

# PERILAKU SAMBUNGAN SEKRUP (*SELF DRILLING SCREW*) PADA SAMBUNGAN MOMEN SEBIDANG UNTUK STRUKTUR BAJA RINGAN

Y. Djoko Setiyarto

Jurusan Teknik Sipil - Universitas Komputer Indonesia  
Email: trivi46@yahoo.com

## ABSTRAK

Penggunaan sekrup sebagai pengencang sambungan momen pada struktur baja ringan umum dilakukan terutama untuk konstruksi atap. Berbeda dengan baut, mekanisme tumpu pada sekrup dapat disertai pula dengan mekanisme tarik yang menyebabkan sekrup tertarik keluar (*pull-out*) dari bidang sambungan, mengingat sekrup tidak menggunakan mur. Analisis desain yang disertai dengan kegiatan eksperimental berikut akan memaparkan tentang perilaku dan bentuk kehancuran (*failure mode*) pada sambungan momen struktur baja ringan yang menggunakan sekrup. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa sebagian besar sekrup mengalami rotasi dan tertarik keluar bidang sambungan (*pull-out*) sehingga dapat menurunkan kekuatan sambungan. Diketahui pula bahwa sekrup yang memiliki eksentrisitas besar terhadap pusat sambungan dan berlokasi dekat dengan beban, akan berpotensi putus akibat besarnya gaya geser yang diterima.

**Kata kunci** : sekrup, sambungan momen sebidang, *pull-out*.

## ABSTRACT

*The use of self drilling screws as moment connections fasteners on cold formed steel structures is done mainly for roof construction. In contrast to the bolts, bearing on the screw mechanism can be accompanied by a tension mechanism that causes the screw pulled out from the field connection, given the screws do not use nuts. Analysis of the design is accompanied by the following experimental activities will be elaborated on the behavior and failure mode connection screws that may occur in connection moment of cold formed steel structures. Experimental results show that most of the screws have rotation and pull-outs so it can reduce the strength of the connection. Note also that the screw that has a large eccentricity of the connection and is located in the center with weights, will potentially drop out due to the amount of shear force received.*

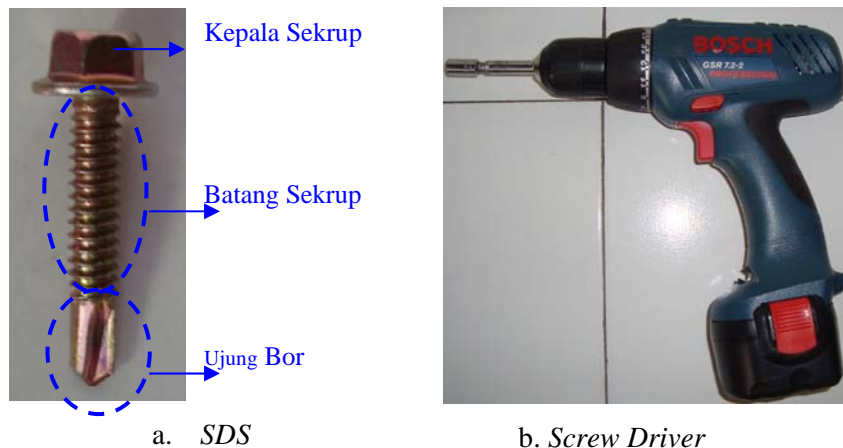
**Keywords** : *self drilling screw, lap-joint moment, pull-out.*

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi alat sambung yang sering digunakan dalam struktur baja ringan, khususnya rangka atap adalah sekrup. Alasannya sekrup merupakan alat pengencang yang cepat, mudah, dan efektif. Jenis sekrup yang digunakan adalah *Self Drilling Screw* (SDS) atau sekrup dengan ujung penembus baja (ujung bor) tanpa mur. Sekrup tersebut memiliki ulir yang kasar, dan memiliki sedikit ruang di bawah kepala baut. Ulir yang kasar tersebut akan membuat baja tipis tersusun di antara ulir, bukan dirusak oleh ulir, yang menyebabkan sekrup mampu memikul beban yang besar di sambungan.

Pemasangan sekrup harus menggunakan alat khusus berupa *screw driver* yang dilengkapi dengan kontrol torsi seperti Gambar 1. Tanpa adanya alat kontrol torsi, sekrup berisiko kehilangan fungsinya karena aus (*overtighten*), dimana keadaan ini amat berbahaya bagi struktur. Karena jumlah sekrup yang dipakai dalam suatu sistem rangka atap baja ringan relatif banyak jumlahnya, relatif sulit untuk dilakukan pengontrolan satu demi satu sekrup jika tidak menggunakan kontrol torsi.

Mengingat sekrup dikencangkan tanpa menggunakan mur, dan kekuatannya juga dipengaruhi oleh tingkat kecocokan antara diameter batang sekrup dengan lubang sekrup, maka kegagalan pada sambungan baja ringan dapat menjadi kegagalan struktur secara keseluruhan. Sehubungan dengan hal tersebut maka perilaku sambungan sekrup pada baja ringan, terutama yang berkaitan dengan bentuk kehancuran yang mungkin terjadi pada sistem sambungan harus dapat diprediksi dengan cermat.



**Gambar 1 SDS dan Screw Driver.**

Tulisan berikut akan memaparkan analisis kekuatan sambungan sekrup pada baja ringan yang menahan momen sebidang sesuai kriteria desain AISI. Agar diperoleh fakta ilmiah mengenai perilaku sambungan sekrup, maka tulisan ini disertai pula pemaparan hasil kegiatan eksperimental tentang pengujian sambungan momen yang menggunakan sekrup.

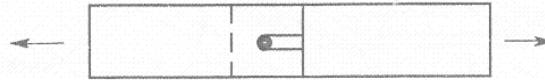
## 2. TINJAUAN LITERATUR

### 2.1 Bentuk-bentuk kehancuran sambungan sekrup

Berbeda halnya dengan sambungan baut yang mengandalkan mekanisme tumpu [AISI, 2002], maka penggunaan sekrup sebagai sambungan geser sebidang (*lap-joint shear*) untuk struktur baja ringan tidak hanya mengandalkan mekanisme tumpu, namun

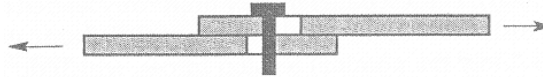
juga mengandalkan mekanisme tarik pada sekrup akibat gaya geser yang bekerja pada sistem sambungan [Yu, 2000]. Hal ini terjadi akibat eksentrisitas ketebalan pelat yang menimbulkan momen sehingga sekrup dapat mengalami rotasi. Menurut AISI, bentuk keruntuhan (failure mode) yang mungkin terjadi pada sambungan sekrup tersebut digolongkan menjadi 5 jenis yaitu:

- a. Kehancuran geser ujung pelat (*end shearing failure*)



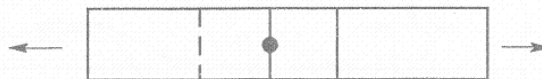
**Gambar 2 Keruntuhan Geser Ujung Pelat [AISI, 2002].**

- b. Kehancuran tumpu berupa pemanjangan lubang searah gaya (*tearing*) dan lipatan pada bidang tumpu (*pilling up*).



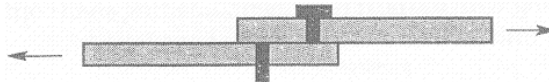
**Gambar 3 Bearing, Tearing, Pilling Up [AISI, 2002].**

- c. Kehancuran tarik pada penampang bersih pelat (fraktur/sobek)



**Gambar 4 Keruntuhan Tarik Pelat [AISI, 2002].**

- d. Kehancuran geser pada sekrup (sekrup putus)



**Gambar 5 Keruntuhan Geser Sekrup [AISI, 2002].**

- e. Sekrup berotasi miring dan merusak permukaan sambungan (*tilting*), sekrup tertarik keluar dari pelat (*pull out*), dan sekrup tertinggal pada bidang sambungan (*pull over*)



**Gambar 6 Tilting, Pull-Over, Pull-Out [AISI, 2002].**

Berdasarkan bentuk keruntuhan tersebut maka perhitungan desain kekuatan nominal sambungan sekrup yang harus ditinjau [AISI, 2002; Brockenbrough et all, 2006;

Yu, 2000] yaitu kekuatan sambungan akibat gaya geser dan kekuatan sambungan akibat gaya tarik.

## 2.2 Kekuatan Sambungan Akibat Gaya Geser

Kekuatan nominal geser tiap sekrup ditentukan dengan mempertimbangkan rasio ketebalan pelat baja ringan yang disambung seperti Gambar 7. Selanjutnya, kuat nominal geser sekrup dipilih berdasarkan nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$\textit{Tilting} \quad : Pns_1 = 4.2 (t_2^3 d)^{1/2} Fu_2 \quad (1)$$

$$\textit{Bearing pelat 1} \quad : Pns_2 = 2.7 t_1 d Fu_1 \quad (2)$$

$$\textit{Bearing pelat 2} \quad : Pns_3 = 2.7 t_2 d Fu_2 \quad (3)$$

$$\textit{Shear sekrup} \quad : Pns_4 = 0.8 Pss \quad (4)$$

$$\textit{Keruntuhan Ujung} \quad : Pns_5 = t.e.Fu \quad (5)$$

Keterangan:  $t_1$  = tebal pelat 1 (kontak dengan kepala sekrup)

$t_2$  = tebal pelat 2 (tidak kontak dengan kepala)

$Fu_1$  = tegangan ultimit pelat 1

$Fu_2$  = tegangan ultimit pelat 2

$d$  = diameter batang sekrup

$Pss$  = kuat geser sekrup

$t$  = tebal pelat tertipis

$e$  = jarak sekrup ke ujung pelat

$Fu$  = tegangan ultimit pelat tertipis

## 2.3 Kekuatan Sambungan Akibat Gaya Tarik

Kekuatan nominal tarik tiap sekrup ditentukan dengan mempertimbangkan geometrik sekrup. Selanjutnya, kuat nominal tarik sekrup dipilih berdasarkan nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$\textit{Pull-out} \quad : Pnot = 0.85 t_c d Fu_2 \quad (6)$$

$$\textit{Pull-over} \quad : Pnov = 1.5 t_1 d w Fu_1 \quad (7)$$

$$\textit{Tension sekrup} \quad : Pnt = 0.8 Pts \quad (9)$$

Keterangan:  $t_1$  = tebal pelat 1 (kontak dengan kepala sekrup)

$t_c$  = nilai terkecil antara penetrasi sekrup dan  $t_2$

$Fu_1$  = tegangan ultimit pelat 1

$Fu_2$  = tegangan ultimit pelat 2

$d$  = diameter batang sekrup

Pts = kuat tarik sekrup

## 2.4 Bentuk-bentuk kehancuran sambungan sekrup

Eksperimental tentang perilaku sambungan sekrup pada struktur baja ringan yang pernah dilakukan sebelumnya [Dunai et al, 2004], berhasil mengetahui bentuk keruntuhan yang mungkin terjadi pada sambungan sekrup sebagai berikut;

### a. *Shear*

Geser sekrup (putus sekrup) seperti Gambar 7a diawali dengan terjadi *tilting* (sekrup berotasi dan memperbesar lubang). Akibat kuat nominal batang sekrup yang lebih rendah dibandingkan gaya geser yang bekerja maka sekrup menjadi putus. Peristiwa *tilting* ditunjukkan oleh bagian yang mendarat dari kurva *Force-Displacement* pada Gambar 7b, sebelum sekrup mengalami putus geser.

### b. *Pull out*

Peristiwa *pull-out* (sekrup tertarik keluar) diperlihatkan oleh Gambar 8. Pada kurva *Force-Displacement* gambar tersebut memperlihatkan bagian yang menurun sebelum terjadi peningkatan kekuatan lagi. Bagian kurva yang menurun tersebut merupakan kegagalan *pull out* dari salah satu sekrup.

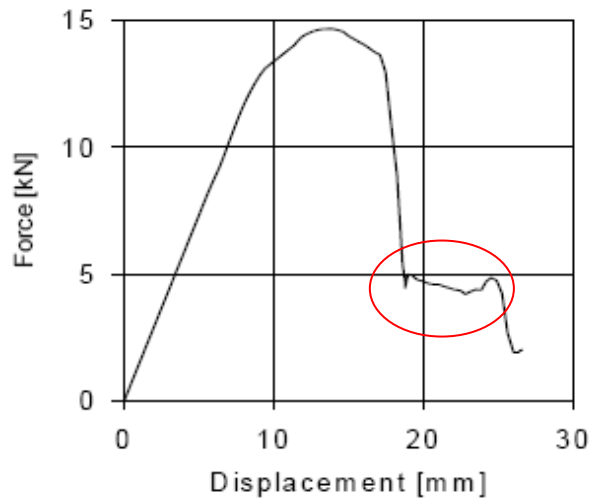
### c. *Buckling*

*Buckling* (tekuk) pada permukaan bidang sambungan baja ringan dapat terjadi apabila sambungan sekrup demikian kuat hingga melebihi kapasitas tekuk pelat. Akibat interaksi antara *tilting* dan *pull-over* maka peristiwa *buckling* dapat terjadi seperti Gambar 10.



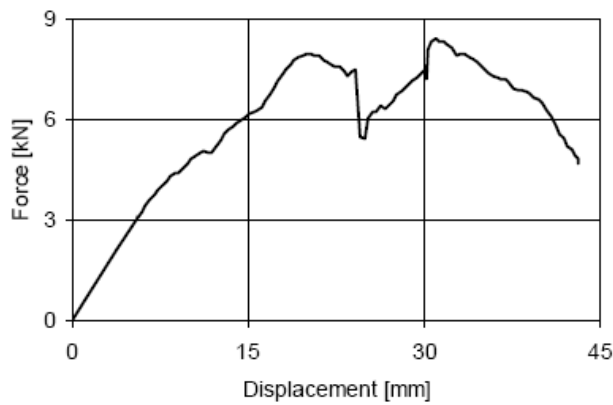
a. Tepi lubang pelat yang mengalami *elongation* akibat geser sekrup

**Gambar 7 Keruntuhan Geser Sekrup [Dunai et al, 2004].**

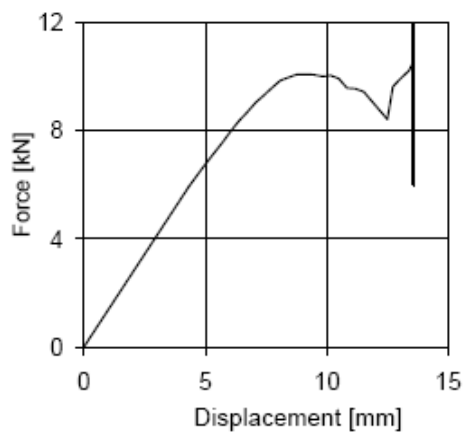


b. Hubungan  $P - \delta$  yang menyatakan Perilaku Geser Sekrup

**Gambar 7 Keruntuhan Geser Sekrup [Dunai et all, 2004] (lanjutan).**



**Gambar 8 Keruntuhan *Tilting* dan *Pull-out* [Dunai et all, 2004].**



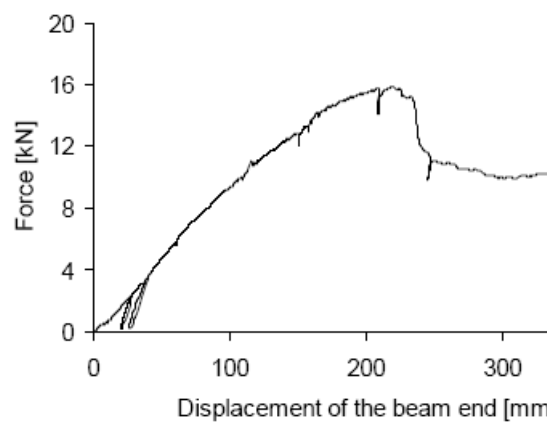
**Gambar 9 Keruntuhan *Tilting* & *Pull-Over* [Dunai et all, 2004].**



**Gambar 10 Buckling [Dunai et all, 2004].**

*d. Distortion*

Akibat *tilting* dari sekrup yang disertai dengan lentur dari pelat yang tersambung dapat menimbulkan kehancuran distorsi. Distorsi merupakan bentuk kehancuran pada pelat tersambung yang berupa deformasi pada pelat badan atau pelat sayap, meskipun secara keseluruhan sistem sambungan belum memperlihatkan adanya kegagalan. Bentuk kehancuran distorsi dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11 Distortion [Dunai et all, 2004].**

## 2.5 Distribusi gaya tiap sekrup

Besarnya gaya yang diterima oleh tiap sekrup dapat dianalisis dengan menggunakan cara *traditional elastic vector* [Brockenbrough et all, 2006] dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = \sqrt{(R_y + R_{uy})^2 + R_{ux}^2} \quad (10)$$

$$R_y = \frac{P_y}{n} \quad (11)$$

$$R_{uy} = \frac{M \times x}{\sum x^2 + \sum y^2} \quad (12)$$

$$R_{ux} = \frac{M \times y}{\sum x^2 + \sum y^2} \quad (13)$$

Keterangan:  $n$  = jumlah sekrup

$P_y$  = gaya pada sambungan

$M$  = momen pada pusat sambungan =  $P_y \times e$

$x$  = jarak sekrup dalam arah sumbu x

$y$  = jarak sekrup dalam arah sumbu y

## 3. DESKRIPSI EKSPERIMENTAL

Berikut ini kegiatan eksperimental yang telah dilakukan untuk mengetahui bentuk kehancuran dan perilaku sekrup yang mungkin terjadi pada spesimen sambungan momen sebidang.

### 3.1 Spesimen Sambungan Momen Sebidang Menggunakan Sekrup

Spesimen sambungan momen terbuat terbuat dari baja ringan berpenampang *lip channel* tunggal dengan ukuran profil 150 x 65 x 20 x 2.3. Batang vertikal dan batang horisontal sepanjang 30 cm dan 25 cm dari baja ringan tersebut dihubungkan secara *back-to-back* pada bagian badannya sehingga membentuk sambungan siku L yang dapat menahan momen sebidang. Sekrup yang digunakan berdiameter 5 mm dengan konfigurasi sekrup seperti pada Gambar 12.

### 3.2 Properti Material

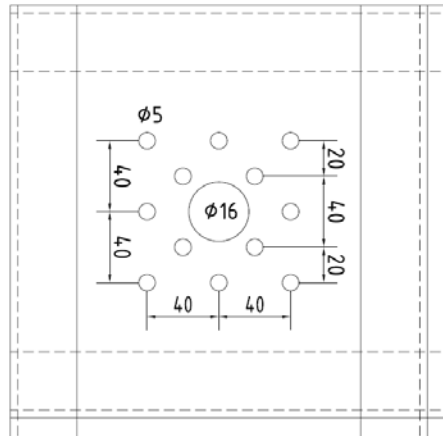
Properti material baja ringan diperoleh dari uji tarik pelat baja sesuai dengan ASTM A 370 – 03a [ASTM, 2003]. Hasil uji tarik material baja ringan yang digunakan untuk spesimen sambungan momen memiliki tegangan leleh  $\sigma_y = 212$  MPa, tegangan



ultimit  $\sigma_u = 275$  MPa dan modulus elastisitas  $E = 202944$  MPa. Jenis sekrup yang digunakan sebagai alat penyambung adalah SDS dengan *Grade* 4.6 yang memiliki tegangan tarik nominal  $\sigma_{uf} = 421$  MPa. Kapasitas penampang *lip channel* 150 x 65 x 20 x 2.3 telah dianalisis dengan menggunakan metode AISI (Yu 2000), yang menghasilkan nilai kapasitas penampang sebesar 8.282 kN.m seperti Tabel 1.

**Tabel 1 Properti Penampang.**

Profil	Luas (mm <sup>2</sup> )	Ix (mm <sup>4</sup> )	Sx (mm <sup>3</sup> )	Mn (kN.m)
C150x65x20x2.3	702.4	2484685	33129	8.282



(a) Rencana.

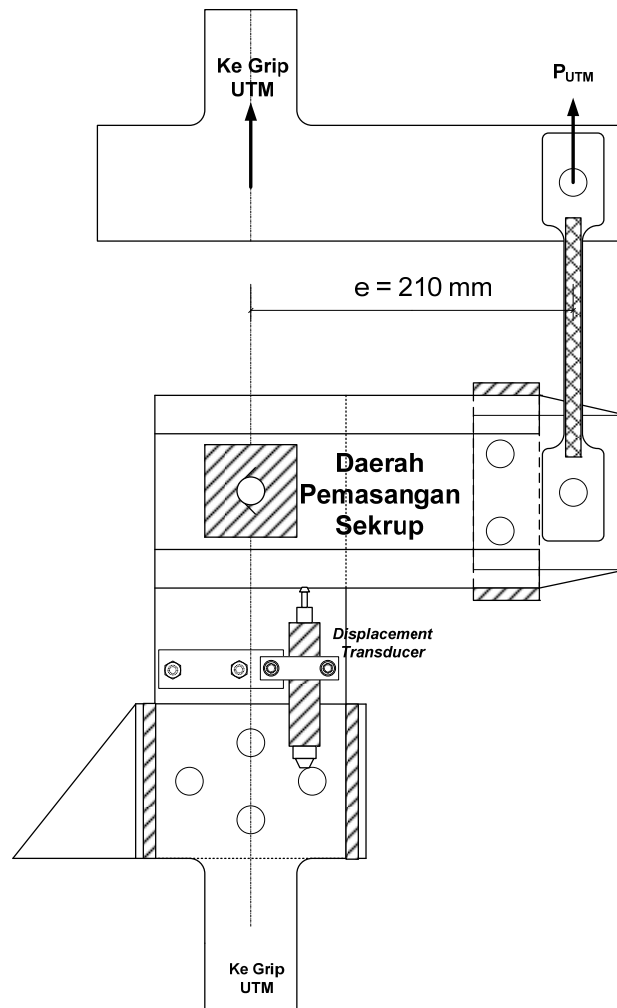


(b) Aktual.

**Gambar 12 Spesimen Uji Sambungan Sekrup.**

### 3.3 Test Setup dan Prosedur Pengujian

Pengujian sambungan momen sebidang dilakukan dengan menggunakan UTM sedemikian hingga spesimen dapat menerima momen sebidang seperti pada Gambar 14 berikut.



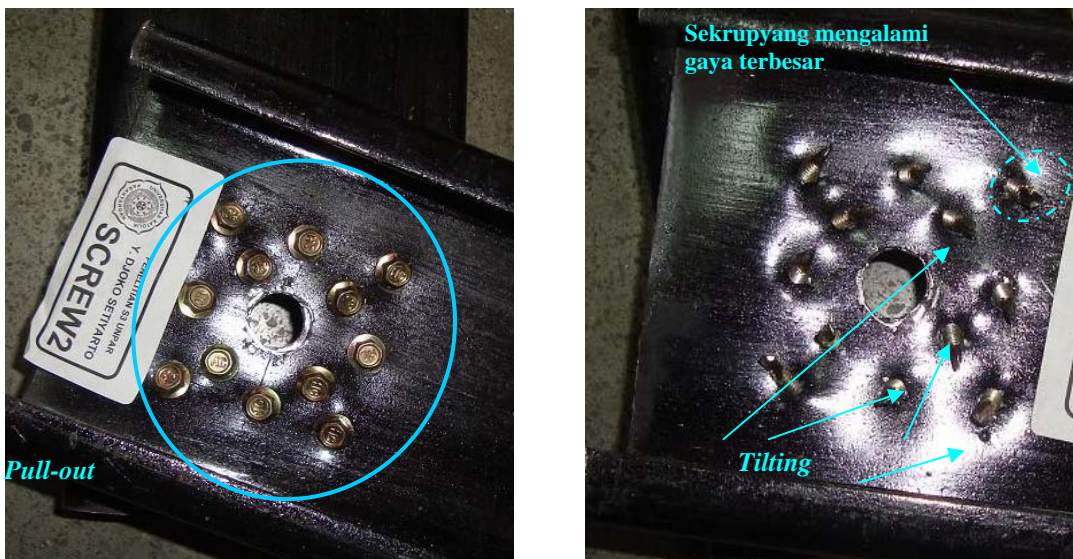
**Gambar 13 Test Setup [Setiyarto, 2011].**

Gambar 13 tersebut memperlihatkan pemasangan alat bantu pada spesimen uji momen yang disertai dengan pemasangan instrumentasi *displacement transducer*. Eksentrisitas yang dihasilkan alat bantu lengan momen adalah 0,21 m sehingga besar momen yang diperoleh sebesar 0.21 kali  $P_{UTM}$  (beban UTM) yang dihasilkan dalam satuan kN.m. Sedangkan *displacement transducer* dipasang sedemikian hingga menghasilkan jarak antara sensor *displacement* dengan pusat sambungan sebesar 50 mm. Besarnya rotasi sambungan yang terjadi dapat diperoleh dengan cara membagi besarnya peralihan vertikal dengan jarak sensor perpindahan.

Pengujian sambungan momen dilakukan dengan cara memberikan beban tarik dari UTM ke ujung bebas batang *channel* horisontal sedemikian hingga timbul momen pada daerah sambungan sebagai akibat adanya eksentrisitas antara grip bawah dengan lengan grip. Pengujian dilakukan hingga tercapai kondisi beban ultimit (sambungan hancur).

#### 4. HASIL EKSPERIMENTAL & PEMBAHASAN

Saat mencapai beban ultimit, deformasi di permukaan bidang sambungan baja ringan atau di sekitar sekrup sudah mulai terlihat. Akibat adanya mekanisme tumpu pada batang sekrup, maka sekrup cenderung berotasi dalam arah tegak lurus bidang sambungan (*tilting*). Rotasi sekrup tersebut juga menyebabkan kepala sekrup membentur permukaan bidang sambungan, sehingga menyebabkan permukaan baja ringan sobek. Beberapa sekrup juga mengalami kegagalan tumpu akibat tidak dapat menahan gaya geser yang terjadi dalam mekanisme tumpu pada penampang pelat.



a. Tampak Bagian Kepala Sekrup

b. Tampak Bagian Ujung Sekrup

#### Gambar 14 Bentuk Kehancuran Spesimen Sambungan Sekrup

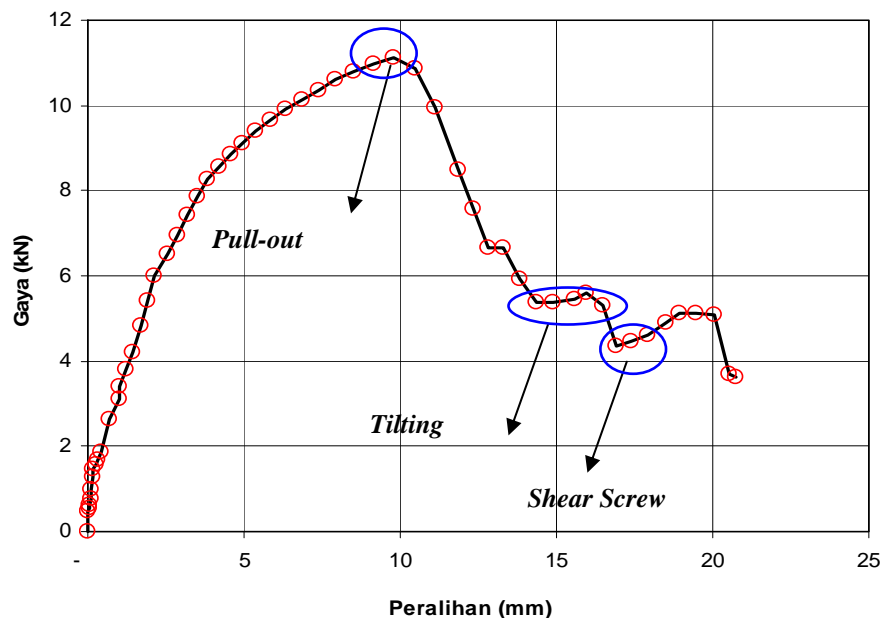
[Setiyarto, 2011].

Bentuk kehancuran yang terjadi pada sambungan momen yang menggunakan SDS dapat dilihat pada Gambar 14, terlihat deformasi plastis pada permukaan baja ringan yang berbenturan dengan kepala sekrup dan deformasi plastis pada permukaan baja

ringan yang berbenturan dengan ujung sekrup. Bentuk keruntuhan yang dominan terjadi pada spesimen uji adalah:

- a. Sebuah sekrup mengalami putus geser, yaitu sekrup yang dekat dengan lokasi gaya.
- b. Semua sekrup mengalami rotasi dan sekrup yang memiliki eksentrisitas besar terhadap pusat sambungan mengalami *pull-out*

Hubungan gaya-peralihan hasil pengujian sambungan momen terlihat pada Gambar 15. Untuk memperoleh titik ultimit ( $P_u$ ) dan titik leleh ( $P_y$ ) digunakan metode *offset* [ASTM, 2003] yang hasilnya seperti pada Tabel 2. Besarnya momen ultimit yang diperoleh adalah  $M_u = 1.65$  kN.m. Nilai ini masih lebih rendah daripada kapasitas penampang profil pada Tabel 1 (selisih 80%).



**Gambar 15 Kurva  $P - \Delta$  Hasil Eksperimental [Setiyarto, 2011].**

Kurva gaya-peralihan tersebut memperlihatkan keruntuhan sambungan diawali dengan terjadinya *pull-out* pada sekrup yang mengalami gaya geser terbesar. Setelah sekrup tersebut putus maka peristiwa *pull-out* diikuti oleh seluruh sekrup yang lain (bagian kurva menurun drastis). Selanjutnya beberapa sekrup mengalami *tilting* (bagian kurva yang mendatar) dan sekrup yang berada dekat dengan beban UTM mengalami putus geser (bagian kurva yang menanjak setelah mengalami penurunan yang signifikan).

**Tabel 2 Titik Leleh dan Titik Ultimit.**

$\Delta y$ mm	$P_y$ kN	$\Delta u$ mm	$P_u$ kN
2.888	7.857	9.772	11.129

## 5. BESAR GAYA TIAP SEKRUP TEORITIS

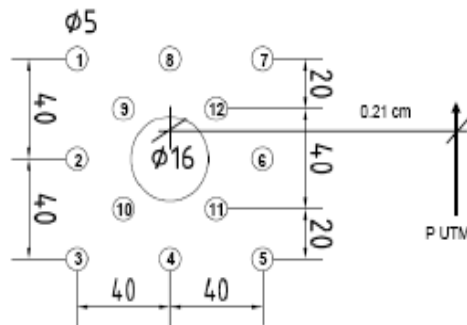
Untuk mempelajari perilaku sambungan sekrup dalam menerima beban, berikut dilakukan analisis gaya yang bekerja pada tiap sekrup dengan tujuan untuk mengetahui distribusi gaya masing-masing sekrup. Gaya geser yang bekerja pada tiap sekrup tersebut dianalisis dengan cara *traditional elastic vector* [Brockenbrough et all, 2006] seperti persamaan 10 s/d 13. Dengan menggunakan nilai  $P_y = 7.857$  kN (kondisi elastis), dan konfigurasi sekrup seperti Gambar 16 untuk menentukan nilai  $\Sigma y_i^2 + \Sigma x_i^2$ , maka besarnya gaya yang diterima tiap sekrup dapat dianalisis. Hasil analisis gaya tiap sekrup dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 3 Penentuan  $\Sigma y_i^2 + \Sigma x_i^2$  untuk Analisis Gaya Tiap Baut.**

No Sekrup	$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	-40	40	1600	1600
2	-40	0	1600	0
3	-40	-40	1600	1600
4	0	-40	0	1600
5	40	-40	1600	1600
6	40	0	1600	0
7	40	40	1600	1600
8	0	40	0	1600
9	-20	20	400	400
10	-20	-20	400	400
11	20	-20	400	400
12	20	20	400	400
			$\Sigma x_i^2 = 11200$	$\Sigma y_i^2 = 11200$

Berdasarkan hasil dari tabel tersebut diketahui bahwa gaya geser terbesar yang diterima oleh sambungan kelompok sekrup adalah pada sekrup no 5, yaitu sekrup yang berdekatan dengan lokasi gaya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14 b. Meskipun tidak dilakukan pengukuran besarnya gaya geser yang terjadi pada sekrup saat kondisi plastis, namun dengan dengan cara *traditional elastic vector* telah diketahui bahwa gaya

yang diterima sekrup no 5 tersebut adalah sebesar 4.65 kN dan merupakan gaya terbesar yang diterima dari sistem sambungan.



Gambar 16 Tata Letak Sekrup [Setiyarto, 2011].

Tabel 4 Gaya Geser Tiap Sekrup

No Sekrup	R <sub>ux</sub>	R <sub>uy</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>y+R<sub>uy</sub></sub>	R (kN)
1	2.946	-2.946	0.655	-2.292	3.73
2	0.000	-2.946	0.655	-2.292	2.29
3	-2.946	-2.946	0.655	-2.292	3.73
4	-2.946	0.000	0.655	0.655	3.02
<b>5</b>	-2.946	2.946	0.655	3.601	<b>4.65</b>
6	0.000	2.946	0.655	3.601	3.60
7	2.946	2.946	0.655	3.601	4.65
8	2.946	0.000	0.655	0.655	3.02
9	1.473	-1.473	0.655	-0.818	1.69
10	-1.473	-1.473	0.655	-0.818	1.69
11	-1.473	1.473	0.655	2.128	2.59
12	1.473	1.473	0.655	2.128	2.59

## 6. KEKUATAN NOMINAL TIAP SEKRUP TEORITIS

Analisis kekuatan nominal sambungan sekrup, secara teoritis (elastis) dapat ditentukan dengan persamaan 1 s/d 9. Selama menerima momen sebidang, sambungan sekrup akan berotasi terhadap sumbu transversalnya. Sehingga beberapa bagian kepala sekrup akan membentur (mengalami kontak) dengan bidang permukaan sambungan baja ringan. Selama kontak tersebut sekrup mengalami gaya geser dan sekaligus mengalami gaya tarik. Gaya geser terjadi akibat mekanisme tumpu antara tepi lubang sekrup dengan batang sekrup, sedangkan gaya tarik terjadi akibat mekanisme tarik antara kepala sekrup dengan bidang permukaan pelat.

Hasil analisis kuat nominal sekrup dapat dilihat pada Tabel 5. Jika melihat kekuatan nominal sambungan sekrup pada Tabel 5 tersebut, maka kekuatan sambungan

sekrup lebih banyak ditentukan oleh kekuatan tarik sekrup yaitu *pull-out*. Berikut mengenai analisis kekuatan nominal tiap sekrup.

#### Data Self Drilling Screw

Diameter sekrup	d =	5	mm
Diameter washer sekrup	dw =	7.5	mm
Kuat tarik sekrup	Pts =	4710	kN
Kuat geser sekrup	Pss =	3768	kN

#### Data Pelat Coldformed

Pelat 1 (yang kontak dengan kepala sekrup)

$$t_1 = 2.1 \text{ mm}$$

$$Fy_1 = 212 \text{ MPa}$$

$$Fu_1 = 275 \text{ MPa}$$

Pelat 2 (yang tidak kontak dengan kepala sekrup)

$$t_2 = 2.1 \text{ mm}$$

$$Fy_2 = 212 \text{ MPa}$$

$$Fu_2 = 275 \text{ MPa}$$

#### Shear Design Strength (Mekanisme Tumpu)

$$t_2/t_1 = 1.00$$

$$t_2/t_1 \leq 1$$

$$Pns_1 = 4.2 \times ((t_2^3) \times d)^{0.5} \times Fu_2 = 7859.52 \text{ N} \quad \text{Tilting}$$

$$Pns_2 = 2.7 \times t_1 \times d \times Fu_1 = 7796.25 \text{ N} \quad \text{Bearing}$$

$$Pns_3 = 2.7 \times t_2 \times d \times Fu_2 = 7796.25 \text{ N} \quad \text{Bearing}$$

$$Pns = \min (Pns_1, Pns_2, Pns_3) = 7796.25 \text{ N}$$

$$Pns = 7796.25 \text{ kN} \quad \text{Bearing}$$

#### End Distance (Keruntuhan Ujung)

$$\text{Tebal pelat tertipis} \quad t = 2.1 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum edge distance} \quad e = 0.75 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu pelat tertipis} \quad Fu = 275 \text{ mm}$$

$$Pns = t \times e \times Fu = 433.13 \text{ N}$$

#### Geser Pada Sekrup

$$Pns = 0.8 \times P_{ss} = 3014.4 \text{ N}$$

#### Tension Design Strength (Mekanisme Tarik)

$$P_{not} = 0.85 \times t_c \times d \times Fu_2 = 2454.38 \text{ N} \quad \text{Pull-out}$$

$$P_{nov} = 1.5 \times t_1 \times dw \times Fu_1 = 6496.88 \text{ N} \quad \text{Pull-over}$$

$$P_{nt} = 0.8 \times P_{ts} = 3768.0 \text{ N} \quad \text{Tension in screw}$$

**Tabel 5 Hasil Analisis Kekuatan Nominal Sambungan Sekrup.**

Mekanisme Geser (kN)		Mekanisme Tarik (kN)	
<i>Tilting</i>	7.86	<i>Pull-out</i>	<b>2.45</b>
<i>Bearing 1</i>	7.80	<i>Pull-over</i>	6.50
<i>Bearing 2</i>	7.80	<i>Tension screw</i>	3.77
<i>Shear Screw</i>	3.01		

## 7. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil eksperimental dan teoritis tentang perilaku sambungan sekrup pada baja ringan adalah sebagai berikut:

1. Pada sambungan momen, sekrup akan berotasi mengikuti arah putaran momen, sehingga perilaku *tilting* dan *pull-out* akan lebih dominan.
2. Sekrup yang memiliki eksentrisitas besar terhadap pusat sambungan akan cenderung menerima gaya geser yang besar, terutama sekrup yang berdekatan dengan lokasi beban.
3. Perilaku *pull-out* dan *tilting* pada sambungan sekrup dapat menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan, sehingga penggunaan sekrup akan menghasilkan kekuatan ultimit yang jauh lebih rendah daripada kapasitas penampang profil.

## DAFTAR PUSTAKA

1. AISC. (2005). *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
2. ASTM. (2003). "A 370-03a: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products", USA.
3. American Iron and Steel Institute. (2002). *AISI Manual*, 2002 Edition, Washington, DC, U.S.A.
4. Brockenbrough, R.L and Merrit, F.S. (2006). *Structural Steel Designer's Handbook: AISC, AASHTO, AISI, ASTM, AREMA, and ASCE-07 Design Standards*, 4<sup>th</sup> Ed, McGraw-Hill, Inc.
5. Dunai, L and Foti, P. (2004). "Experimental Behaviour Modes of Cold-formed Frame-Corners". *Connections in Steel Structures V*, Amsterdam.
6. Setiyarto, Y. D. (2011). Laporan Kemajuan Penelitian Disertasi, Program Doktor Teknik Sipil Unpar, Bandung.
7. Yu, W.W. (2000). *Cold-Formed Steel Design 3<sup>rd</sup> Ed.*, John Wiley & Sons, New York.