

PENGEMBANGAN *SPREADSHEET* UNTUK PERHITUNGAN KAPASITAS BAJA CANAI DINGIN (PROFIL Z DENGAN *STIFFENER*, PROFIL I DAN O DARI DUA PROFIL KANAL C) BERDASARKAN SNI 7971:2013

Randy Aditya Putra Ariussanto¹, Sukrisna Gautama², Hasan Santoso³, Ima Muljati⁴

ABSTRAK : Penggunaan baja canai dingin (*cold-formed steel*) mulai banyak digunakan di Indonesia terutama untuk struktur rangka atap. Hal ini disebabkan karena baja canai dingin memiliki berat yang lebih ringan dari pada material struktur atap yang lainnya. Karena kebutuhan baja canai dingin yang mulai meningkat, terutama untuk kuda - kuda, maka penelitian ini menyediakan panduan untuk mendesain kapasitas profil baja canai dingin yang berdasarkan pada SNI 7971:2013. Profil yang ditinjau adalah profil Z yang dilengkapi dengan *stiffener*, dan profil ganda berbentuk I dan O yang terbentuk dari dua buah kanal C (*back to back* atau *toe to toe*). *Spreadsheet* ini dilengkapi dengan perhitungan untuk menentukan kapasitas profil tekan, tarik, kombinasi lentur dan geser, kombinasi lentur dan tumpu, kombinasi aksial tekan dan lentur serta kombinasi aksial tarik dan lentur terhadap beban – beban yang terjadi. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setiawan dan Nishimura (2014) serta Louis dan Ariyavinanta (2015). Hasil akhir dari penelitian ini berupa program yang terdiri dari *spreadsheet* untuk mendesain dan menghitung kapasitas profil C-, Z-, dan *Hat-* yang dilengkapi dengan *stiffener* maupun tidak, serta profil ganda berbentuk I dan O yang terbentuk dari dua buah kanal C.

KATA KUNCI: profil baja canai dingin, *stiffener*, profil gabungan, SNI 7971:2013

1. PENDAHULUAN

Pengembangan material konstruksi di Indonesia semakin berkembang, terutama untuk meningkatkan efektivitas dan menekan biaya konstruksi. Di Indonesia, penggunaan baja canai dingin sudah mulai banyak digunakan terutama untuk rangka atap, seperti gording dan reng. Hal ini disebabkan karena baja canai dingin memiliki berat yang lebih ringan dari pada material struktur atap yang dulu sering dipakai seperti kayu dan baja konvensional.

Dengan semakin banyaknya kebutuhan akan baja canai dingin, pihak produsen akan semakin kreatif untuk memproduksi baja canai dingin dengan profil yang semakin beragam. Dari banyaknya profil tersebut, tentu dibutuhkan suatu sarana untuk menghitung kapasitas dari baja canai dingin tersebut. Salah satu sarana tersebut adalah *spreadsheet* yang dapat memudahkan perencana dalam penghitungan karena penggunaannya yang praktis dan cepat.

Pada penelitian oleh Setiawan dan Nishimura (2014), metode yang digunakan untuk mencari titik berat pada perhitungan kapasitas lentur x maupun y adalah metode iterasi (Yu, 2000). Sedangkan pada *spreadsheet* ini digunakan program visual basic yang tersedia pada *spreadsheet* untuk mencari titik berat sehingga dapat menyederhanakan perhitungan. Metode ini mengacu pada program Swin Channel (Gad, 2012).

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, rnyariussanto@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, sukrisna.gautama@gmail.com

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

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

2. LANDASAN TEORI

Lebar efektif yang diperhitungkan dalam desain:

- a. Lebar efektif untuk perhitungan kapasitas
- b. Lebar efektif untuk perhitungan defleksi

Dalam desain perlu diperhatikan hal-hal berikut.

1) Desain tarik

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

keterangan:

ϕ_t = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik

N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

2) Desain tekan

$$N^* \leq \phi_c N_s \quad (\text{SNI 7971 3.4.1})$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad (\text{SNI 7971 3.4.1})$$

keterangan:

ϕ_c = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur dalam tekan

N_s = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan

N_c = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan

3) Desain lentur

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

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

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

keterangan:

ϕ_b = faktor reduksi kapasitas untuk lentur

M_s = kapasitas momen penampang nominal yang dihitung

M_b = kapasitas momen komponen struktur nominal yang dihitung

4) Desain geser

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

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

keterangan:

ϕ_v = faktor reduksi kapasitas untuk geser

V_v = kapasitas geser nominal pelat badan

5) 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

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

6) Tumpu

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

keterangan:

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

7) Kombinasi lentur dan tumpu

Untuk penampang dengan pelat badan tunggal tanpa pengaku harus memenuhi

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

keterangan:

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

8) 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

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

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

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

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

keterangan:

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

9) Kombinasi aksial tarik dan lentur

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

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

keterangan:

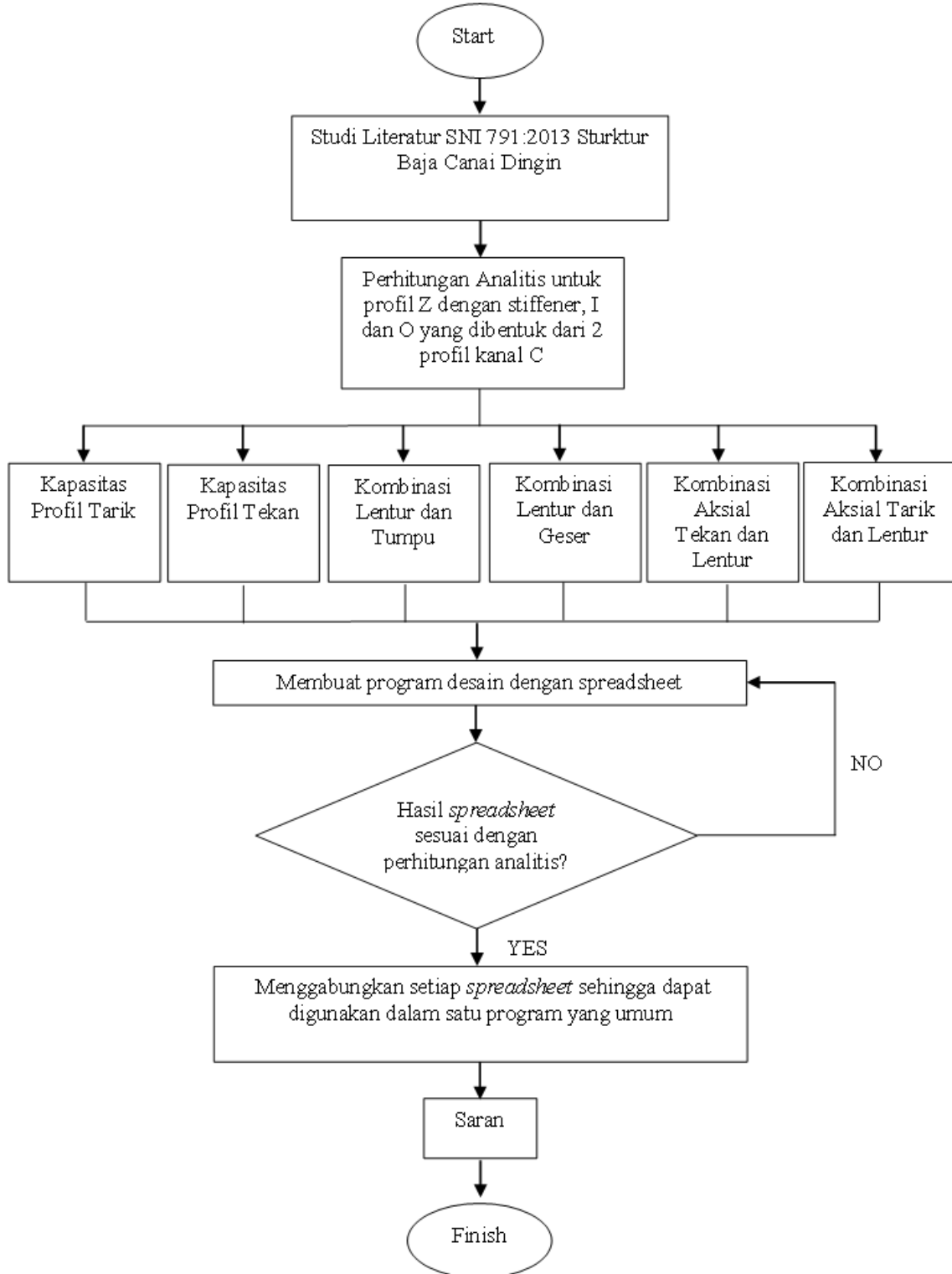
N_t = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik

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 dengan menggunakan *spreadsheet* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

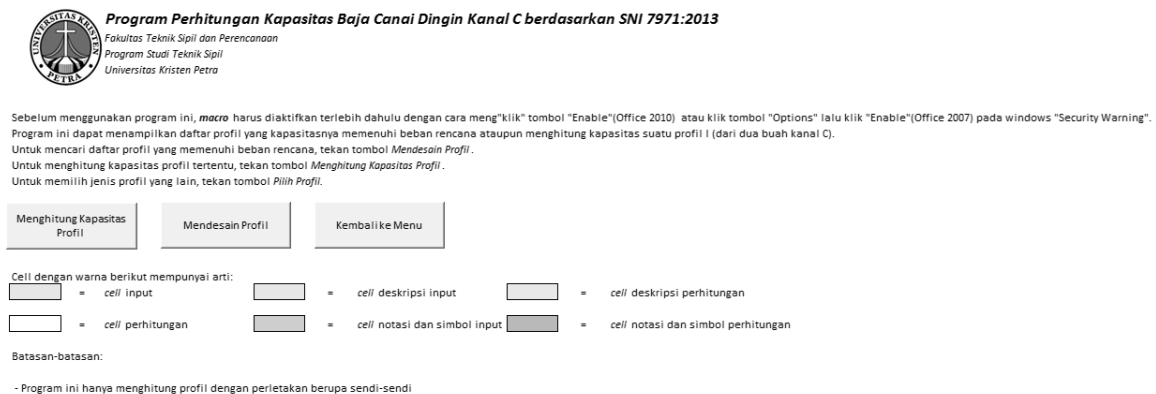
4. PROSEDUR PENGGUNAAN PROGRAM

Untuk memulai program, buka file *Master Excel*, kemudian *user* akan dihadapkan dengan beberapa jenis profil seperti pada **Gambar 2**. Untuk profil kanal *C* dan *Hat section* menggunakan penelitian sebelumnya oleh Setiawan dan Nishimura (2015), dan oleh Louis dan Ariyavinanta (2015).



Gambar 2. Tampilan Master Program

Setelah *user* memilih jenis profil yang diinginkan maka *user* akan dihadapkan dengan tampilan awal seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tampilan Awal

Pada menu awal terdapat beberapa beberapa tombol, untuk mengetahui kapasitas suatu profil tertentu, maka *user* harus menekan tombol “Menghitung Kapasitas Profil”. Jenis-jenis *input* yang harus diisi oleh pengguna dapat dilihat pada **Gambar 4**. Tombol “Mendesain Profil” memiliki fungsi untuk berpindah ke *sheet* DESAIN seperti yang terlihat pada **Gambar 5** dimana *user* dapat memilih profil yang sudah

tersimpan dalam *library*, berdasarkan beban inputan, sedangkan tombol “Kembali ke Menu” berfungsi untuk mengembalikan *user* ke menu awal dimana *user* dapat memilih jenis profil yang dikehendaki.

CARA PENGGUNAAN SHEET :

1. Isikan input data pada field berwarna kuning muda saja. Field berwarna putih tidak boleh diisi karena merupakan hasil perhitungan.
2. Informasi mengenai data input dapat dilihat pada tombol merah di setiap field.
3. Jika pengguna ingin melihat hasil perhitungan kapasitas profil maka pengguna harus mengklik tombol *Summary*
4. Jika pengguna ingin menyimpan kapasitas profil yang telah dihitung, maka pengguna harus mengklik tombol *Add To Library*

INPUT DATA

Depth	D =	125	mm
Breadth	B =	50	mm
Thickness	t =	3.2	mm
Corner Radius	r =	2	mm
Length of Lips	L =	20	mm
Yield Stress	fy =	550	Mpa
Tensile Strength	fu =	643.5	Mpa
Young Modulus	E =	200000	Mpa
Modulus Elastisitas Geser	G =	80000	Mpa
Poisson Ratio	v =	0.3	

SUMMARY

ADD TO LIBRARY

Sambungan Sekrup

Sambungan Badan	=	Y	Y/N
Jumlah sekrup dalam 1 baris	=	4	buah Jumlah max = 4
Sambungan Sayap	=	Y	Y/N
Jumlah sekrup dalam 1 baris	=	4	buah Jumlah max = 4

Gambar 4. Tampilan *Input Dimensi Profil* dan Gambar Profil

CARA PENGGUNAAN SHEET :

1. Masukkan input beban rencana pada field berwarna kuning muda.
2. Pengguna harus memilih kondisi perletakan dan panjang profil dari pilihan yang sudah disediakan. Detail kondisi perletakan dan pembebanan dapat dilihat pada tombol merah.
3. Untuk mencari profil yang memenuhi desain dari beban rencana klik tombol *Cari Profil*.
4. Untuk menghapus profil yang sudah ditampilkan klik tombol *Clear*.

FILTER LIBRARY

Input beban rencana :

Momen lentur desain terhadap sumbu x	Mx* =	0.1	kNm
Momen lentur desain terhadap sumbu y	My* =	0.1	kNm
Gaya aksial desain	N* =	0.1	kN
Gaya geser desain	V* =	0.1	kN
Reaksi terpusat desain yang terjadi	R* =	0.1	kN

Filter options:

Kondisi perletakan dan pembebanan (SNI 1711:2013 Tabel 3.3.6.2(D))

Member length (mm)

CARI PROFIL CLEAR Back to Start Page

Daftar profil yang memenuhi:

Length mm	Profil					Jumlah Stiffener	Stiffener			Kode Tumpu	Kapasitas Desain						Informasi Umum						Sekrup		Kondisi Beban							
	D	B	t	R	L		sl	sd	sr		Tarik (kN)	Tekan (kN)	Lentur X-X (kNm)	Lentur Y-Y (kNm)	Geser (kN)	Tumpu (kN)	fy	fu	E	v	lb	G	df	lp	sp	sg	jtm	jt	CTF	Cb		
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	1.71922	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136	
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	2	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	2.97299	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	3	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	1.29321	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	4	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	3.6338	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	5	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	1.61809	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
1000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	6	3.32161	10.0915	0.6584399	0.1851302	0.1446254	4.00155	2.97299	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
2000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	1	3.32161	2.56905	0.6521736	0.1851302	0.1446254	4.00155	1.71922	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
2000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	2	3.32161	2.56905	0.6521736	0.1851302	0.1446254	4.00155	2.97299	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136
2000	65	25	0.65	2	8	2	1	1	1	1	3	3.32161	2.56905	0.6521736	0.1851302	0.1446254	4.00155	1.29321	550	643.5	2E+05	0.3	35	80000	5.5	1	0	25	25	25	0.2	1.136

Gambar 5. Tampilan *Input Beban Rencana* dan *Filter Options*

Apabila user ingin menyimpan profil yang telah dihitung kapasitasnya, maka klik tombol “ADD TO LIBRARY” yang terdapat pada *sheet INPUT DATA*. Data profil akan langsung tersimpan pada *sheet LIBRARY*.

Selanjutnya setelah pengguna memasukkan *input*, kapasitas dari profil yang dimasukkan dapat dilihat pada *sheet KAPASITAS* seperti pada **Gambar 6**. Apabila pengguna ingin melihat langkah perhitungan secara lengkap, klik “*Source*” atau dapat dilihat pada setiap *sheet* kapasitas desain.

Capacities		Nom.	Φ	Desain							
Tarik	Kapasitas sambungan sekrup	$N_t =$		$=$	45608.1	N	Source				
	Kapasitas profil tarik	$N_t = Agfy =$ $N_t = 0.85ktAnfu =$	865988.5 607068.9	N N	0.9 0.9	$=$ $=$	779390 546362	N N	Source Source	45.6080625	kN
Tekan	Kapasitas penampang nominal	$N_s = Aefy =$	780037.8	N	0.85	$=$	663032	N	Source		
	Kapasitas komponen struktur nominal	$N_c = Aefn =$	665649.3	N	0.85	$=$	565802	N	Source	565.8018765	kN
	Kapasitas tekuk distorsi	$N_c = Afn =$	788924.5	N	0.85	$=$	670586	N	Source		
Lentur X-X	Kapasitas desain berdasarkan lebar efektif	$M_s = Zefy =$	32318052	Nmm	0.95	$=$	3.1E+07	Nmm	Source		
	Kapasitas desain berdasarkan tekuk lateral	$M_b = Zefc =$	32318052	Nmm	0.9	$=$	2.9E+07	Nmm	Source	29.08624681	kNm
	Kapasitas desain berdasarkan tekuk distorsi		32319041	Nmm	0.9	$=$	2.9E+07	Nmm	Source		
Lentur Y-Y	Kapasitas berdasarkan lebar efektif	$M_s = Zefy =$	10898751	Nmm	0.95	$=$	1E+07	Nmm	Source	9.808876222	kNm
	Kapasitas berdasarkan tekuk lateral	$M_b = Zefc =$	10898751	Nmm	0.9	$=$	9808876	Nmm	Source		
Geser	Kapasitas geser	$V_v =$	129085.4	N	0.9	$=$	116177	N	Source	116.176896	kN
	Kapasitas tumpu	$R_b =$	113622.7	N	0.9	$=$	102260	N	Source	102.2604113	kN
Kombinasi	Kombinasi lentur dan geser		$=$	0.303	$<$	1	OK				
	Kombinasi lentur dan tumpu		$=$	0.745	$<$	1.32	OK				
	Kombinasi aksial tarik dan lentur		$=$	0.015	$<$	1	OK	OK			
			$=$	0.673	$<$	1	OK	OK			
	Kombinasi tekan dan lentur		$=$	0.880	$<$	1	OK	OK			

Note : Untuk melihat detail perhitungan silahkan klik "Source".

Gambar 6. Tampilan Output Kapasitas Profil

Pada *sheet* DESAIN, *user* dapat menginputkan beban-beban rencana yang dikehendaki, dan menekan tombol "CARI PROFIL" untuk mendapatkan daftar profil yang memenuhi. *User* dapat menekan tombol "CLEAR" untuk menghapus daftar profil yang telah ditampilkan.

5. HASIL DAN SARAN

5.1. Hasil

1. Program pada spreadsheet ini sudah dapat membantu dalam perhitungan kapasitas maupun desain beberapa profil yaitu Profil Z-, C-, *Hat*- dengan atau tanpa pengaku serta profil ganda I dan O yang merupakan gabungan dari dua buah profil kanal C.
2. Program juga menyediakan panduan penggunaan program untuk membantu *user* dalam melakukan perhitungan.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembuatan *spreadsheet* atau aplikasi bantuan lainnya sebagai sarana untuk mempermudah perhitungan adalah:

1. Program dapat dikembangkan untuk perhitungan struktur yang bukan *simple supported*.
2. Program ini dapat dikembangkan untuk sambungan tipe lainnya selain sambungan *screw*, antara lain las, baut, dan paku keling.

6. DAFTAR REFERENSI

- Gad, E. (2012). *Swin Channel*. Swinburne University of Technology, Melbourne, Australia.
- Louis, A. dan Ariyavinanta, E. (2015). *Pengembangan Spreadsheet untuk Perhitungan Kapasitas Baja Canai Dingin dengan Pengaku Berdasarkan SNI 7971:2013*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Setiawan, E. dan Nishimura, Y. (2015). *Pengembangan Spreadsheet untuk Perhitungan Kapasitas Baja Canai Dingin Berdasarkan SNI 7971:2013*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Tim Penyusun. (2013). *SNI 7971:2013 "Struktur Baja Canai Dingin"*. BSN, Jakarta.
- Yu, W. W. (2000). *Cold-Formed Steel Design* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc., Canada.