

ANALISIS SAMBUNGAN SEKRUP PADA KONSTRUKSI RANGKA ATAP BAJA RINGAN MENURUT SNI 7971:2013

Widya Apriani

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru
E-mail : Widyaapriani@unilak.ac.id

Fadrizal Lubis

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru
E-mail : fadrizal@unilak.ac.id

Muthia Anggraini

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru
E-mail : muthia@unilak.ac.id

Abstrak

Kegagalan struktur rangka atap bangunan dengan material baja ringan atau baja canai dingin dapat terjadi oleh beberapa sebab, misalnya faktor perencanaan dan pelaksanaan. Pada tahun 2016 terjadi kegagalan struktur rangka atap pada suatu gedung di Pekanbaru yang mengakibatkan hampir keseluruhan rangka atap bangunan rubuh. Kegagalan yang terjadi pada sambungan dan tekuk di beberapa batang yang terjadi pada beberapa joint atau sambungan antara *ringbalk* beton dan rangka batang. Penelitian dilakukan dengan melakukan pemodelan rangka atap baja canai dingin menggunakan SAP 2000 untuk mengetahui gaya dalam struktur. selanjutnya dilakukan desain sambungan menurut SNI 7971:2013 tentang baja canai. Sambungan yang akan dianalisis merupakan sambungan rangka baja ringan dengan menggunakan *self-drilling screw* yang didesain menurut ketentuan SNI 7971:2013. Hasil penelitian menunjukkan terjadi kegagalan sambungan yang dipengaruhi oleh *mode bearing*, karena kapasitas geser desain yang diperoleh lebih besar dari kapasitas tariknya, sehingga jumlah sekrup yang digunakan lebih sedikit. Kapasitas sambungan pada kasus ini ditentukan oleh kapasitas geser sekrup. Desain kapasitas geser sedikit di atas gaya dalam maksimum yang bekerja. Sedangkan, kapasitas tarik profil jauh kapasitas geser yang bekerja. Sambungan cukup kuat menahan gaya-gaya dalam rangka baja ringan yang menahan kombinasi beban gravitasi dan beban angin, beban hujan, sehingga sambungan bukanlah menjadi penyebab terjadinya keruntuhan struktur rangka atap.

Kata Kunci : Sambungan Sekrup, Keruntuhan Rangka Atap, SNI 7971:2013

Abstract

Failure of building roof frame structure with cold formed steel can occur by several reasons, such as planning and implementation factors. In 2016 there was a failure of roof frame structure at one of building in Pekanbaru which resulted in almost the entire roof frame collapsed. Failure that occurs in connection and buckling in multiple stems that occur in some joints between concrete and concrete ringbalk. The study was conducted by modeling cold rolled steel roof frames using SAP 2000 to find out the forces in the structure. furthermore, the design of the connection according to SNI 7971:2013 concerning the cold formed steel. The joints to be analyzed are joints using self-drilling screw designed according to SNI 7971:2013. The results show that the connection failure is affected by the bearing mode, therefore the shear capacity of the design obtained is greater than its tensile capacity. therefore the number of screws used is less. The connection capacity in this case is determined by the screw shear capacity. Design the shear capacity slightly above the maximum working force. Whereas, the capacity of tensile profile of the working shear capacity. The connection was enough to resist forces in the cold formed steel that withstand the combination of gravity load and wind load, rain load, so the connection is not the cause of the collapse of the roof truss structure.

Keywords : *Screw Connection, Roof Frame Collapse, SNI 7971:2013*

A. PENDAHULUAN

Rangka atap baja ringan di Indonesia kerap kali mengalami keruntuhan. Keruntuhan tersebut dapat disebabkan oleh kegagalan elemen kesalahan pengerjaan atau kegagalan sambungan sehingga diperlukan analisis. Analisis sambungan memiliki peranan penting dalam stabilitas dan keamanan struktur karena kegagalan struktur banyak ditentukan oleh desain sambungan (Nurjaman S, 2010). Pada penelitian ini studi kasus adalah keruntuhan rangka atap gedung SKPD Pekanbaru. Keseluruhan struktur mengalami kegagalan. Penelitian dilakukan dengan melakukan pemodelan rangka atap baja canai dingin menggunakan SAP 2000 untuk mengetahui gaya dalam struktur. Selanjutnya dilakukan desain sambungan menurut SNI 7971:2013 tentang baja canai dingin. Tujuan dari

penelitian ini adalah menganalisis sambungan sekrup dengan SNI 7971:2013 dalam rangka atap baja ringan untuk mengetahui menganalisis sambungan apakah menjadi penyebab terjadinya instabilitas elemen rangka batang.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Desain Sambungan

Untuk mencegah kegagalan sambungan dalam kondisi getas, kapasitas desain tarik sekrup harus 1,25 kali kapasitas desain untuk *pull-out* dan *pull-cover*. Kapasitas tarik maksimum untuk sekrup *self-drilling* seperti diterangkan dalam AS-3556 diberikan dalam tabel 1. Nilai yang diberikan di tabel 1 adalah untuk sekrup saja bukan untuk sambungan. Ketebalan pelat penyambung baja akan menentukan kekuatan sambungan.

Tabel 1. Kuat Tarik Aksial Menentukan Untuk Sekrup *Self-drilling*

Ukuran	Kuat Tarik aksial maksimum (kN)		
	Type ASD	Type BSD	Type CSD
No.6	4,35	4,35	5,33
No.8	6,35	6,35	8,46
No.10	7,5	8,6	10,01
No.12	11,34	11,63	14,44
No 14	14,95	16,15	18,9

Menurut Peraturan Baja Ringan Indonesia SNI 7971:2013, kekuatan sambungan (V_b) untuk kondisi rotasi sekrup (*tilting*) dihitung sebagai nilai terkecil dari rumus-rumus berikut ini:

$$V_b = 4,2\sqrt{(t_2^3 \cdot d_f \cdot f_{u1})} \quad (1)$$

$$V_b = C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1} \quad (2)$$

$$V_b = C \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \quad (3)$$

Dengan :

V_b = Kapasitas tumpu nominal bagian tersambung

t_1 = Tebal lembaran yang kontak dengan kepala sekrup

t_2 = Tebal lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup

d_f = Diameter sekrup nominal

f_{u1} = Tegangan ultimate lembaran yang kontak dengan kepala sekrup

f_{u2} = Tegangan ultimate lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup

C = Faktor tumpu sebagai fungsi perbandingan diameter sekrup nominal dan tebal lembaran

Diameter nominal sekrup adalah $d_f = 5$ mm. Nilai C ditentukan dengan rumus :

$$C = 3,3 - 0,1 \cdot \frac{d_f}{t} \quad \text{Untuk}$$

$$6 \leq \frac{d_f}{t} \leq 3 \quad (4)$$

C. DATA DAN ANALISA DATA

Penelitian dilakukan dengan melakukan pemodelan rangka atap baja canai dingin menggunakan SAP 2000 untuk mengetahui gaya dalam struktur. Selanjutnya dilakukan desain sambungan menurut SNI 7971:2013 tentang baja canai. Sambungan yang akan dianalisis merupakan sambungan rangka baja ringan dengan menggunakan *self-drilling screw* yang didesain menurut ketentuan SNI 7971:2013.



Gambar 1. Sekrup yang Digunakan Untuk Sambungan di Proyek

Berdasarkan gambar 1, beberapa asumsi yang diambil dalam menganalisis kapasitas sambungan dari struktur rangka baja ringan antara lain:

- a. Sambungan memenuhi persyaratan geometri dalam hal konfigurasi sekrup tiap sambungan
- b. Sambungan diasumsikan cukup kuat menahan gaya-gaya dalam rangka baja ringan yang menahan kombinasi beban gravitasi, beban angin dan beban hujan.

Ada empat tipe sambungan yang akan dianalisis yaitu:

- a. Bagian *heel* (elemen 1 dan 18)

- b. Bagian *ridge* (elemen 25-26 dan web 51 - web 52)
- c. Joint antara - batang tekan (23-69), *top chord* (43-44), dan batang horizontal (D1)
- d. Joint antara - batang dalam (67) dan *bottom chord* (16, 17, 66)

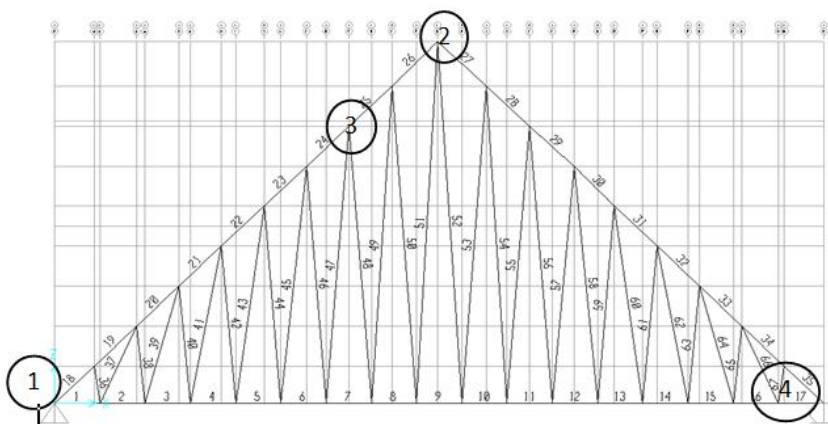
Perencanaan sambungan yang akan dilakukan meliputi perencanaan geometri dan kekuatannya terhadap tahanan tarik dan geser. Pada 4 joint struktur kuda-kuda rangka atap baja ringan yang diperkirakan membutuhkan karakteristik tahanan terbesar dalam bentuk sambungan yang sama.



Gambar 2. Contoh Sambungan Pada Bagian Ujung

Pada struktur kuda-kuda rangka atap baja ringan, direncanakan sambungan pada 4 (empat) joint, yaitu joint 1, joint 2, joint 3 dan joint 4. Adapun lokasi joint-joint tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3 menjelaskan lokasi joint-joint yang akan dianalisis. Joint-joint tersebut dipilih untuk mewakili lokasi-lokasi lain yang sejenis.



Gambar 3. Lokasi Joint Sambungan Baja Ringan yang akan Dianalisis

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sambungan Pada Joint 1

Pada joint 1 terdapat hubungan sambungan antara batang tekan 18 dengan batang tarik 1. Desain kapasitas sambungan sekrup untuk tipe Screw 12-14 x 20 TASO dengan profil batang C 100.75.75 dengan tebal 75 mm yang memiliki lubang lurus.

2. Sambungan pada Joint 2

Pada joint 2, terdapat hubungan sambungan antara batang tekan 25, batang tekan 26, batang web 51, dan batang web 52. Bentuk hubungan sambungan tersebut diilustrasikan dalam gambar 4.

Untuk mengkondisikan agar titik kumpul gaya aksial bertemu pada satu

titik, *gusset plate* dipakai pada joint 2. Sambungan di atas berbentuk simetris sehingga analisis akan dilakukan pada salah satu sisi sambungan. Sambungan yang akan dianalisis adalah sambungan antara batang tekan 25 dengan web 51 atau sambungan batang tekan 26 dengan web 52. Gaya dalam maksimum yang terjadi antara kedua sisi sambungan tidak jauh berbeda. Pada batang tekan 25 dan 26 diperoleh gaya tekan sebesar 1.69703 kN dan 1.85469 kN. Sedangkan pada web 51 dan 52 diperoleh gaya dalam maksimum sebesar 0.199 kN dan 0.185 kN. Nilai gaya dalam yang dipakai dalam analisis kapasitas sambungan adalah gaya dalam yang lebih besar. Sisi sambungan yang akan didesain adalah joint pada batang tekan 25 dengan web 51.



Gambar 4. Pengamatan Keruntuhan pada Joint 2

3. Sambungan Pada Joint 3

Pada joint 3, terdapat hubungan sambungan antara batang tekan 23, batang tekan 69, batang web 43 dan batang web 44.

4. Sambungan pada Joint 4

Pada joint 4, terdapat hubungan sambungan antara batang tarik 16, batang tarik 17, batang web 66, dan batang web 67.

5. Perhitungan Analisis Kapasitas Screw

Profil batang adalah C 100.75.75 dengan tebal 75 mm yang memiliki lubang lurus dengan tipe sekrup berupa Screw 12-14 x 20 TASO.

Spesifikasi yaitu :

Diameter sekrup, $d_f = 5,3$ mm

Diameter kepala ring dari sekrup adalah

$D_k = 14,2$ mm

$t_2 = 1$ mm, $t_1 = 1$ mm

Kapasitas tegangan leleh (f_y)
 = 550 MPa

Kapasitas tegangan tarik (f_u)
 = $1,17 \cdot f_y = 643,5$ MPa

Cek kapasitas geser sekrup :

$n_s \cdot V_n$	P_u	
$4 \times (1,1 \times 10^3)$	34038	
42550 N	34038 N	OK

a. Kapasitas Geser Batang Tarik 1
 Pelubangan dengan sekrup t_2 / t_1
 = 1,0 1,0

Kapasitas tumpu dari nominal bagian yang tersambung diambil terkecil dari :

$$\begin{aligned} V_b &= 4,2 \sqrt{(t_2^3 \cdot d_f \cdot f_{u1})} \\ &= 4,2 \sqrt{(2,7^3 \cdot (5,3) \cdot (643,5))} \\ &= 1,746 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= C \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \\ &= (2,7)(2)(5,3)(643,5) \\ &= 1,842 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

Yang menentukan adalah kondisi *tilting*, maka $V_b = 17600$ N

$$\begin{aligned} \phi V_b &= 0,5 \times (1,746 \times 10^4) \\ &= 8,799 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas geser desain sekrup disyaratkan sebesar $1,25 \cdot \phi V_b$

$$\begin{aligned} V_n &= 1,25 \times (8,779 \times 10^3) \\ &= 1,1 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah sekrup yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} P_u &= 34038 \text{ N} \\ n_s &= \frac{P_u}{V_{bn}} \\ &= 3,868 \\ n_s &= 4 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Geser Batang Tekan 18

$$\begin{aligned} P_u &= 6567 \text{ N} \\ V_{bu} &= \phi b_u \cdot V_b \end{aligned}$$

Perbandingan pelat badan dengan tebal badan $t_2 = 1$ mm, $t_1 = 1$ mm

$$\begin{aligned} \frac{t_2}{t_1} &= 1 \\ \frac{t_2}{t_1} &= 1 \leq 1,0 \end{aligned}$$

Kapasitas tumpu dari nominal bagian yang tersambung diambil dari yang terkecil dari :

$$\begin{aligned} V_{b1} &= 4,2 \sqrt{(t_2^3 \cdot d_f \cdot f_{u2})} \\ &= 6,222 \times 10^3 \text{ N} \\ C &= 2,7 \\ f_{u1} &= 643,5 \text{ MPa} \\ V_{b2} &= C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1} \\ &= 9,208 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Yang menentukan adalah kondisi *tilting*, maka $V_b = 6,222 \times 10^3$ N

$$\begin{aligned} \phi V_b &= 0,5 \times (6,222 \times 10^3) \\ &= 3,111 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas geser desain sekrup disyaratkan sebesar $1,25 \cdot \phi V_b$

$$\begin{aligned} V_n &= 1,25 \times (3,111 \times 10^3) \\ &= 3,889 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah sekrup yang dibutuhkan :

$$P_u = 6557 \text{ N}$$

$$n_s = \frac{P_u}{V_{bn}}$$

$$= 2,108$$

$$n_s = 3$$

Cek kapasitas geser sekrup :

$$\frac{n_s \cdot V_n}{3 \times (3,889 \times 10^3)} = \frac{P_u}{6557}$$

$$8196 \text{ N} \quad 6557 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Jadi jumlah sekrup yang diperlukan pada joint 1 sebanyak 4 buah sekrup nomor 12 tipe screw 12-14 x 20 taso.

c. Kapasitas Tarik Sekrup Batang Tekan 18 = batang tarik no 1

Pull Out

$$N_{ou} = 0,85 \times 2 \times 5,3 \times 550$$

$$= 2478 \text{ N}$$

Pull Over

$$N_{ou} = 1,5 \times 2 \times 12,7 \times 550$$

$$= 11710 \text{ N}$$

Pull Out lebih menentukan sehingga

$$N_t = 2478 \text{ N}$$

$$= 0,5 \quad N_t = 0,5 * 2478 \text{ N}$$

$$= 1239 \text{ N}$$

Kuat tarik desain sekrup disyaratkan sebesar $1,25 \times 1239 = 1549 \text{ N}$

d. Kapasitas Tarik Elemen Pada Bagian Sambungan Batang Tarik 1

$$N_u = 34038 \text{ N}$$

$$s_f = 25 \text{ mm}$$

$$A_n = 264 \text{ mm}^2$$

$$L = 1278 \text{ mm}$$

$$r_f = \frac{N_u}{n_s}$$

$$= \frac{94416,3 \text{ N}}{94416,3 \text{ N}}$$

$$= 0,171$$

$$N_f = \left(1 - r_f + \frac{2,5 \cdot r_f \cdot d_f}{s_f} \right) \cdot f_u \cdot A_g$$

$$= 6,169 \times 10^4 \text{ N}$$

$$N_f \quad f_u \cdot A_g$$

$$6,169 \times 10^4 \text{ N} \quad 6708 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Kapasitas sambungan pada joint 1 ditentukan oleh kapasitas geser sekrup. Desain kapasitas geser pada joint ini sebesar 11340 N sedangkan gaya dalam maksimum bekerja sebesar 7378.59375 N. Hal ini berarti kapasitas geser sedikit di atas gaya dalam maksimum yang bekerja. Sedangkan, kapasitas tarik profil sebesar 1549 N jauh kapasitas geser yang bekerja. Perhitungan *screw* selanjutnya dilakukan dalam tabel 2.

Kapasitas sambungan pada kasus ini ditentukan oleh kapasitas geser sekrup. Desain kapasitas geser sedikit di atas gaya dalam maksimum yang bekerja. Sedangkan, kapasitas tarik profil jauh kapasitas geser yang bekerja.

Tabel 2. Analisis Sambungan

Joint	Jenis Batang	t1	t2	t2/t1	Nu (N)	Vb titling	Vb 1	Vb 2	V desain	1,25 fV (N)	Nu/Vb	n
Joint 1												
1	tarik	2	2.3	1.5	35631	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	4.829	5
18	tekan	2	2.3	1.5	6567	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.890	1
Joint 2												
25	tekan	2	2.3	1.5	929	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.126	1
26	tekan	2	2.3	1.5	918	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.124	1
51	tarik	2	2.3	1.5	15477	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	2.098	3
52	tarik	2	2.3	1.5	15836	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	2.146	3
Joint 3												
23	tekan	2	2.3	1.5	2673	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.362	1
43	tarik	2	2.3	1.5	9572	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	1.297	2
44	tarik	2	2.3	1.5	10703	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	1.451	2
69	tekan	2	2.3	1.5	1852	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.251	1
Joint 4												
16	tarik	2	2.3	1.5	7745	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	1.050	2
17	tarik	2	2.3	1.5	6103	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.827	1
66	tarik	2	2.3	1.5	5758	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.780	1
67	tekan	2	2.3	1.5	324	20999.53	11805.75	17708.625	11805.75	7378.59	0.044	1

E. KESIMPULAN

Sambungan cukup kuat menahan gaya-gaya dalam rangka baja ringan yang menahan kombinasi beban gravitasi dan beban angin, beban hujan, sehingga sambungan bukanlah menjadi penyebab terjadinya keruntuhan struktur rangka atap. Kegagalan sambungan dipengaruhi oleh *mode bearing*. Oleh karena kapasitas geser desain yang diperoleh lebih besar dari kapasitas tariknya, jumlah sekrup yang digunakan lebih sedikit. Kapasitas sambungan pada kasus ini ditentukan oleh kapasitas geser sekrup. Desain kapasitas geser sedikit di atas gaya dalam maksimum yang bekerja. Sedangkan, kapasitas tarik profil jauh kapasitas geser yang bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia R., 2012, *Studi Eksperimental dan Analisis Rangka Atap Tipe Howe menggunakan Profil Baja Ringan*, Tugas Akhir, Program S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Ariyavinanta E., 2015, *Pengembangan Spreadsheet Untuk Perhitungan Kapasitas Baja Canai Dingin dengan Pengaku Berdasarkan SNI 7971:2013*, Tugas Akhir, Program S1 Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Surabaya.

- Anggara P.D., 2014, *Pengaruh Jarak Screw Terhadap Kekuatan Sambungan Pada Baja Ringan*, Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Volume 3 Nomor 1 : 149-157.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Canai Dingin SNI 03-7971-2013*, Bandung.
- Firmansyah L.V., 2014, *Pengaruh Berbagai Jenis Screw Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Geser Sambungan Baja Ringan*, Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Volume 3 Nomor 1 : 44-53.
- Rhodes J., 2013, *Formed Steel Structure*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kurniawan 2008, *Analisis Baja Ringan dengan Baja Konvensional*, Tugas Akhir, Program S1 Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Bandung.
- Nur K., 2012, *Analisis Stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional Pada Rangka Batang (Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)*, Laporan Penelitian BNPB Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo.
- Nurjaman S., dkk., 2008, *Analisis Sambungan Rangka Atap Baja Ringan Yang Didesain Menurut As 4600 Terhadap Beban Gempa Di Indonesia*, Tugas Akhir, Program S1 Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Rahmat S.B., 2010, *Stabilitas Kuda-Kuda Baja Ringan Star Truss Type C (Studi Kasus : Pengujian Kuda-kuda Baja Ringan Bentang 6 m)*, Tugas Akhir, Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sulaeman, dkk., 2013, *Artikel: Analisa Beban Ultimit Struktur Rangka Atap Sentris Dan Non Sentris Menggunakan Profil Baja Ringan*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Standards Australia Limited/Standards New Zealand, 2005, *Cold Form Steel Structures AS/NZS 4600:2005*.
- Yu W.W., 2000, *Cold Formed Steel Design, Third Edition*, John Wiley & Sons, INC., New York.