BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja Canai Dingin VS Baja Ringan

Baja canai dingin atau *cold formed steel* sesuai dengan namanya dibentuk melalui proses *cold forming* dari bahan baja karbon atau *low-alloy* berbentuk lembaran, setrip, pelat, ataupun batangan dengan ketebalan tidak lebih dari 25 mm yang dibentuk pada suhu kamar. Baja ringan atau *light weight steel* structure adalah baja canai dingin yang keras kemudian diproses kembali komposisi atom dan molekulnya, sehingga menjadi baja yang lebih fleksibel. Karena proses pembentukan baja ringan sama dengan baja canai dingin, maka dalam perancangannya baja ringan dapat menggunakan regulasi dari baja canai dingin.

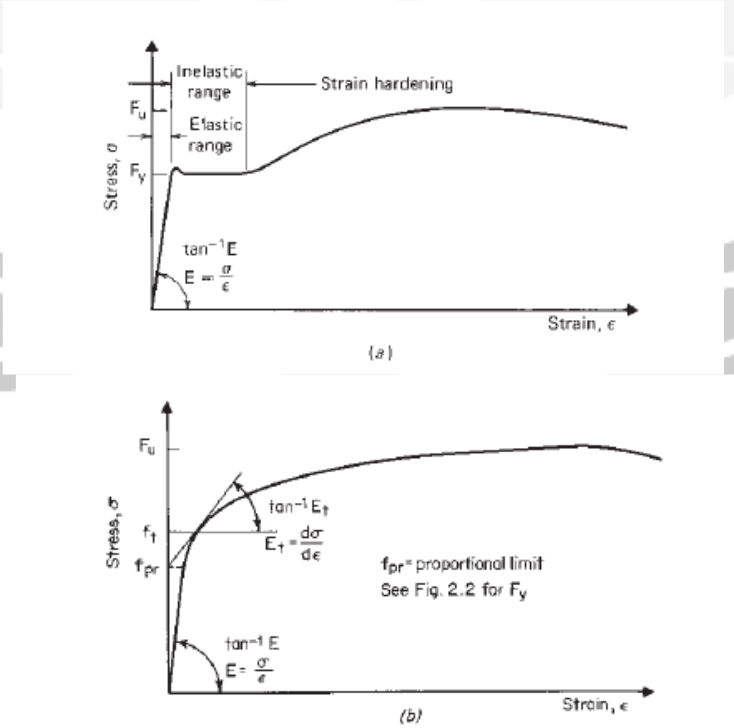
Baja ringan memiliki dimensi dan ketebalan yang relatif tipis jika dibandingkan dengan baja konvensional yaitu sekitar 0,2 hingga 2 mm. Meskipun lebih ringan dari pada baja konvensional, baja ringan memiliki kekuatan tarik yang setara dengan baja konvensional. Berdasarkan nilai tegangan tariknya, baja ringan dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu baja ringan dengan tegangan tarik tinggi (G550) dan baja ringan dengan tegangan tarik rendah (G300, G250). Bahan dasar pembentukan baja ringan adalah *carbon steel* yang terdiri dari 1,70% *Carbon*, 1,65 *Manganese*, 0,60% *Silicon*, 0,60% *Copper*. *Carbon* dan *Manganese* merupakan bahan utama untuk meningkatkan tegangan dari baja, sementara penambahan

Carbon sendiri akan memperbesar tagangan leleh tetapi akan mengurangi daktilitas.

2.2. Tegangan Leleh, Kuat Tarik, dan Kurva Tegangan Regangan

Kekuatan batang struktural baja ringan tergantung dari titik leleh atau kekuatan leleh pada baja kecuali pada daerah sambungan dan tekuk lokal elastis maupun tekuk global mencapai kondisi kritis. Tegangan leleh baja ringan berkisar antara 165 Mpa hingga 552 Mpa (Yu, 2000).

Ada dua tipe umum kurva tegangan regangan pada baja ringan. Tipe pertama adalah kurva dengan nilai tegangan leleh yang tajam biasanya terjadi pada baja dengan cara produksi *hot rolling* sedangkan tipe kedua adalah kurva dengan nilai tegangan leleh yang stabil biasanya terjadi pada baja dengan cara produksi *cold form*.



Gambar 2.1 Kurva Tegangan Regangan Baja Ringan (a) Tegangan Leleh Tajam; (b) Tegangan Leleh Stabil
(Sumber : Yu, 2000)

2.3. Profil Baja Ringan

Menurut Wiguna (2015), baja ringan dibagi menjadi dua golongan utama :

1. Batang profil struktural tunggal (profil kanal, profil Z, profil I, profil siku, profil T, profil sigma, dan profil bulat)
2. Bentuk panel dan dek

Dari berbagai profil tersebut, profil kanal merupakan profil yang tertua dan umum digunakan pada dunia konstruksi seperti rangka atap, kanopi, hingga elemen struktur utama balok kolom.

2.4. Sambungan pada Baja Ringan

Suatu konstruksi baja ringan terdiri dari gabungan antara beberapa elemen yang disatukan menjadi satu kesatuan dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Fungsi sambungan pada baja ringan diantaranya:

1. Untuk menyatukan dua atau lebih profil baja ringan sesuai kebutuhan
2. Untuk mendapatkan ukuran baja ringan sesuai dengan kebutuhan
3. Untuk memudahkan penyetelan konstruksi di lapangan
4. Untuk memudahkan pergantian bagian yang mengalami kerusakan

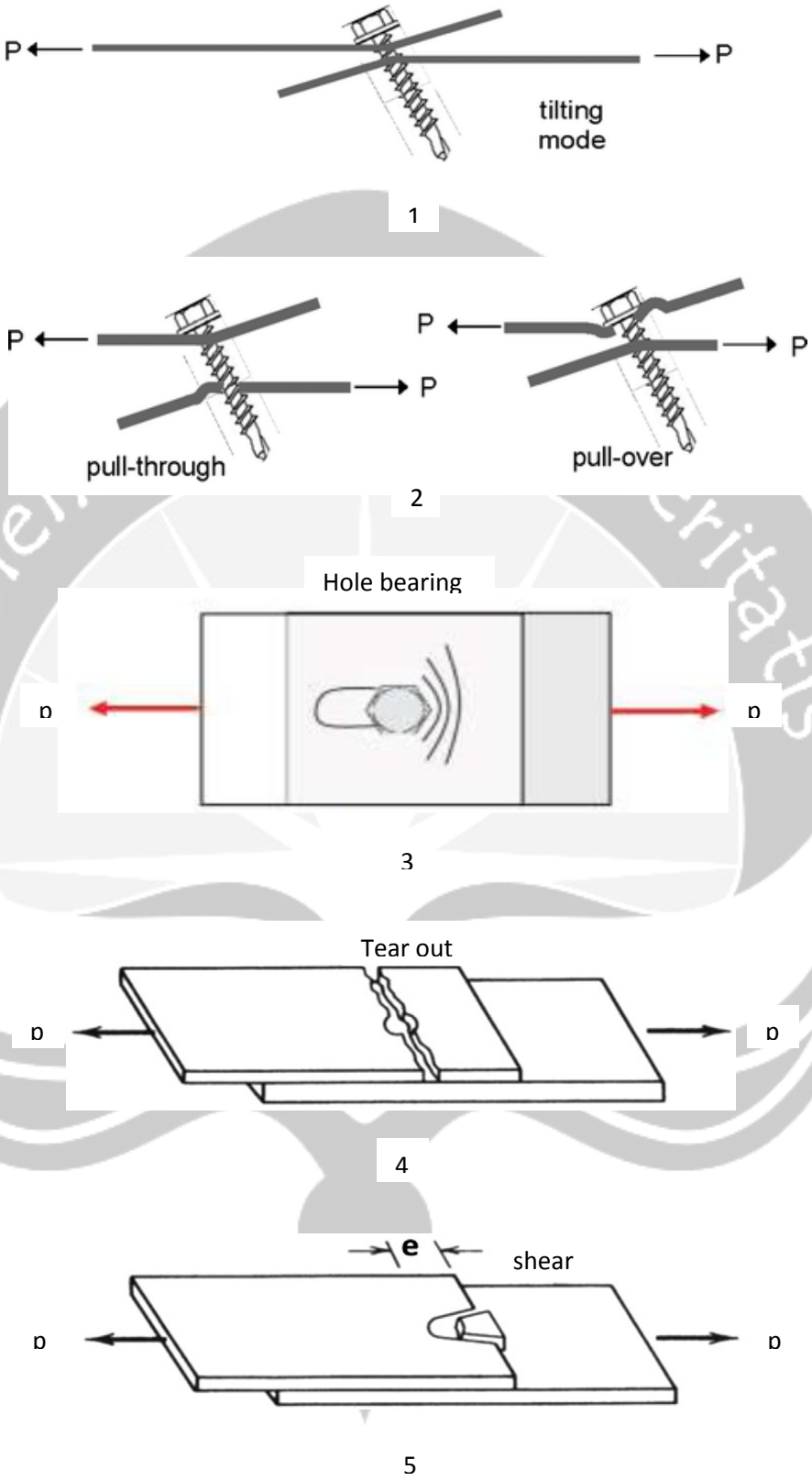
Alat sambung juga berperan sebagai perkuatan pada sistem rangka karena dapat menerima beban pada sistem struktur tersebut. Maka dari itu, letak serta jumlah alat sambung sangat mempengaruhi perkuatan tersebut. Namun jumlah

yang berlebih hanya akan menimbulkan berat sendiri dan kekuatan yang tidak berarti (Erlangga dkk., 2017).

Menurut SNI 7971 2013 Struktur Baja Canai Dingin, sistem pengencangan yang sesuai seperti las, baut, sekrup, paku keling, *clinching*, paku, lem struktural atau alat mekanis lainnya, dapat digunakan untuk menghubungkan bagian – bagian komponen struktur. Sambungan – sambungan pada struktur harus didesain agar konsisten sesuai dengan analisis struktur dan harus mampu mentransfer efek – efek dari aksi desain yang dihitung pada analisis. Menurut Segui (2013), kegagalan struktur baja sangat jarang terjadi pada material bajanya, melainkan karena jeleknya desain atau pendetailan pada sambungan.

Kekuatan sambungan dapat dievaluasi dengan meninjau beberapa kemungkinan kegagalan yang terjadi. Dalam SNI 7971- Struktur Baja Canai Dingin, ada 5 tipe kegagalan yang dapat terjadi pada sambungan baja khususnya dengan alat sambung sekrup, yaitu :

1. Kegagalan jungkit (*tilting*)
2. Kegagalan cabut (*pull-out*) dan tembus (*pull-through*)
3. Keruntuhan tumpu lubang (*hole bearing*)
4. Keruntuhan sobek (*tear-out*)
5. Keruntuhan geser (*shear*)



Gambar 2.2 Kegagalan Sambungan Sekrup
(Sumber: https://www.google.com/search?q=failure+in+steel+connection)

2.5. Jenis – Jenis Sambungan Baja Ringan

Jenis sambungan tergantung dari profil dan ukuran profil yang bertemu di sambungan, jenis pembebanan, dan keperluan untuk sambungan. Ada beberapa macam jenis sambungan diantaranya adalah :

1. Sambungan sebidang

Sambungan sebidang biasanya dipakai untuk menyambung ujung – ujung pelat datar dengan ketebalan yang sama. Keuntungan sambungan jenis ini adalah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan.

2. Sambungan lewatan

Sambungan lewatan merupakan sambungan yang umum dan mudah dalam pengerjaannya. Dalam sambungan lewatan kedua pelat dapat disambung meskipun tebalnya berbeda

3. Sambungan tegak

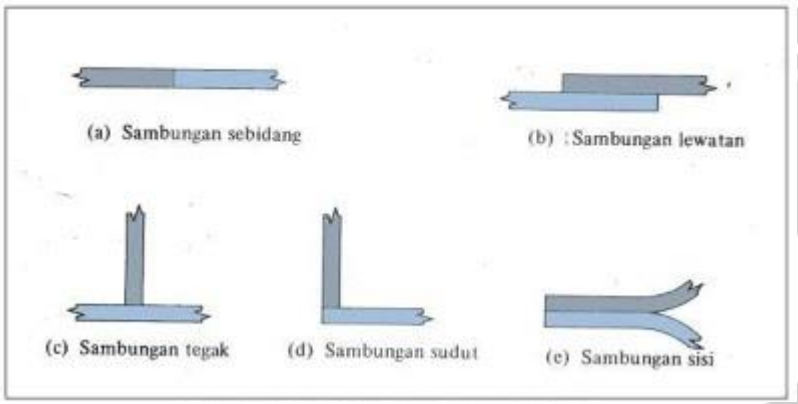
Sambungan tegak dipakai untuk membuat penampang bentukan seperti profil T, profil L, gelagar pelat, pengaku tumpuan, penggantung, dan konsol. Pada sambungan tegak potongan yang disambung akan membentuk sudut tegak lurus

4. Sambungan sudut

Sambungan sudut dipakai untuk membuat penampang berbentuk segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar.

5. Sambungan sisi

Sambungan sisi biasanya tidak struktural namun paling sering digunakan untuk mempertahankan kesejajaran awal antar pelat.



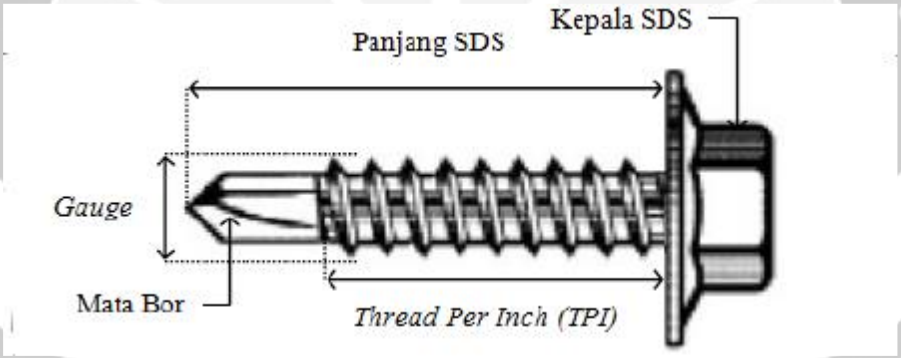
Gambar 2.3 Jenis – Jenis Sambungan Baja Ringan

(Sumber : Salmon dkk, 1991 dalam https://www.google.com/search?q=jenis+jenis+sambungan)

2.6. Sambungan Sekrup

Sambungan yang umum digunakan dalam konstruksi baja ringan adalah sekrup (*self drilling screw*). Keuntungan penggunaan alat sambung sekrup disamping harganya murah juga mudah dalam preakitan dan pelepasannya. Sekrup SDS merupakan salah satu alat sambung dengan ujung sekrup berupa mata bor yang berfungsi untuk menembus profil baja ringan dan bagian badan sekrup merupakan

bagian yang berulir dengan fungsi yang sama dengan ulir pada baut. Sekrup SDS biasanya merupakan sekrup sekali pakai yang apabila mata bor dan dratnya sudah aus maka tidak akan bisa dipakai kembali (Agustinus, 2011). Untuk pemasangan sekrup ini, dapat dilakukan dengan menggunakan *screw* driver dan sangat praktis karena untuk pengeboran dan pengencangan sekrup dapat dilakukan secara bersamaan. Menurut Haris dan Herman (2015), kekuatan sambungan dengan sekrup sangat ditentukan oleh pengencangan dan tahanan antara bidang ulir dengan lubang penampang. Hilangnya tahanan ulir dapat disebabkan oleh sekrup yang sudah aus atau lubang penampang yang membesar.



Gambar 2.4 Detail Sekrup *Self Drilling Screw*
(Sumber : Firmansyah, 2014)

2.7. Kegagalan *Tilting* pada Sambungan

Penelitian yang dilakukan oleh Sabril Haris dan Hazmal Herman (2015) yaitu studi tentang perilaku sambungan sayap pada baja ringan dengan alat sambung sekrup. Profil yang digunakan adalah profil kanal ukuran 75 x 35 x 0.75 mm dengan 4 buah sekrup yang disambung secara sebidang dengan menggunakan kanal penyambung.

Untuk *set-up* pengujiannya, pada tiap bagian ujung profil dipasang *jig* penjepit yang terbuat dari baja konvensional dan dipasang menggunakan baut. Hal ini bertujuan agar kegagalan yang terjadi ditujukan pada daerah sambungannya. Pengujian sambungan menggunakan mesin UTM dengan kecepatan pembebanan 1 mm per menit dan 2 mm per menit.

Kegagalan yang terjadi pada saat pengujian adalah kegagalan *tilting* yang disertai dengan perbesaran lubang sambungan dengan perbandingan rata – rata hasil eksperimental dan hasil perhitungan analitik adalah sebesar 7.8%. Dari hasil penelitian, gaya minimal yang dapat dipikul oleh 1 buah sekrup pada sambungan sayap adalah sebesar 303 kgf yang setara dengan 90% kekuatan nominal sambungan sekrup untuk kondisi *tilting* jika digunakan nilai tegangan ultimit standart 550 MPa.

Tabel 2.1. Kekuatan Sambungan Perhitungan Analitis dan Uji Eksperimental
(Sumber : Sabril Haris dan Hazmal Herman, 2015)

Identifikasi Spesimen	**Material**	**f_u-Exp (MPa)**	**V_b-Analitik*) (kgf)**	***P*-Exp (kgf)**	**Perbedaan**
Sambungan -1	Batang-1	552,2	673,7	607,5	9,8 %
Sambungan -2	Batang-1	552,2	673,7	674,0	0,0 %
Sambungan -3	Batang-2	526,6	642,4	732,6	14,0 %
Sambungan -4	Batang-3	575,1	701,6	651,0	7,2 %

*) Nilai terkecil berdasarkan Persamaan 1.a, untuk 2 buah baut dalam 1 bagian sambungan

2.8. Pengaruh Jarak Sekrup Terhadap Kekuatan Sambungan

Penelitian yang dilakukan oleh Anggara (2014) yaitu pengujian sambungan pelat baja pada badan dengan alat sambung sekrup menggunakan variasi spasi dan jarak tepi sekrup untuk mengetahui kekuatan sambungan yang maksimal. Menurut standart yang ditetapkan oleh peraturan Amerika, jarak antar sekrup tidak boleh kurang dari 3d, dan jarak tepi sekrup tidak boleh kurang dari 1.5d.

Pengujian menggunakan dua pelat baja ringan yang disambung pada bagian badan dengan jarak spasi sekrup yang digunakan adalah 2d; 3d; 4d; dan 5d, dengan d adalah diameter luar sekrup dan jarak tepi yang digunakan adalah 1,5d; 2d; 3d; 4d; dan 5d. Untuk *setup* pengujiannya, benda uji diletakkan pada penjepit pada mesin UTM dan dipasang *dial gauge* untuk mengetahui perpanjangan.

Kegagalan yang didapat dari pengujian tarik berupa *tilting* dan *holebearing*. Hasil pengujian dengan berbagai variasi jarak sekrup adalah sekrup dengan variasi jarak spasi 3d; 4d; dan 5d dengan jarak tepi 4d dan 5d adalah jarak spasi yang paling aman karena Nt aktual lebih kecil bila dibandingkan dengan Nt teori dan sambungan tidak mengalami sobek sehingga menghasilkan kuat tarik dan kuat geser sambungan maksimal. Semakin besar jarak spasi dan jarak tepi semakin besar pula kekuatan sambungan terhadap tarik dan geser.

Tabel 2.2. Analisa Kuat Tarik Sambungan
(Sumber : Anggara, 2014)

No.	*Specimen*	*df*	*Spacing of Edge*	*Spacing of Screw*	Nt aktual (kN)	Nt teori (kN)	*Ratio* (%)	*Failure* (%)
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

2.9. Pengaruh Jenis Sekrup Terhadap Kekuatan Sambungan

Penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah (2014) yaitu penelitian dengan menggunakan bermacam – macam jenis sekrup seperti: 10-16.Pj, 10-16.JW, 12-20.CII, 12-20.PJ, 12-20.JW untuk menguji kuat tarik dan kuat geser pada sambungan badan pelat baja ringan dengan model perletakan zig – zag.

Desain benda uji berupa sambungan *joint* yang mengacu pada kondisi sebenarnya. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin UTM dengan kondisi salah satu sisi sambungan dijepit sedangkan sisi yang lain dalam kondisi diam.

Hasil yang didapat dari pengujian kuat tarik dan kuat geser sambungan berbeda dari analisis kekuatan yang didapat dari teoritik. Setiap jenis sekrup memberikan pengaruh terhadap kekuatan yang dihasilkan, baik secara teoritis ataupun secara aktual. Pada analisis teoritik, didapat sekrup sds 10-16 mempunyai kekuatan tarik dan geser yang lebih tinggi dari sekrup sds 12-20. Sedangkan dari hasil pengujian didapat sekrup sds 12-20 mempunyai kekuatan tarik dan geser yang lebih tinggi dari sekrup sds 10-16.

Tabel 2.3. Analisis Kekuatan Tarik Sambungan
(Sumber : Firmansyah, 2014)

No.	Specimen	Average Nt aktual	Nt teori	Ratio	Failure
		KN	KN	%	%
1	10-16.JW	18,87	25,25	71,73	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	78,6	21,4
6	12-20.CII	18,67	23,57	79,18	20,82