

KUAT LENTUR PROFIL C TUNGGAL DENGAN PERKUATAN TULANGAN VERTIKAL DAN COR BETON PENGISI

Haryanto Yoso Wigroho

Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

email : haryanto@mail.uajy.ac.id

ABSTRAKSI

Profil C yang banyak dijumpai di pasaran, dalam struktur biasanya untuk mendukung beban yang ringan seperti gording pada atap. Bentuk geometri penampang yang tidak simetris serta rasio lebar dan tebal yang besar menyebabkan profil ini kurang stabil dalam mendukung beban, sehingga kegagalan yang terjadi ialah karena stabilitasnya. Untuk menambah stabilitas profil digunakan perkuatan dengan baja tulangan dan dengan menambah cor beton pengisi di dalam profilnya.

Pada penelitian ini dicoba profil C ukuran tinggi 93,2mm, lebar 34,9mm, tinggi bibir 8,5mm dan tebal 2,06mm diberi perkuatan baja tulangan diameter 6mm yang dipasang vertikal dengan cara dilas pada dua sayap yang terbuka dan juga diberi cor beton dengan $f_c' = 20$ MPa. Jarak perkuatan tulangan dibuat bervariasi antara 150mm, 200mm dan 300mm.

Pada beban layan yang diijinkan untuk profil yang tidak dicor beton mampu mendukung beban sebesar 75kg, sedangkan untuk profil yang dicor beton mampu mendukung beban sebesar 280kg, atau meningkat 3,73 kali. Tegangan lentur pada beban layan yang terjadi pada baja untuk profil yang tidak dicor beton sebesar 21,646 MPa, sedangkan pada profil yang dicor 53,265 MPa, atau meningkat 2,46 kali. Melihat pola retak yang terjadi, jarak perkuatan tulangan yang semakin rapat dapat mencegah kegagalan geser pada beton lebih awal.

Kata kunci : profil C tunggal, perkuatan vertikal dan cor beton pengisi, kemampuan lentur, pola retak.

ABSTRACT

Lips channel steel (C) sections, which are popular in the market, are usually used as light structural systems such as purlins. The unsymmetrical of the geometry and the large ratio of width to thickness, cause the instability of the sections in supporting external loads. This condition results in that the failure is caused due to stability. To increase the stability, the C section is reinforced with ϕ 6mm steel bars and filled with the concrete.

The C section to be used in this research is the one with height = 93.2 mm, width = 34.9 mm, thickness = 2.06 mm and lips height = 8.5 mm. The steel bars are welded between two flanges and the concrete compressive strength to be used is $f_c' = 20$ MPa. The spacing of the steel bars varies, i.e., 150 mm, 200 mm and 300 mm, respectively.

At service load the channel without concrete fill can carry axial load 75 kg, while the one without concrete fill can carry 280 kg. The flexural stress at service load for the section without concrete fill was 21.646 MPa, while for the one with concrete fill was 53.265 MPa.

From the observed crack pattern it is found that the section with smaller steel bars spacing has the ability to prevent the initial shear failure in concrete.

Keywords : single C section, vertical strengthening and concrete fill, flexural strength, crack Pattern

1. PENDAHULUAN

Profil C merupakan salah satu profil baja tipis yang dibentuk secara dingin (*cold formed*), dan banyak digunakan untuk struktur yang ringan, misalnya untuk balok gording. Apabila dilihat dari bentuk geometri profil C yang tidak simetris, serta rasio lebar dan tebal (b/t) yang besar, maka stabilitas dari profil semacam ini sangat kurang. Kegagalan yang dialami oleh profil C ini biasanya ialah kegagalan karena stabilitas, misalnya profil akan mengalami tekukan atau puntiran yang besar sebelum kekuatan bahannya mencapai tegangan lelehnya.

Ketidak-stabilan profil C pada dasarnya disebabkan oleh bentuk geometri penampang dan rasio b/t yang sangat besar, sehingga upaya untuk membuat stabil profil C dapat dilakukan dengan memberi perkuatan pada bagian sayap yang terbuka. Dengan memberi perkuatan ini diharapkan dapat menambah stabilitas penampang, disamping juga untuk mengurangi ketidak-simetrisan bentuk profil C. Penguatan ini dipasang pada jarak tertentu dengan variasi jarak adalah kelipatan dari tinggi profil (h), dan disambung dengan las pada bagian bibir profil C.

Pada penelitian ini disamping perkuatan dengan tulangan arah vertikal, juga diberikan penambahan cor beton pada rongga di tengah, sehingga profil C dapat dicegah tekuk lokalnya. Hal ini disebabkan beton diharapkan mampu untuk menahan tekukan lokal pada badan maupun sayap profilnya.

2. PERMASALAHAN

Seperti telah dikemukakan didepan, bahwa profil C merupakan salah satu profil yang mempunyai rasio lebar dan tebal (b/t) yang besar, maka stabilitas dari profil ini sangat kurang, maka untuk mengatasi kegagalan yang disebabkan karena stabilitas, yaitu tekukan atau puntiran yang besar sebelum kekuatan bahannya mencapai tegangan lelehnya perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Dengan penambahan perkuatan tulangan/pelat vertikal atau diagonal, dengan harapan sayap profil lebih stabil dan tidak mudah tertekuk.
2. Dengan penambahan perkuatan tulangan/pelat vertikal atau diagonal, ditambah dengan cor beton pada rongga profil C, sehingga cor beton diharapkan dapat mencegah sayap profil terhadap tekukan dan puntiran lebih baik.

3. BATASAN MASALAH

Agar penelitian lebih fokus dan dapat selesai sesuai dengan waktu yang direncanakan, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Mutu beton ditetapkan sebesar 20 MPa berdasarkan *ACI 211.1-1991*, dengan perbandingan berat campuran 1 pc : 3,4 pasir : 2,7 kerikil dan faktor air semen 0,69. Perbandingan tersebut ditetapkan berdasarkan ukuran butir agregat kasar maksimum 20

mm, karena jika agregat kasar terlalu besar dikawatirkan tidak bisa masuk dalam rongga profil C.

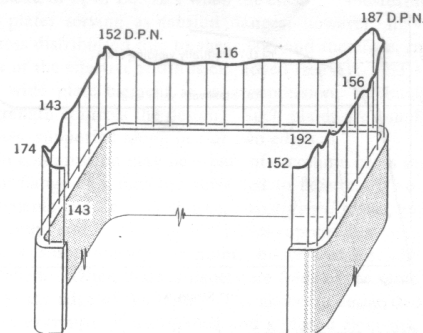
2. Ukuran profil C yang digunakan tinggi 93,2 mm, lebar 34,9 mm, tinggi bibir 8,5 mm dan tebal 2,06 mm.
3. Pembebanan digunakan transver beam, sehingga menjadi dua beban terpusat dengan jarak 600 mm yang membagi panjang bentang menjadi tiga bagian. Diharapkan dengan beban seperti ini pada bagian tengah balok akan dominan lenturnya.
4. Perpindahan dalam arah vertikal diukur pada tengah-tengah bentang dan di bagian kiri kanan tengah bentang, sehingga digunakan tiga buah *dial-gauge*. *Dial-gauge* yang di kiri/kanan tengah bentang fungsinya ialah untuk kontrol yang di tengah.
5. Eksperimen dilakukan untuk dua kelompok specimen balok. Kelompok pertama adalah balok profil C yang tidak di cor dengan beton, yang macamnya adalah : tanpa perkuatan vertikal, dengan perkuatan vertikal jarak 15 cm, dengan perkuatan vertikal jarak 20 cm dan dengan perkuatan vertikal jarak 30 cm. Kelompok kedua adalah balok profil C yang di cor dengan beton, yang macamnya adalah : tanpa perkuatan vertikal, dengan perkuatan vertikal jarak 15 cm, dengan perkuatan vertikal jarak 20 cm dan dengan perkuatan vertikal jarak 30 cm.

4. TINJAUAN PUSTAKA

Bowles (1985), Baja merupakan bahan konstruksi yang sangat baik, sifat baja antara lain kekuatannya yang besar dan keliatannya yang tinggi. Keliatan (*ductility*) ialah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam menerima gaya tekan maupun gaya tarik sebelum terjadi kegagalan.

Profil C merupakan salah satu profil yang dibentuk secara dingin (*cold formed*), dan biasanya profil semacam ini mempunyai rasio lebar dan tebal (*b/t*) yang besar. Tall (1974), proses pembentukan secara dingin ini mengakibatkan perubahan *property* materialnya, dan biasanya akan meningkatkan tegangan lelehnya. Gambar 1 menunjukkan pengaruh dari *cold forming* profil C, dimana angka-angka yang ditunjukkan merupakan nilai kekerasan material yang dinyatakan dalam *Diamond Penetration Number* (DPN). Nilai DPN ini menunjukkan peningkatan tegangan lelehnya.

Sinaga (2005) memperkuat profil C pada sayap yang terbuka dengan baja tulangan arah vertikal, dengan berbagai variasi jarak. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah profil C mengalami kenaikan kemampuan lentur antara 69,26% sampai 153,34% sesuai dengan jarak perkuatan. Semakin dekat jarak perkuatan semakin besar penambahan kekuatan yang diperoleh.



Gambar 1. Pengaruh *Cold Forming* profil C dan nilai DPN (Tall, 1974)

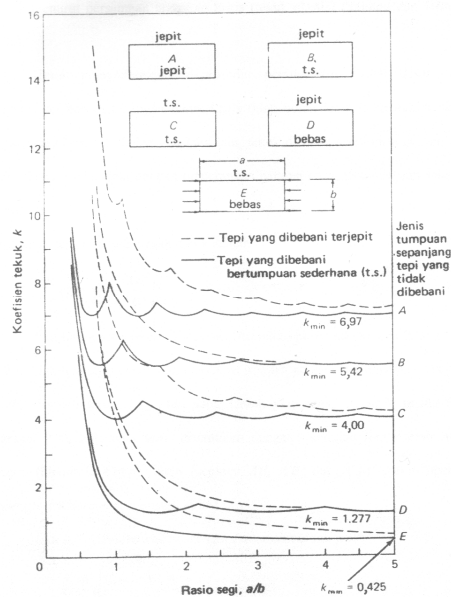
Wigroho (2005) memperkuat profil C pada sayap yang terbuka dengan baja pelat arah vertikal, dengan berbagai variasi jarak. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah profil C mengalami kenaikan kemampuan lentur antara 52,88% sampai 73,70% sesuai dengan jarak perkuatan. Semakin dekat jarak perkuatan semakin besar penambahan kekuatan yang diperoleh.

Wuryanti (2005) menguji empat buah model portal baja yang terbuat dari profil C gabungan, masing-masing adalah : (1) portal terbuka, (2) portal dengan bresing, (3) portal diisi pasangan bata tanpa alat sambung antara kolom dan dinding dan (4) portal diisi pasangan bata dengan alat sambung. Portal dibebani lateral secara statik monotonik untuk melihat perilaku portal dalam menahan beban, dan hasil yang diperoleh ialah model portal terbuka yang diberi pasangan bata dengan tambahan alat penyambung merupakan portal yang memiliki daktilitas dan ketahanan tinggi dalam memikul beban lateral.

Profil penampang C merupakan salah profil yang tersusun dari elemen-elemen pelat baja tipis yang dapat mengalami tekuk lokal, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan strukturnya. Salmon dan Johnson (1986), tegangan tekuk elastis teoritis (tegangan kritis) untuk pelat dinyatakan dengan persamaan :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(b/t)^2} \quad (1)$$

dengan k adalah koefisien tekuk yang tergantung pada jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang dan lebar pelat, E modulus elastis bahan, ν angka Poisson, dan b/t adalah rasio lebar dan tebal pelat.



Gambar 2. Koefisien k untuk tekanan pada pelat segi-empat (Salmon dan Johnson, 1986)

Koefisien k merupakan fungsi dari jenis tegangan, yang dalam hal ini ialah tekanan merata pada dua tepi yang berseberangan, dan kondisi tumpuan tepi, yang dalam hal ini ialah ke-empat sisi merupakan tumpuan sederhana, dan juga rasio a/b (Salmon dan Johnson, 1986). Gambar 2 memperlihatkan variasi k terhadap rasio a/b untuk kondisi ideal yang umum, ialah tumpuan jepit, tumpuan sederhana, dan tumpuan bebas.

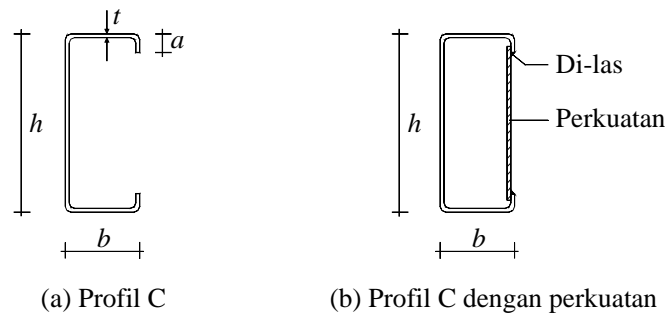
Kekuatan batas elemen pelat yang sesungguhnya terhadap gaya tekan tergantung dari banyak faktor, terutama adanya tegangan residu atau tegangan sisa f_r yang terjadi sebagai akibat proses pembentukan pelat. Adanya tegangan residu mengakibatkan berkurangnya tegangan leleh (f_y) dari pelat, sehingga kekuatan pelat yang sebenarnya f_{yi} (*initial*) adalah lebih kecil (Englekirk, 1993), jadi :

$$f_{yi} = f_y - f_r \quad (2)$$

Untuk nilai b/t yang rendah pengerasan regangan tercapai tanpa terjadinya tekuk, untuk nilai b/t yang sedang tegangan residu dan ketidak-sempurnaan menyebabkan tekuk inelastis, sedang untuk nilai b/t yang besar tekuk akan terjadi menurut persamaan tegangan kritis atau tekuk elastis (Salmon dan Johnson, 1986).

5. LANDASAN TEORI

Profil C merupakan profil bentukan dingin (*cold-formed*) yang mempunyai rasio lebar dan tebal (b/t) yang besar. Profil semacam ini disebut profil yang tidak kompak dan akan mudah sekali mengalami tekukan. Beberapa cara untuk mengatasi ketidak kompak profil semacam telah dilakukan, diantaranya dengan memberi perkuatan dengan baja tulangan yang menghubungkan antara sayap atas dan bawah pada bagian sisi profil yang terbuka (lihat gambar 3).



Gambar 3. Bentuk profil C tipis

Pada penampang profil yang kompak, tegangan lentur maksimum yang diperbolehkan untuk *flens* (sayap) suatu gelagar atau balok menurut AISC ialah :

$$F_b \leq 0,6 F_y \quad (3)$$

Tegangan tekuk kritis pada badan sama seperti pada tegangan tekuk pada pelat, ialah :

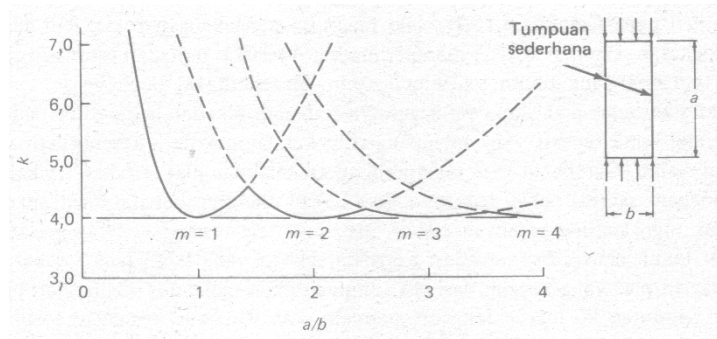
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)(h/t)^2} \quad (4)$$

Koefisien tekuk pelat seperti ditunjukkan pada persamaan (1) dan (4) bersifat umum dalam suku k , dan penurunannya untuk persamaan tersebut dapat digunakan kasus khusus yang dinyatakan sebagai :

$$k = \left[\frac{1}{m} \frac{a}{b} + m \frac{b}{a} \right]^2 \quad (5)$$

Nilai m merupakan jumlah setengah gelombang yang terjadi dalam arah x pada saat tertekuk (Salmon dan Johnson, 1986). Gambar 4 menunjukkan bahwa sembarang jumlah setengah

gelombang memiliki nilai k minimum, yaitu kondisi terlemah. Dapat terlihat bahwa kondisi terlemah ini terjadi bila panjang pelat merupakan kelipatan bulat (tanpa pecahan) dari lebarnya, dan kelipatan ini sama dengan jumlah setengah gelombang.

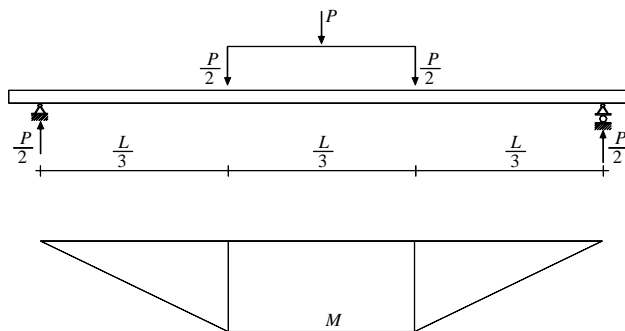


Gambar 4. Koefisien tekuk pelat yang ditekan secara merata, tepi longitudinal bertumpuan sederhana (Salmon dan Johnson, 1986)

Agar struktur dapat mengembangkan tahanan momennya sebelum terjadinya kegagalan diperlukan syarat kekompakan penampang, hal ini agar kegagalan karena tekuk lokal tidak terjadi. Syarat tersebut menurut SNI 03-1729-2002 ialah :

$$\text{Untuk sayap : } \frac{b}{t} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (6)$$

$$\text{Untuk badan : } \frac{h}{t_w} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (7)$$



Gambar 5. Beban dan momen pada balok

Oleh beban P yang diberikan pada balok profil C akan mengakibatkan terjadinya defleksi δ dan rotasi pada badan θ . Hubungan nilai P dengan δ ini kemudian dijadikan menjadi hubungan M dengan δ . Menurut gambar 5, hubungan P dan M dinyatakan dengan :

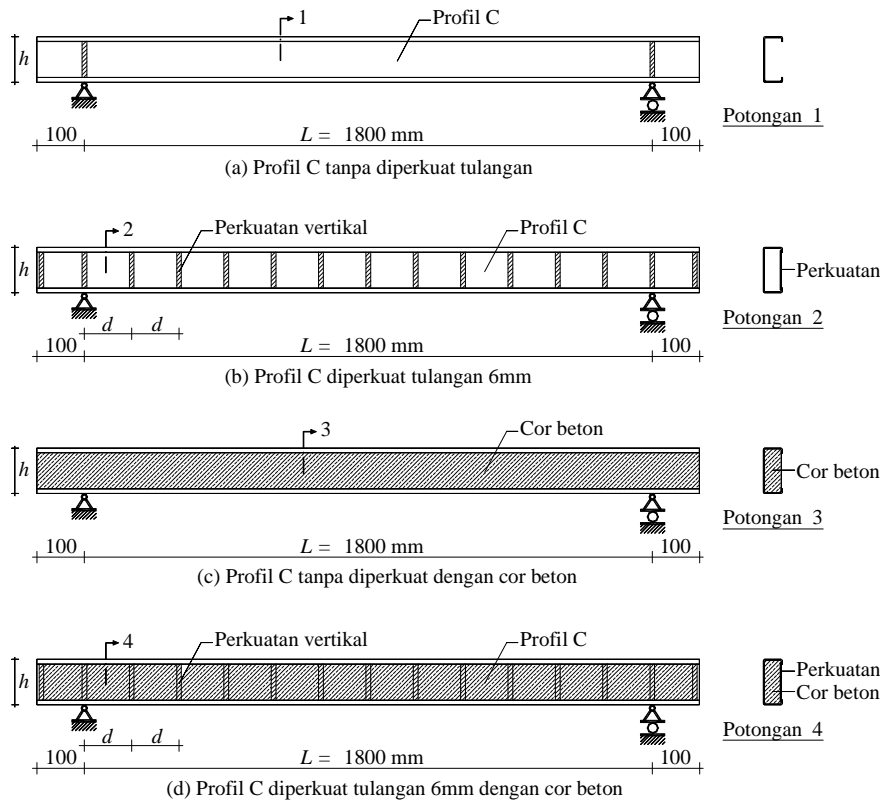
$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{L}{3} \right) = \frac{PL}{6} \quad (8)$$

Kemudian tegangan lentur yang terjadi pada balok profil C diperoleh dengan persamaan :

$$F_b = \frac{M}{W_x} \quad (9)$$

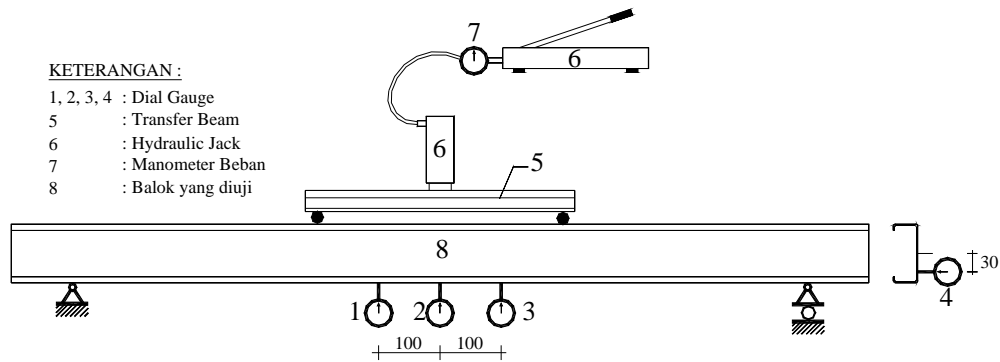
6. PELAKSANAAN PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan profil C dengan ukuran yang diperoleh dipasaran $h = 93,2$ mm, $b = 34,9$ mm, $a = 8,5$ mm dan $t = 2,06$ mm dan panjang dukungan balok $L = 1800$ mm. Baja tulangan untuk perkuatan, digunakan baja diameter 6 mm, dipasang dengan variasi jarak d : 150 mm, 200 mm dan 300 mm.



Gambar 6. Macam-macam model benda uji

Alat yang digunakan untuk pengujian ialah *hydraulic jack* dan manometer kapasitas maksimum 2,5 ton untuk mengamati beban, tiga buah *dial gauge* dengan *stroke* maksimum 50mm untuk mengamati defleksi. Tiga buah *dial gauge* ditempatkan di bawah balok, *dial* nomor 1, 2 dan 3 masing-masing di letakkan di tengah bentang dengan jarak masing-masing 100mm (lihat Gambar 7).



Gambar 7. Penempatan dial gauge dan cara pembebanan

Beban diberikan di tengah balok dengan menggunakan *transfer beam* seperti gambar 7, sehingga jarak beban titik ke tumpuan adalah 600mm.



Gambar 8. Pengecoran profil C

Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bagunan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian yang dilakukan meliputi : uji tarik profil C, uji tekan silinder beton dan uji pembebanan balok.

Uji pembebanan balok dilakukan untuk 16 buah sampel balok seperti dijelaskan pada tabel 1, dimana masing-masing sampel diuji dua balok. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi bila terjadi kegagalan pada saat uji sampel.

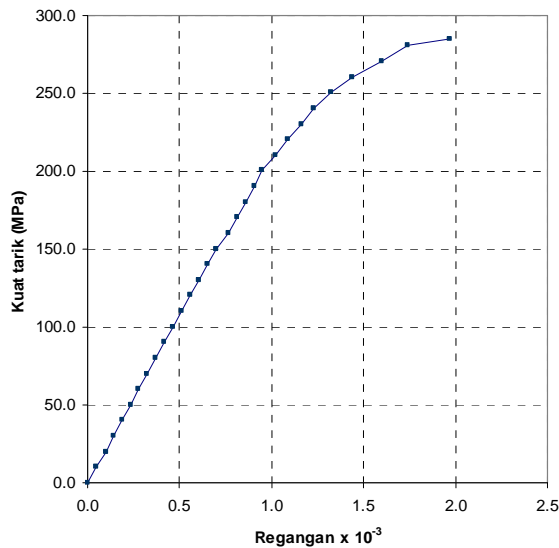
Tabel 1. Macam benda uji balok profil

Kode sampel	Jarak perkuatan	Keterangan	Jumlah sampel
S0	-	Tanpa cor beton	2
S15	150 mm		2

S20	200 mm	Dengan cor beton	2
S30	300 mm		2
SC0	-		2
SC15	150 mm		2
SC20	200 mm		2
SC30	300 mm		2

7. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian baja profil C diperoleh dimensi sampel yang diuji adalah : tebal 1,98 mm, lebar 24,79 mm dan panjang ukur awal 107,8 mm. Dari pencatatan pengujian diperoleh tegangan luluh baja pada beban 1420 kg atau pada tegangan sebesar 284,578 MPa dan kuat tarik tercapai pada beban 1775 kg atau pada tegangan 355,723 MPa. Menurut **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung** (SNI 03-1729-2002), profil baja termasuk kategori BJ-34 dengan tegangan tarik minimum 340 MPa, tegangan luluh minimum 210 MPa dan modulus elastisitasnya sebesar 202.249,1 MPa.



Gambar 9. Tegangan regangan profil C

Pengujian silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dilakukan pada saat beton umur 28 hari, hasil pengujian diberikan pada tabel 2. Dari hasil pengujian silinder beton seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 diperoleh kuat tekan f_c' rerata adalah 23,53 MPa, dengan demikian dapat dikatakan bahwa kuat tekan beton memenuhi seperti yang direncanakan pada *mixed design*, yaitu sebesar 20 MPa.

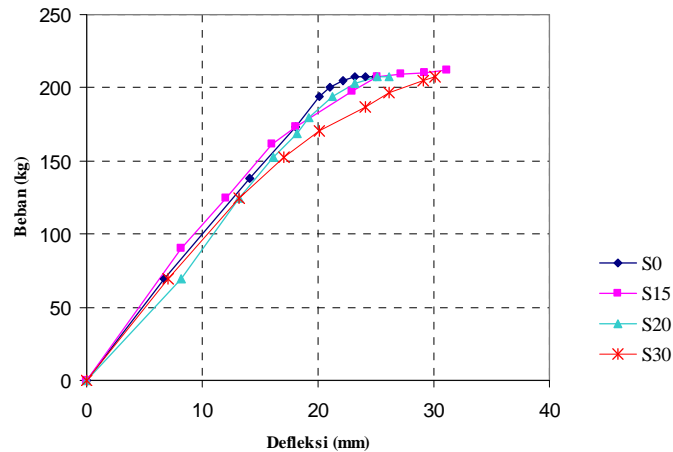
Tabel 2. Hasil uji silinder beton

Benda uji	Berat jenis (kg/m ³)	Beban (kN)	Kuat tekan f_c' (MPa)
1	2261,85	410	23,25
2	2276,93	415	23,53
3	2273,16	430	24,38
4	2273,16	405	22,96
Rerata	2271,27		23,53

Dari pengujian balok profil tanpa cor beton sebanyak 8 buah benda uji, diperoleh hasil seperti yang diberikan pada tabel 3 atau gambar10. Dari hasil yang diperoleh ternyata dengan penambahan perkuatan tulangan $\phi 6$ mm dengan berbagai variasi jarak, tidak menambah kemampuan profil untuk mendukung beban secara signifikan.

Tabel 3. Hasil uji balok profil tanpa cor beton

S0		S15		S20		S30	
Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69.22	6.70	89.99	8.18	69.22	8.21	69.22	7.00
138.44	14.06	124.60	12.01	124.60	13.23	124.60	13.13
173.05	18.11	161.97	16.00	152.28	16.18	152.28	17.10
193.82	20.06	173.05	18.03	168.90	18.15	170.28	20.10
200.74	21.06	197.97	22.98	179.97	19.19	186.89	24.08
204.89	22.12	207.66	25.15	193.82	21.21	196.58	26.08
207.66	23.13	209.04	27.20	203.51	23.22	204.89	29.11
207.66	24.10	210.43	29.20	207.66	25.17	207.66	30.12



Gambar 10. Hubungan beban dan defleksi balok tanpa cor beton

Sesuai ketentuan dalam SNI 03-1729-2002 bab 6.4.3 bahwa batas-batas defleksi untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut, maka untuk balok biasa syarat defleksi tidak boleh melebihi $L/240$. Pada model balok yang diuji panjang bentang adalah 1800mm, sehingga defleksi maksimum yang diperbolehkan adalah sebesar 7,5 mm. Pada defleksi 7,5mm ini beban yang mampu didukung balok kurang lebih 75 kg, sehingga sesuai persamaan (8) diperoleh kemampuan balok untuk mendukung momen adalah :

$$M = \frac{PL}{6} = \frac{75(1800)}{6} = 22.500 \text{ kg.mm.}$$

Dari dimensi profil diperoleh modulus penampang $W = 10.197 \text{ mm}^3$, sehingga tegangan lentur profil dihitung dengan persamaan (9), dan diperoleh

$$f_b = \frac{M}{W} = \frac{22.500(9,81)}{10.197} = 21,646 \text{ MPa.}$$

Dari pengujian balok profil dengan cor beton sebanyak 8 buah benda uji, diperoleh hasil seperti yang diberikan pada tabel 4 atau gambar 11. Dari hasil yang diperoleh ternyata dengan penambahan cor beton akan menambah kemampuan profil untuk mendukung beban secara signifikan. Jika pada profil tanpa cor beton kemampuan pada batas layan hanya sebesar 75 kg, pada balok profil yang di cor beton meningkat menjadi rata-rata 280 kg, atau meningkat sebesar 3,73 kalinya. Dari hasil yang ditunjukkan, profil yang diperkuat tulangan dengan jarak 200mm merupakan profil yang paling besar kemampuannya mendukung beban maksimum, yaitu sebesar 553 kg. Dengan demikian dapat dikatakan jarak perkuatan profil yang paling optimum adalah 200mm, karena dengan jarak yang lebih pendek yaitu 150mm kemampuan mendukung bebannya hanya sebesar 546 kg

Tabel 4. Hasil uji balok profil dengan cor beton

SC0		SC15		SC20		SC30	
Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

138.44	2.12	138.44	2.56	69.22	2.05	138.44	2.33
207.66	4.99	207.66	5.32	138.44	3.04	207.66	4.27
276.88	7.14	276.88	7.35	207.66	5.06	276.88	6.24
346.10	11.05	346.10	9.35	276.88	7.08	346.10	9.22
415.32	15.24	387.63	11.37	346.10	10.11	415.32	13.24
484.54	22.06	415.32	13.34	415.32	12.27	477.62	18.22
498.38	26.09	484.54	17.54	484.54	17.11	495.62	21.28
512.23	29.11	498.38	22.37	498.38	20.16	505.31	24.23
526.07	32.25	512.23	25.40	512.23	22.08	509.46	26.24
526.07	36.30	526.07	27.57	526.07	24.11	516.38	28.29
526.07	40.13	539.92	30.43	539.92	27.11	523.30	30.42
		546.84	32.39	553.76	30.11	526.07	32.28
				553.76	33.15	526.07	34.24
				553.76	35.25		

Kemampuan profil yang di cor beton untuk mendukung beban layan atau pada defleksi 7,5 mm adalah 276 kg, dengan persamaan (8) momen yang mampu didukung ialah $M = \frac{PL}{6} = \frac{276(1800)}{6} = 82800 \text{ kg.mm}$. Dengan menggunakan nilai modulus elastis baja $E_s = 2.10^5 \text{ MPa}$ dan modulus elatis beton $E_C = 2.10^4 \text{ MPa}$, menurut Gere dan Timoshenko (1985) tegangan lentur pada baja dapat dihitung dengan :

$$f_b = \frac{M y E_s}{E_s I_s + E_C I_C} = \frac{82800 (9,81) (46,6) 2.10^5}{2.10^5 (475181) + 2.10^4 (2354463)} = 53,265 \text{ MPa.}$$

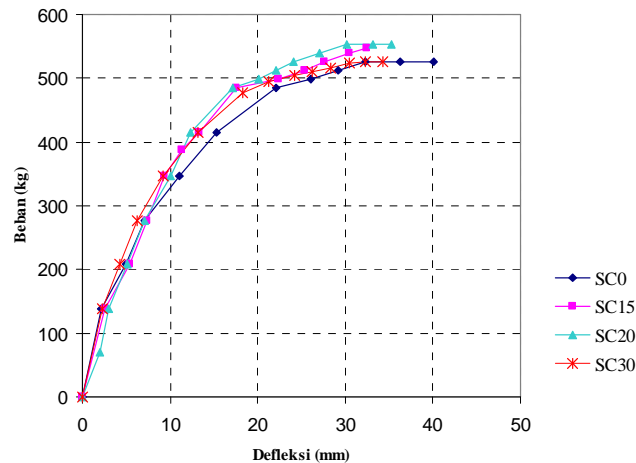
Keterangan : $I_s = 475181 \text{ mm}^4$ (momen inersia profil C)

y = jarak serat bawah terhadap garis netral = $0,5h$ profil

$E_C = 4700 \sqrt{f_c'} = 2.10^4 \text{ MPa}$ dengan mengambil $f_c' = 20 \text{ MPa}$.

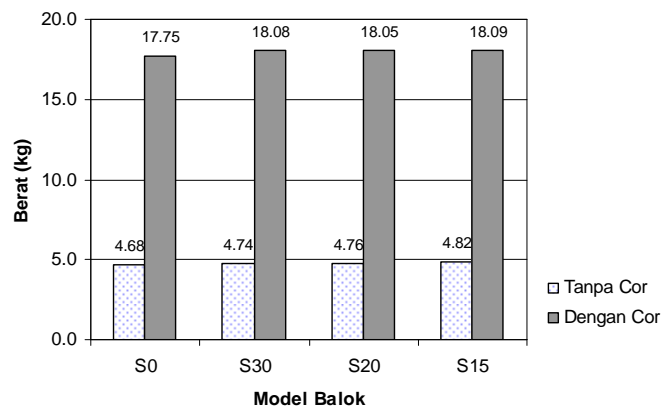
$$I_C = \frac{1}{12} (34,9)(93,2)^4 = 2354463 \text{ mm}^4$$

Dari hasil tersebut peningkatan tegangan lentur dari balok profil tanpa cor beton dibandingkan dengan balok profil dengan cor beton ialah dari 21,646 MPa menjadi 53,265 MPa, atau meningkat 2,46 kalinya



Gambar 11. Hubungan beban dan defleksi balok dengan cor beton

Hal lain yang dicatat dalam penelitian ini disamping peningkatan kemampuan balok menahan lentur, juga peningkatan berat sendiri profil yang di cor beton. Besarnya peningkatan berat sendiri struktur diberikan pada gambar 12, yang besarnya peningkatan berat sendiri ini ialah sebesar 3,78 kalinya.



Gambar 12. Perbandingan berat profil

8. KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

- Balok profil C yang tidak diperkuat maupun yang diperkuat tulangan vertikal tanpa cor beton, mempunyai kemampuan beban batas layan rata-rata sebesar 75 kg. Ternyata penambahan perkuatan tulangan vertikal tidak menunjukkan penambahan kekuatan balok profil C secara signifikan.
- Balok profil C yang tidak diperkuat maupun yang diperkuat tulangan vertikal dengan penambahan cor beton, mempunyai kemampuan beban batas layan yang rata-rata sebesar 280 kg. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan cor beton akan menambah kemampuan profil C untuk mendukung beban secara signifikan sebesar 3,73 kali balok tanpa cor beton.
- Dengan penambahan cor beton akan meningkat pula berat sendiri struktur, yang besarnya 2,58 kalinya.

- d) Tegangan lentur pada baja profil tanpa cor beton sebesar 21,646 MPa, sedangkan pada profil yang dicor beton menjadi 53,265 MPa, sehingga terjadi kenaikan tegangan lentur sebesar 2,46 kalinya.
- e) Pola retak beton pada profil tanpa perkuatan dimulai dari daerah dekat tumpuan, sedangkan pada profil dengan perkuatan dimulai dari daerah dekat beban terpusat. Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan tulangan dapat mengurangi kegagalan geser pada betonnya.
- f) Beban retak pertama yang terbesar ditunjukkan pada balok SC15 yang jarak perkuatan tulangan vertikal paling rapat. Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan dengan jarak yang rapat dapat meningkatkan kemampuan balok untuk mendukung beban sampai pada retak-retak yang terjadi.

8.2. Saran

- a) Pada pengujian balok profil C tanpa tulangan, beban manometer yang terbaca skalanya sangat besar, padahal kemampuan dukung profil sangat kecil. Hal ini menyebabkan pencatatan beban dan defleksi menjadi kurang teliti. Untuk penelitian yang akan datang disarankan menggunakan dimensi profil yang lebih besar.
- b) Fokus penelitian ini terbatas pada perilaku lentur balok profil dengan adanya penambahan cor beton. Pada penelitian yang akan datang dapat dilakukan pengamatan pada perilaku geser atau perilaku elemen profil sebagai kolom yang mendukung beban aksial tekan dan lentur.
- c) Mengingat belum adanya *data logger*, maka pengamatan data pada penelitian masih dengan cara manual dan tidak dapat kontinyu. Apabila sudah *data logger* maka pengambilan data dapat dilakukan tidak hanya beban dan defleksi saja, mungkin perlu juga diamati puntiran profil ke arah lateral.

DAFTAR PUSTAKA

- Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1980, *Struktur Baja, Disain Dan Perilaku*, (Terjemahan), Jilid 1 Edisi Kedua, Penerbit Erlangga 1990, Jakarta.
- Haryanto Yoso Wigroho, 2005, Kuat Lentur Profil C Tunggal Dengan Perkuatan Pelat Vertikal, *Jurnal Teknik Sipil UAJY* Volume 5 Nomor 2, April 2005.
- James M. Gere, Stephen P. Timoshenko, 1985, *Mekanika Bahan, Edisi Kedua Versi SI* (Terjemahan oleh Hans J. Wospakrik), Penerbit Erlangga 1987, Jakarta.
- Joseph E. Bowles, 1980, *Disain Baja Konstruksi* (Terjemahan), Penerbit Erlangga 1985, Jakarta.
- Lambert Tall, 1974, *Structural Steel Design*, John Wiley & Sons. Inc, New York.
- Robert Englekirk, 1994, *Steel Structure*, John Wiley & Sons. Inc, New York.
- Ronald Martin Sinaga, 2005, *Perilaku Lentur Baja Profil C Tunggal Dengan Menggunakan Perkuatan Tulangan Arah Vertikal*, Tugas Akhir Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- SNI 03-1729-2002, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-2847-2002, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional BSN.
- Wahyu Wuryanti, 2005, Penggunaan Baja Cold-Formed Sebagai Struktur Utama Konstruksi Rumah Tahan Gempa, *Jurnal Teknik Sipil* Volume 3 Nomor 1, April 2005.