untuk nilai fy dan fu. Rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 merupakan hasil dari pengujian mutu bahan. Pada pengujian ini didapat rerata untuk fy sebesar 372.22 N/mm^2 dan fu sebesar 906.11 N/mm^2.

Pada peraturan untuk mutu bahan baja ringan nilai fy dan fu adalah G550 atau mempunyai tegangan minimal sebesar 550 N/mm^2. Namun pada pengujian di laboratorium hasil rerata ketiga benda uji menunjukkan nilai fy tidak memenuhi yaitu 372.22 N/mm^2 < 550 N/mm^2. Sedangkan untuk nilai fu dari hasil rerata memenuhi yaitu menunjukkan nilai sebesar 906.11 N/mm^2 > 550 N/mm^2. 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 fu yaitu lebih tepatnya 90% dari G550 atau sebesar 495 MPa (AS/NZS 4600:2005 pasal 1.5.1.4.b.i. halaman 26).

2.6 ANALISIS PERHITUNGAN TEORITIK

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 :

$$Nt = An \times Fu$$

$$An = Ag - (n_h \times df \times t) + \sum\left(\frac{Sp^2 \times t}{4 \times Sg}\right)$$

Keterangan :

Nt : kuat tarik nominal (N)

An : luas penampang netto (mm^2)

Fu : tegangan tarik putus (N/mm^2)

Ag : luas penampang total (mm^2)

n_h : jumlah lubang

df : diameter SDS (mm)

t : tebal pelat sambungan (mm)

Sp : jarak parallel vertical antar SDS (mm)

Sg : jarak parallel horizontal (mm)

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

$$Vn = 0{,}6 \times fu \times A_{wn}$$

$$A_{wn} = (d_{wc} - n_h \times df) \times t$$

Keterangan :

Vn : kuat geser nominal (N)

A_{wn} : luas penampang badan sambungan (mm^2)

d_{wc} : kedalaman badan sambungan (mm)

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 2.6 Keruntuhan Tilting

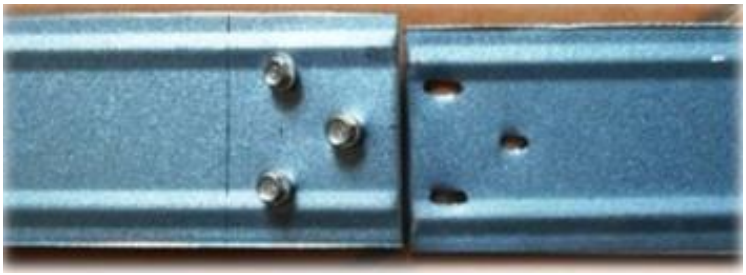
(Sumber :Lutfi Verdy Firmansyah, 2014)

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). Karena benda uji menggunakan ketebalan yang sama, sehingga nilai keruntuhan tilting untuk "t2/t1 $\leq$ 1,0" pada sambungan untuk SDS tunggal dan beberapa SDS yang terletak satu baris searah tegak lurus dengan gaya tarik atau perletakan zig-zag, menurut AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.4.2.3 (2) adalah :

$$Vb_1 = 4{,}2 \times \sqrt{\left(t_2^{\,3} \times df\right)} \times fu_2$$

Keterangan :

Vb_1 : nilai keruntuhan tilting (N)



Gambar 2.7 Keruntuhan Hole Bearing

(Sumber :Lutfi Verdy Firmansyah, 2014)

Keruntuhan hole-bearing (Vb_2) 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:

$$Vb_2 = C \times t \times df \times fu$$

Keterangan :

Vb_2 : nilai keruntuhan hole-bearing (N)

C : faktor bearing (lihat tabel 2.5)

Tabel 2.6 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)*
$df/t > 6$	2,0

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



Gambar 2.8 Keruntuhan *Pull-Over*

(Sumber :Lutfi Verdy Firmansyah, 2014)

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 mm < t_1 > 1,5 mm".

Menurut AS/NZS 4600:2005 Pasal 5.4.3.2 (3), keruntuhan pull-over dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{ov} = 1{,}5 \times t_1 \times dw \times fu_1$$

Keterangan :

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

dw : diameter washer (mm)