

PENGGUNAAN *SPREADSHEET* DALAM MENENTUKAN KAPASITAS PROFIL BAJA CANAI DINGIN BERDASARKAN SNI 7971:2013

Elvira Setiawan¹, Yui Nishimura², Hasan Santoso³, dan Ima Muljati⁴

ABSTRAK: Baja canai dingin (*cold-formed steel*) sudah mulai banyak digunakan sebagai struktur bangunan sekarang ini, seperti gording, panel, dan dak. Jika dibandingkan dengan *hot-rolled*, baja canai dingin relatif lebih ringan serta cepat dan mudah pengkonstruksinya. Namun dalam hal desain perencanaan di Indonesia, belum banyak panduan yang tersedia. Dengan terbitnya SNI 7971:2013 tentang struktur baja canai dingin, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat *spreadsheet* untuk beberapa profil baja canai dingin untuk menentukan kapasitas profil tarik, lentur, tekan konsentris, geser, tumpu, kombinasi lentur dan geser, kombinasi lentur dan tumpu, kombinasi aksial tekan dan lentur, serta kombinasi aksial tarik dan lentur yang sesuai dengan beban-beban yang terjadi. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk memilih profil yang tepat kapasitasnya sesuai dengan beban-beban rencana dengan lebih mudah dan cepat.

KATA KUNCI: struktur baja canai dingin, SNI 7971:2013 Struktur Baja Canai Dingin

1. PENDAHULUAN

Baja canai dingin (*cold-formed steel*) sudah mulai banyak digunakan sebagai struktur bangunan sekarang ini, seperti gording, panel, dan dak. Dalam perkembangannya selama ini, para *engineer* menggunakan standar perhitungan kekuatan profil berdasarkan peraturan yang berlaku di negara yang sudah lama mengembangkan baja ringan, sebagai contoh adalah AISI (*American Iron and Steel Institute*) dari Amerika dan AS/NZS 4600 Standard dari Australia (Yu, 1991).

Berdasarkan Surat Keputusan Badan Standar Nasional No.296/KEP/BSN/12/2013, sekarang telah ditetapkan standar nasional untuk struktur baja canai dingin dengan nomor: SNI 7971:2013 yang mengadopsi standar Australia. Problema yang dihadapi di Indonesia adalah adanya berbagai produk dan merek yang bermunculan dimana masing-masing memiliki kualitas, harga dan penampang yang berbeda-beda. Dengan adanya SNI 7971:2013, maka perlu disediakan contoh-contoh desain elemen struktur baja canai dingin yang dilengkapi dengan *spreadsheet* untuk memudahkan aplikasi lebih lanjut.

2. LANDASAN TEORI

Dalam desain perlu diperhatikan hal-hal berikut.

1) Desain tarik

$$N^* \leq \phi_t N_t \quad (\text{SNI 7971 3.2.1})$$

dimana

ϕ_t = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik

N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, elvira.setiawan@gmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, yui_nis93@live.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, hasan@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, imuljati@petra.ac.id

2) Desain lentur

Momen lentur desain (M^*) dari komponen struktur lentur harus memenuhi persyaratan yaitu:

$$M^* = \phi_b M_s \quad (\text{SNI 7971 3.3.1(1)})$$

$$M^* = \phi_b M_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.1(2)})$$

dimana

ϕ_b = faktor reduksi kapasitas untuk lentur

M_s = kapasitas momen penampang nominal yang dihitung

M_b = kapasitas momen komponen struktur nominal yang dihitung

3) Desain geser

Gaya geser desain (V^*) pada setiap potongan penampang harus memenuhi

$$V^* = \phi_v V_v \quad (\text{SNI 7971 3.3.4.1})$$

dimana

ϕ_v = faktor reduksi kapasitas untuk geser

V_v = kapasitas geser nominal pelat badan

4) Kombinasi lentur dan geser

Untuk balok dengan pelat badan tanpa pengaku, momen lentur desain (M^*) dan gaya geser desain (V^*) harus memenuhi

$$\left(\frac{M^*}{\phi_b M_s}\right)^2 + \left(\frac{V^*}{\phi_v V_v}\right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(1)})$$

Untuk balok dengan pengaku pelat badan transversal, momen lentur desain (M^*) harus memenuhi

$$M^* \leq \phi_b M_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(2)})$$

Gaya geser desain (V^*) harus memenuhi

$$V^* \leq \phi_v V_v \quad (\text{SNI 7971 3.3.5(3)})$$

5) Tumpu

$$R_b^* \leq \phi_w R_b \quad (\text{SNI 7971 3.3.6.1})$$

dimana

ϕ_w = faktor reduksi kapasitas untuk tumpu

R_b = kapasitas nominal untuk beban atau reaksi terpusat untuk sebuah pelat badan solid yang menghubungkan sayap atas dan bawah

6) Kombinasi lentur dan tumpu

Untuk penampang dengan pelat badan tunggal tanpa pengaku harus memenuhi

$$1,07 \left(\frac{R^*}{\phi_w R_b}\right) + \left(\frac{M^*}{\phi_b M_s}\right) \leq 1,42 \quad (\text{SNI 7971 3.3.7(1)})$$

dimana

R^* = beban atau reaksi terpusat desain yang terjadi bila ada momen lentur

R_b = kapasitas nominal untuk beban atau reaksi terpusat yang terjadi tanpa adanya momen lentur dengan asumsi pembebanan satu sayap interior pelat badan tunggal untuk sekumpulan penampang Z , yaitu jumlah dua pelat badan yang dihitung secara individu

$\phi = 0,9$

M^* = momen lentur desain pada, atau di dekat, titik tempat bekerjanya beban atau reaksi terpusat desain (R^*)

M_s = kapasitas momen penampang nominal terhadap sumbu yang melalui titik berat

7) Kombinasi aksial tekan dan lentur

Gaya tekan aksial desain (N^*), dan momen lentur desain (M_x^* dan M_y^*) terhadap sumbu x dan y dari penampang efektif, harus memenuhi syarat berikut ini

$$(a) \quad \frac{N^*}{\phi_c N_c} + \frac{C_{mx} M_x^*}{\phi_b M_{bx} \alpha_{nx}} + \frac{C_{my} M_y^*}{\phi_b M_{by} \alpha_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(1)})$$

$$(b) \frac{N^*}{\phi_c N_s} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(2)})$$

Jika $N^*/\phi_c N_c \leq 0,15$, interaksi berikut harus digunakan sebagai pengganti poin (a) dan (b)

$$\frac{N^*}{\phi_c N_c} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.1(3)})$$

dimana

ϕ_c = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tekan

N_s = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan

N_c = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan

ϕ_b = faktor reduksi kapasitas untuk lentur

C_{mx} , C_{my} = koefisien untuk momen ujung yang tidak sama

M_x^* , M_y^* = momen lentur desain terhadap sumbu x dan y dari penampang efektif, ditentukan untuk gaya aksial desain saja

α_{nx} , α_{ny} = faktor amplifikasi momen

8) Kombinasi aksial tarik dan lentur

$$\frac{M_x^*}{\phi_b M_{bx}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{by}} - \frac{N^*}{\phi_t N_t} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.2(1)})$$

$$\frac{N^*}{\phi_t N_t} + \frac{M_x^*}{\phi_b M_{sxf}} + \frac{M_y^*}{\phi_b M_{syf}} \leq 1,0 \quad (\text{SNI 7971 3.5.2(2)})$$

dimana

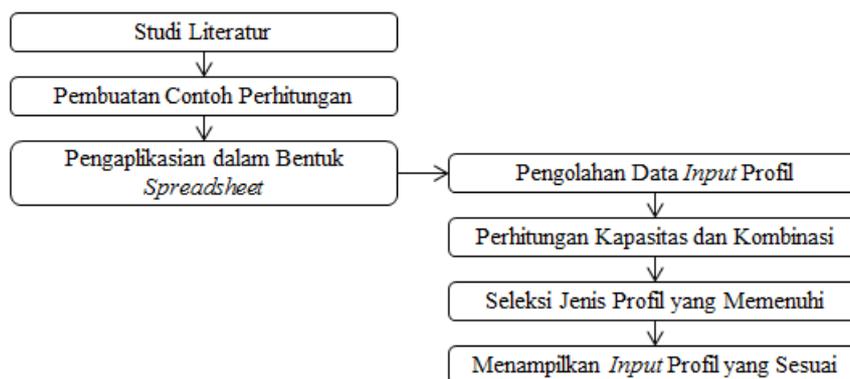
N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

M_{sxf} , M_{syf} = kapasitas momen leleh penampang nominal dari penampang utuh terhadap sumbu x dan y

M_{bx} , M_{by} = kapasitas momen komponen struktur struktur nominal terhadap sumbu x dan y, dari penampang efektif

3. METODOLOGI PENELITIAN

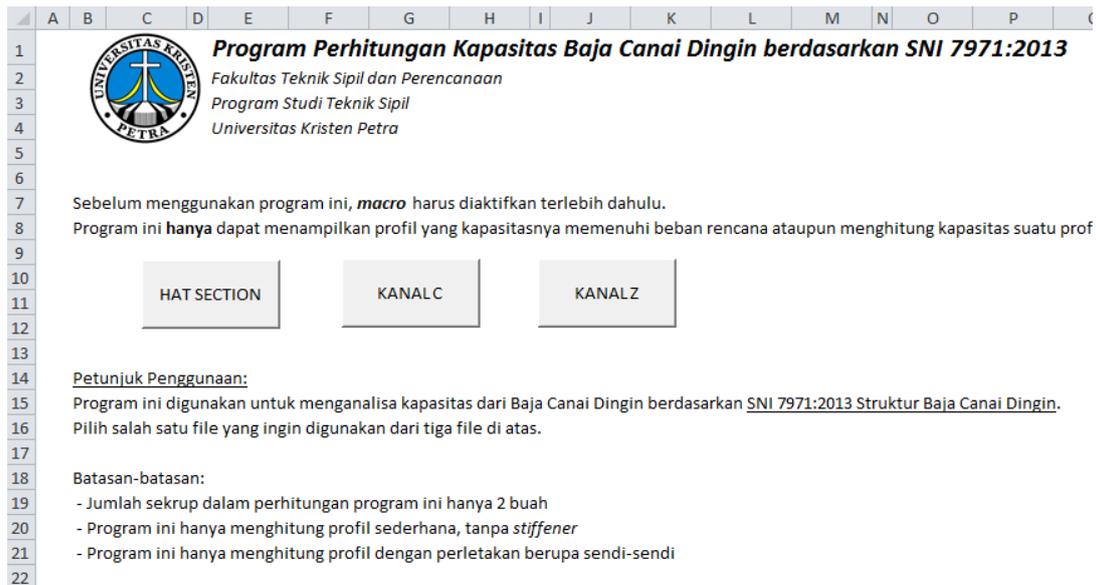
Secara garis besar alir program yang dibuat untuk melakukan perhitungan kapasitas profil menggunakan *spreadsheet* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. PROSEDUR PENGGUNAAN PROGRAM

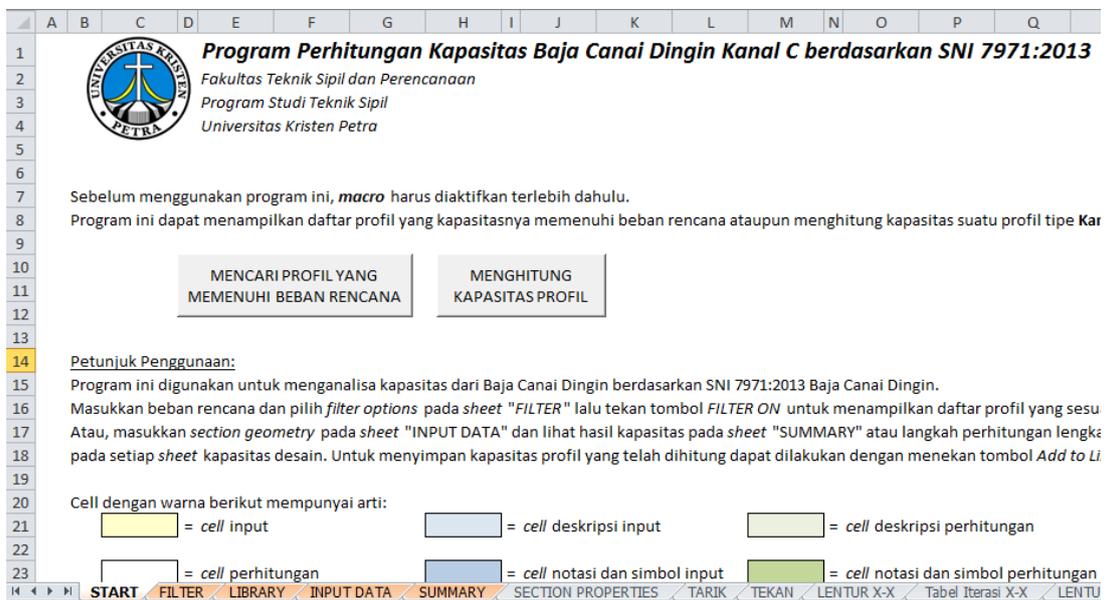
Untuk memulai program, buka *file spreadsheet* baja canai dingin. Pada awal halaman *spreadsheet* akan muncul tampilan seperti **Gambar 2**.



Gambar 2. Tampilan Awal Spreadsheet

Pengguna dapat memilih jenis profil dengan menekan tombol “HAT SECTION”, “KANAL C”, atau “KANAL Z”. Tampilan awal profil yang dipilih dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Apabila pengguna ingin mencari daftar profil yang memenuhi beban rencana dari *library*, maka pengguna dapat menekan tombol “MENCARI PROFIL YANG MEMENUHI BEBAN RENCANA”. *Input* beban rencana dan *filter options* dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Tampilan Awal Salah Satu Jenis Profil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	FILTER LIBRARY KANAL C												
2													
3	Input beban rencana:												
4	Momen lentur desain terhadap sumbu x	M _x * =	10	kNm									
5	Momen lentur desain terhadap sumbu y	M _y * =	5	kNm									
6	Gaya aksial desain	N* =	1	kN									
7	Gaya geser desain	V* =	3	kN									
8	Reaksi terpusat desain yang terjadi	R* =	3	kN									
9													
10	Filter options:												
11	Member length (mm)	=	1000										
12	Kondisi perletakan dan pembebanan	=	1										
13													
14	Daftar profil yang memenuhi:												
15	Length	Kode	Profil Kanal C					Kapasitas Desain					
16		Tumpu					Tarik	Tekan	Lentur X-X	Lentur Y-Y (comp.)	Lentur Y-Y (tens.)	Geser	
17	mm		D	B	t	r	L	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN)
18													

Gambar 4. Tampilan *Input* Beban Rencana dan *Filter Options*

Setelah itu, jika pengguna menekan tombol “CARI PROFIL” akan muncul daftar profil yang memenuhi (Gambar 5) berdasarkan *input* yang dimasukkan.

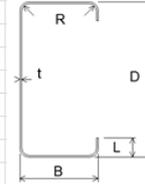
Apabila pengguna ingin mengetahui kapasitas suatu profil tertentu yang tidak tersimpan dalam *sheet LIBRARY*, pengguna dapat menggunakan *Sheet INPUT DATA*. *Input* pada *sheet* tersebut dapat dilihat pada Gambar 6(A), (B), dan (C).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	FILTER LIBRARY KANAL C												
2													
3	Input beban rencana:												
4	Momen lentur desain terhadap sumbu x	M _x * =	10	kNm									
5	Momen lentur desain terhadap sumbu y	M _y * =	5	kNm									
6	Gaya aksial desain	N* =	1	kN									
7	Gaya geser desain	V* =	3	kN									
8	Reaksi terpusat desain yang terjadi	R* =	3	kN									
9													
10	Filter options:												
11	Member length (mm)	=	1000										
12	Kondisi perletakan dan pembebanan	=	1										
13													
14	Daftar profil yang memenuhi:												
15	Length	Kode	Profil Kanal C					Kapasitas Desain					
16		Tumpu					Tarik	Tekan	Lentur X-X	Lentur Y-Y (comp.)	Lentur Y-Y (tens.)	Geser	
17	mm		D	B	t	r	L	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN)
18	1000	1	254	76	2.4	5	20.5	7.220	209.832	50.919	8.151	8.151	50.273
19	1000	1	300	96	2.4	5	27.5	7.220	240.204	66.015	11.602	11.572	42.164
20	1000	1	300	96	3	5	31.5	9.025	344.754	97.086	16.511	16.511	82.700
21	1000	1	350	125	3	5	30	9.025	363.914	112.627	23.983	23.983	70.320

Gambar 5. Tampilan *Output Filter* dari *Library* yang Tersimpan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	INPUT DATA PROFIL KANAL C								
2									
3	Tinggi penampang			D =	350	mm			
4	Lebar sayap			B =	125	mm			
5	Tebal penampang (t < 25 mm)			t =	3	mm			
6	Radius corner			R =	5	mm			
7	Panjang lips			L =	30	mm			
8	Tegangan leleh			f _y =	550	Mpa			
9	Tegangan tarik			f _u =	643.5	MPa			
10	Modulus Young			E =	200000	Mpa			
11	Poison ratio			v =	0.3				
12	Panjang tumpu			l _b =	35	mm			
13	Modulus elastisitas geser			G =	80000	Mpa			
14									
15	Sekrup								
16	Diameter nominal sekrup			d _r =	5.5	mm			
17	Tebal pelat penyambung			t _p =	1	mm			
18	Lebar zig zag			s _p =	0	mm			
19	Jarak lubang tegak lurus			s _g =	25	mm			
20	Jarak tepi mendatar			=	25	mm			
21	Jarak tepi tegak			=	162.5	mm			
22									

Add to Library



Gambar 6(A). Tampilan *Input* Dimensi Profil dan Sekrup

23	Informasi tambahan								
24	Kondisi perletakan dan pembebanan			=	1	OK			
25	Faktor tumpu			C =	4				
26	Koefisien radius dalam dari suatu bengkokan			C _r =	0.14				
27	Koefisien panjang tumpu			C _i =	0.35				
28	Koefisien kelangsingan pelat badan			C _w =	0.02				
29	Beban merata			w =	0.5	N/mm			
30									
31	Ketelitian iterasi yang diharapkan (opsional)			=		Default = 0.2%			
32									
33	Member options								
34	Lengths								
35	Member length			=	5000	mm			
36									
37	Effective lengths								
38	Effective length X			l _{exc} =	5000	mm			
39	Effective length Y			l _{eyc} =	5000	mm			
40	Effective length torsion			l _{ezc} =	5000	mm			
41									

Gambar 6(B). Tampilan *Input* Kode Tumpu, Beban Merata, dan *Member Length*

42	Kondisi Pembebanan								
43				User Defined C _{rf} =	0				
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									

Gambar 6(C). Tampilan *Input* Load Conditions

Selanjutnya, kapasitas dari profil yang dimasukkan dapat dilihat pada *Sheet SUMMARY* seperti pada Gambar 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U		
25																							
26	Capacities												Nom.										
27					Tarik	Kapasitas sambungan sekrup							$N_t =$				$=$	9025.088	N		View		
28						Kapasitas profil tarik							$N_t = A_g f_y =$	1089000	N	0.9	$=$	980100	N		View	9.025088	kN
29													$N_t = 0.85 k_t A_n f_u =$	905216.3	N	0.9	$=$	814694.6	N		View		
30					Tekan	Kapasitas penampang nominal							$N_c = A_e f_n =$	191699.4	N	0.85	$=$	162944.5	N		View		
31						Kapasitas komponen struktur nominal							$N_s = A_e f_y =$	760561.3	N	0.85	$=$	646477.1	N		View	162.9445	kN
32						Kapasitas tekuk distorsi							$N_c = A_f n =$	N/A	N	0.85	$=$	N/A	N		View		
33					Lentur X-X	Kapasitas berdasarkan lebar efektif							$M_s = Z_e f_y =$	1.25E+08	Mpa	0.9	$=$	1.13E+08	Mpa		View		
34						Kapasitas berdasarkan tekuk lateral							$M_b = Z_e f_c =$	1.25E+08	Mpa	0.9	$=$	1.13E+08	Mpa		View	112.6266	kNm
35						Kapasitas desain berdasarkan tekuk distorsi							$M_b = Z_e f_c =$	1.62E+08	Mpa	0.9	$=$	1.46E+08	Mpa		View		
36					Lentur Y-Y (comp.)	Kapasitas berdasarkan lebar efektif							$M_s = Z_e f_y =$	26647261	Mpa	0.9	$=$	23982535	Mpa		View		
37						Kapasitas berdasarkan tekuk lateral							$M_b = Z_e f_c =$	26647261	Mpa	0.9	$=$	23982535	Mpa		View	23.98254	kNm
38					Lentur Y-Y (tension)	Kapasitas berdasarkan lebar efektif							$M_s = Z_e f_y =$	26647261	Mpa	0.9	$=$	23982535	Mpa		View		
39						Kapasitas berdasarkan tekuk lateral							$M_b = Z_e f_c =$	26647261	Mpa	0.9	$=$	23982535	Mpa		View	23.98254	kNm
40					Geser	Kapasitas geser							$V_v =$	78133.47	N	0.9	$=$	70320.13	N		View	70.32013	kN
41					Tumpu	Kapasitas tumpu							$R_b =$	59820.73	N	0.9	$=$	53838.66	N		View	53.83866	kN
42					Kombinasi	Kombinasi lentur dan geser							$=$	0.010		<		1		OK			
43						Kombinasi lentur dan tumpu							$=$	0.148		<		1		OK			
44						Kombinasi aksial tarik dan lentur							$=$	0.338		<		1		OK		OK	
45													$=$	0.340		<		1		OK			
46													$=$	0.345		<		1		OK		OK	
47																							

Gambar 7. Tampilan Output Kapasitas Profil

Profil yang telah dihitung kapasitasnya dapat disimpan di *Sheet LIBRARY* dengan menekan tombol *Add to Library* yang terdapat pada *Sheet INPUT DATA*.

Khusus untuk *hat sections*, karena diperlukan iterasi untuk menghitung kapasitas lentur, pengguna harus menekan tombol *Solve Iteration* pada *Sheet INPUT DATA* terlebih dahulu untuk menghitung kapasitas profilnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat dari *spreadsheet* yang telah dibuat, secara umum dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Program pada *spreadsheet* ini sudah dapat membantu dalam perhitungan kapasitas profil sesuai dengan ruang lingkup yang telah ditentukan.
2. Untuk menggunakan program ini, pengguna harus mengaktifkan *Macro* terlebih dahulu pada *Microsoft Excel*.
3. Penggunaan *spreadsheet* ini akan sangat membantu dalam menentukan profil-profil yang memenuhi kapasitas sesuai beban rencana yang diinginkan dengan cepat berdasarkan *library* (kumpulan kapasitas berbagai macam profil) yang ada.

5.2. Saran

Karena keterbatasan waktu, program ini hanya mencakup profil kanal C, kanal Z, dan *hat sections* yang sederhana dan tanpa *stiffener*. Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembuatan *spreadsheet* atau aplikasi pembantu lainnya sebagai sarana untuk mempermudah perhitungan adalah:

1. Untuk selanjutnya, dapat dibuat lebih bervariasi lagi seperti pilihan jumlah *screw* yang digunakan dapat lebih banyak dengan posisi lubang yang beragam dan *stiffener* yang dapat diaplikasikan di elemen sayap atau badan dengan jarak dan ukuran tertentu.
2. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengembangkan perhitungan baja canai dingin dengan jenis program lainnya karena fitur *spreadsheet* yang terbatas.
3. Untuk menentukan f^* pada profil *hat sections* digunakan selisih 10% dikarenakan keterbatasan program agar dapat digunakan untuk berbagai profil. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat membuat iterasi dengan selisih yang lebih kecil seperti 0.2% untuk hasil yang lebih akurat.

6. DAFTAR REFERENSI

Departemen Pekerjaan Umum. (2013). *SNI 7971-2013 Struktur Baja Canai Dingin*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.

Yu, W. W. (1991). *Cold Formed Steel Design* (2nd ed.). John Wiley & Sons.Inc, Canada.