

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

PRODI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS JANABADRA

Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi Besar dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi)

Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu (Widya Kartika, Buddewi Sukindrawati)

Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 dan Limantara, Studi Kasus Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiek Widyasari dan Fuji Handayani)

Peningakatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto)

Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata)

Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)

Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan Metode Value Engineering Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul (Sarju)



DEWAN EDITORIAL

Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unversitas

Janabadra

Ketua Penyunting

(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.

Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung

2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra

3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra

4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unversitas

Ianabadra

Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231

Telp./Fax: (0274) 543676

Email: tania@janabadra.ac.id

Website: http://e-journal.janabadra.ac.id/

Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1.	Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi	1 - 13
	Besar Dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan	
	Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi)	
2.	Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau	14 - 23
	Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu (Widya Kartika , Buddewi Sukindrawati)	
3.	Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode	24 - 33
	Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 Dan Limantara, Studi Kasus	
	Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiek Widyasari dan Fuji	
	Handayani)	
4.	Peningakatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka	34 - 39
	Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto)	
5.	Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap	40 - 46
	Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata)	
6.	Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu	47 - 53
	Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)	
7.	Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan	54 - 63
	Metode Value Engineering Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten	
	Gunungkidul (Sarju)	

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 6, Nomor 1, Edisi April 2020. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Peningakatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren

Prasetya Adi, Sukamto

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta Email: prasetya@janabadra.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta Email: sukamto@janabadra.ac.id

Abstract

Lipped channel is one of steel shape often used as a beam, commonly used as a beam on the roof structure. The advantages of this profile is its own relatively light weight. Disadvantages of this profile is the possibility of buckling on the lipped channel. Another disadvantages is the deflection that occurs large enough before the profile permit stress is exceeded. This study aims to overcome the weakness, especially on the deflection side by installing a reinforcement on the lip profile. Reinforcement in the form of reinforcement steel bar with 6 mm diameter mounted varies from the distance and the form of reinforcement. Warren type of framework used in this research. Warren type was simple framework, easy to fabrication and only use 1 or 2 point welding. Adding the Warren type framework can reduce deflection. The result of modeling with computer program gives significant reducing deflection. Using distance reinforcing of 2 times of height of C beam was enough to reduce deflection.

Keywords: deflection, lipped channel, Warren type

1. Pendahuluan

Baja merupakan salah satu komponen yang banyak digunakan sebagai struktur bangunan. Keberadaan baja sebagai bahan struktur khususnya struktur atap semakin populer seiring meningkatnya harga kayu. Salah satu kegunaan baja pada struktur atap adalah sebagai bahan gording. Jenis profil baja yang sering digunakan adalah jenis profil C.

Gording adalah struktur yang digunakan untuk menahan atap setelah reng dan usuk sebelum diteruskan ke kuda-kuda. Mekanisme yang terjadi pada gording adalah lentur.

Profil C memiliki kelebihan yaitu berat sendiri yang ringan namun memiliki kelemahan yaitu kuat lentur pada sumbu lemah. Kelemahan ini diatasi dengan pemasangan sagrod. Bentang gording akan menjadi berkurang pada sumbu lemah karena bentang total akan dibagi menjadi beberapa bagian sesuai jumlah sagrod yang dipasang.

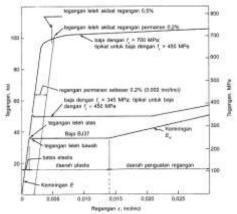
Kelemahan lain dari profil ini jika digunakan sebagai komponen lentur adalah defleksi dan kemungkinan terjadi tekuk pada bagian bibir profil. Hal ini terjadi karena pada bagian bibir profil adalah bagian yang tidak tertahan sehingga memudahkan terjadinya tekuk.

Profil C merupakan salah satu profil baja tipis yang dibentuk secara dingin (coldformed), 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. Pekuatan ini dipasang pada jarak tertentu dengan variasi jarak adalah kelipatan dari tinggi profil (h), dan disambung dengan las pada bagian bibir profil C (Yosowigroho, 2008).

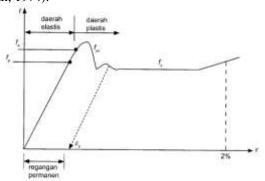
Proses penyambungan baja dengan metoda pengelasan banyak dilakukan karena praktis dan cepat daripada menggunakan baut atau paku keling. Seperti diketahui bahwa pengelasan dapat menimbulkan pengaruh pada bahan baja. Salah satu pengaruh yang ditimbulkan adalah munculnya tegangan sisa (residual stress). Pengaruh yang lain adalah terjadinya perubahan bentuk penampang setelah pendinginan.

Baja mempunyai sifat mekanis yang khas. Model pengujian yang paing tepat untuk mendapatkan sifat mekanik dari material baja adalah dengan melakukan uji tarik (Setiawan, 2008). Diagram tegangan regangan baja secara umum dapat dipisahkan menjadi bagian linear, luluh dan pengerasan regangan (Gambar 1 dan Gambar 2).



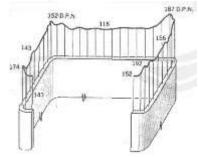
Gambar 1. Diagram tegangan regangan baja

Kanal C adalah salah satu profil giling baja yang dibentuk secara dingin (*cold formed*), yang pada dasarnya tersusun dari elemen plat baja. Proses pembentukan secara dingin dapat mengakibatkan perubahan susunan material pembentuk profil dalam bentuk terjadinya peningkatan nilai tegangan lentur (Tall, 1974).



Gambar 2. Titik-titik penting dalam diagram tegangan regangan baja

Ilustrasi dari pengaruh pengerjaan dingin pada pembentukan kanal ditunjukkan dalam Gambar 3. Angka yang ditampilkan dalam gambar adalah nilai kekerasan mateial dalam Diamond Penetration Number (DPN) yang menunjukkan nilai dari tegangan lentur (Tall, 1974).



Gambar 3. Pengaruh pengerjaan dingin pada pembentukan kanal

Balok adalah batang struktural yang didisain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya. Beban-beban pada sebuah balok diarahkan tegak lurus pada sumbunya ((James M. Gere, 1985)).

Profil penampang C merupakan salah profil yang tersusun dari elemen-elemen pelat baja tipis yang dapat mengalami tekuk lokal, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan strukturnya. Tegangan tekuk elastis teoritis (tegangan kritis) untuk pelat dinyatakan dengan persamaan (Charles G. Salmon, 1997).

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

dengan

k : adalah koefisien tekuk yang tergantung pada jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang dan lebar pelat,

E : modulus elastis bahan, υ : angka Poisson, dan b/t : adalah rasio lebar dan tebal pelat



Gambar 4. Tekuk lokal pada profil C tanpa perkuatan tulangan (Prasetya Adi, Firli Nopriza, 2017)

Gambar 4 menunjukkan profil C tanpa perkuatan mengalami tekuk pada titik pembebanan yang mengakibatkan profil tidak mampu mengembangkan kekuatan sampai dengan tegangan luluh dan menunjukkan defleksi yang besar (Prasetya Adi, Firli Nopriza, 2017).

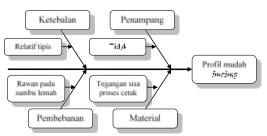
Perkuatan profil C menggunakan batang diagonal menunjukkan kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan perkuatan batang vertikal ditunjukkan dengan defleksi yang lebih kecil pada beban yang sama (Prasetya Adi, Firli Nopriza, 2017).

Pemasangan perkuatan pada profil C dengan metoda pengelasan akan mengakibatkan perubahan bentuk profil akibat adanya pemanasan. Pengelasan dengan 1 titik las sudah mencukupi karena dalam pengujian tidak ada sambungan las yang lepas (Prasetya Adi, Firli Nopriza, 2017).

(Damar Budi Laksono, 2012) mencoba mengatasi tekuk pada profil C dengan pemberian cor beton pengisi pada kolom baja profil C dan terbukti dapat menahan tekuk lokal yang terjadi.

2. Metoda Penelitian

Analisis profil C dengan perkuatan rangka berupa tulangan ini didasarkan atas kelemahan tipe profil tersebut terutama dari sisi defleksi. Umumnya defleksi maksimum terjadi terlebih dahulu sebelum tegangan ijin terlampaui. Profil juga memiliki kelemahan terjadinya tekuk atau buckling. Terjadinya tekuk diakibatkan dari beberapa hal seperti dalam fishbone analysis yang terdapat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Analisis terjadinya *bucling* pada profil

Penelitian dilakukan dengan pemodelan benda uji berbentuk balok dengan panjang ukur 3,6 m. Balok dipasang di atas tumpuan sendi dan rol terdiri dari balok dengan perkuatan tulangan dengan tipe rangka *Warren* (Gambar 6 sampai dengan Gambar 8) dengan model perkuatan tulangan berdiameter 6 mm. Pemilihan panjang tersebut karena memiliki kelipatan jarak perkuatan 1,0 h; 1,5 h dan 2,0 h dimana pada ujung tumpuan memiliki posisi perkuatan yang sama. Panjang tersebut juga memungkinkan posisi beban di tengah bentang pada posisi joint perkuatan yang sama.

Pemodelan dilakukan dengan program bantu SAP2000 menggunakan pemodelan *shell* untuk profil dan pemodelan frame untuk rangka tulangan dengan tipe *Warren*.

Bentuk model (Gambar 6ampai dengan Gambar 8) dan perlakuan terhadap pada penelitian ini disampaikan dalam

Tabel 1.

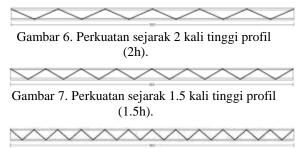
Tabel 1. Model dan perkuatan yang diberikan

No	Kode	Jarak perkuatan
1.	Normal	-
2.	1.0D6	h
3.	1.5 D6	1.5h
4.	2.0 D6	2h

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban terpusat pada balok di tengah bentang dengan beban yang sama untuk tiap model. Defleksi diukur dari keluaran program. Data yang akan diambil dari penelitian ini adalah:

- a. Defleksi yang terjadi di tengah bentang seiring dengan peningkatan gaya terpusat.
- b. Tegangan maksimum yang terjadi pada elemen shell (profil C) serta tulangan perkuatan (elemen frame).

Analisis akan dilakukan dari hasil pengujian yang diperoleh adalah pengukuran tegangan yang terjadi. Analisis ini perlu dilakukan untuk menilai kemampuan profil untuk mengembangkan tegangan mendekati tegangan ijin.

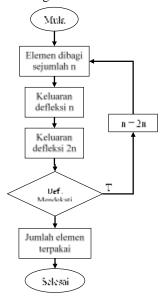


Gambar 8. Perkuatan sejarak 1 kali tinggi profil (1h).

3. Hasil Dan Pembahasan

Pembagian elemen dilakukan pada model tanpa perkuatan. Beban yang diberikan diatur sedemikian sehingga defleksi yang terjadi tidak melebihi batasan SNI.

Pemodelan komputer dilakukan dengan program bantu SAP2000 dengan elemen shell untuk pemodelan profil dan elemen frame untuk pemodelan tulangan perkuatan. Model yang digunakan adalah profil C 150x50x20x2.3 dengan bentang 3.6 m. Panjang tersebut dipilih agar tiap-tiap variasi memiliki posisi yang sama untuk bagian tumpuan dan bagian tengah bentang.



Gambar 9. Bagan alir penentuan jumlah elemen *shell*.

Hasil perhitungan dengan menggunakan elemen hingga atau finite element dipengaruhi oleh banyaknya pembagian elemen. Jumlah elemen harus diatur sedemikaian rupa sehingga menunjukkan hasil yang mendekatik eksak namun tidak terlalu banyak pembagian. Pembagian elemen yang terlalu banyak berakibat proses perhitungan yang lebih lambat dan memerlukan jumlah memori komputer yang besar. Pembagian elemen yang terlalu banyak menjadi tidak efisien karena pada jumlah pembagian tertentu akan menghasilkan keluaran dengan selisih tidak terlalu banyak. Pembagian elemen dimulai dari pembagian sejumlah 36 elemen pada arah memanjang. Pembagian ini dimaksudkan supaya tiap pertemuan batang perkuatan dan badan profil tepat pada titik pembagian elemen. Pembagian selanjutnya diambil 2 kali pembagian sebelumnya. Bagan alir penentuan jumlah pembagian elemen ditunjukkan dalam Gambar 9. Besarnya defleksi yang diambil mengacu pada SNI sebesar L/240. (SNI, 2002)

Perhitungan beban titik di tengah bentang didasarkan pada defleksi ijin yaitu sebesar 1.5 mm.



Gambar 10. Potongan melintang penampang model benda uji

Gambar 10 menunjukkan potongan melintang penampang model benda uji

Inersia penampang perlu dihitung untuk menentukan besarnya beban yang harus diberikan. Perhitungan inersia penampang seperti dalam Gambar 10 disampaikan dalam

Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan inersia penampang tanpa perkuatan

Penampang	I
	(mm^4)
Sayap	917323.49
Lip	239080.08
Badan	843620.06
Sayap	917323.49
Lip	239080.08
	3156427.20

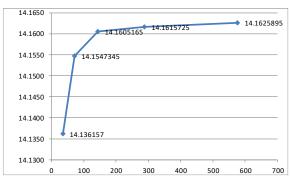
Perhitungan beban titik yang harus diberikan di tengah bentang berdasarkan inersia sebesar 3156427.20 mm⁴, defleksi tengah bentang 15 mm sesuai (SNI, 2002) dan bentang profil 3600 mm.

$$P = \frac{48.E.I.\delta}{L^3} = \frac{48x200000x3156427x15}{3600^3} = 9742.059 \text{ N}$$

Berdasarkan beban yang telah dihitung tersebut, maka beban titik yang diberikan pada benda uji sebesar 9742.059 N diberikan pada tengah bentang. Pembagian elemen pada arah memanjang dimulai dari 36 elemen sampai dengan 576 elemen.

Tabel 3. Defleksi profil tanpa perkuatan dengan berbagai jumlah elemen.

Jml		Selisih
elemen	Defl. (mm)	(%)
36	14.13616	
72	14.15473	0.13142
144	14.16052	0.04085
288	14.16157	0.00746
576	14.16259	0.00718



Gambar 11. Diagram pembagian elemen dan nilai defleksi pada beban yang sama.

Perhitungan jumlah elemen dan defleksi yang dihasilkan digunakan untuk menentukan jumlah elemen pada perhitungan selanjutnya Gambar 11. Jumlah pembagian elemen yang digunakan untuk analisis selanjutnya adalah 576 elemen. Penentuan jumlah tersebut didasarkan pada selisih defleksi pada tengah bentang yang dihasilkan dari hitungan sebelumnya yang relatif kecil.

Pemodelan profil tanpa perkuatan yang dimaksud adalah model benda uji profil C tanpa dipasang rangka batang. Pemodelan dilakukan dengan membagi elemen menjadi 576 bagian pada arah horisontal. Beban yang diberikan sesuai dengan perhitungan untuk menghasilkan defleksi yang memenuhi syarat (SNI, 2002). Besarnya beban 9742.059 N.

Tabel 4. Besarnya defleksi tengah bentang profil tanpa perkuatan.

Joint	U1	U2	U3
Text	mm	mm	mm
1	1.318108	30.1374	-66.7564
2	1.093336	30.11802	-29.1341
		Rata-rata	-47.9453
	Nilai Abso	lut	47.9453

Pemodelan profil dengan perkuatan yang dimaksud adalah model benda uji profil C dengan dipasang rangka batang tipe *Warren* dengan jarak titik perkuatan 2 kali tinggi profil (2h). Pemodelan dilakukan dengan membagi elemen menjadi 576 bagian pada arah horisontal. Besarnya beban 9742.059 N.

Tabel 5. Besarnya defleksi tengah bentang profil dengan perkuatan sejarak 2h.

Joint	U1	U2	U3
Text	mm	mm	mm
9	0.925046	2.591221	-15.4979
979	0.929704	2.605371	-17.6940
		Rata-rata	-16.5960
	Nilai Abso	lut	16.5960

Tabel 6. Tegangan tulangan untuk perkuatan sejarak 2h.

Beban	Tegangan	Keterangan
maksimum	tulangan	
(N)	(MPa)	
5294.39	187.251	Tarik
-5500.27	194.532	Tekan

Pemodelan profil tanpa perkuatan yang dimaksud adalah model benda uji profil C dengan dipasang rangka batang tipe *Warren* dengan jarak titik perkuatan 1,5 kali tinggi profil (1.5h). Pemodelan dilakukan dengan membagi elemen menjadi 576 bagian pada arah horisontal. Besarnya beban 9742.059 N.

Tabel 7. Besarnya defleksi tengah bentang profil dengan perkuatan sejarak 1.5h.

Joint	U1	U2	U3
Text	mm	mm	mm
8	0.92107	1.744331	-15.2623
286	0.924308	1.758545	-16.7635
		Rata-rata	-16.0129
	Nilai Abso	lut	16.0129

Tabel 8. Tegangan tulangan untuk perkuatan sejarak 1.5h.

Beban maksimum (N)	Tegangan tulangan (MPa)	Keterangan
4341.80	153.560	Tarik
-4437.76	156.954	Tekan

Pemodelan profil dengan perkuatan yang dimaksud adalah model benda uji profil C dengan dipasang rangka batang tipe *Warren* dengan jarak titik perkuatan 1 kali tinggi profil (1.0h). Pemodelan dilakukan dengan membagi elemen menjadi 576 bagian pada arah horisontal. Besarnya beban 9742.059 N.

Tabel 9. Besarnya defleksi tengah bentang profil dengan perkuatan sejarak 1h.

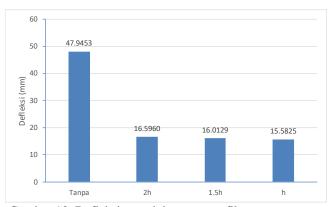
Joint	U1	U2	U3
Text	mm	mm	mm
3	0.917997	1.046058	-15.0807
821	0.920242	1.060613	-16.0842
		Rata-rata	-15.5825
	Nilai Abso	lut	15.5825

Tabel 10. Tegangan tulangan untuk perkuatan sejarak 1h

Beban maksimum (N)	Tegangan tulangan (MPa)	Keterangan
3379.96	119.542	Tarik
-3482.45	123.166	Tekan

Keluaran program berupa besarnya defleksi yang diambil dari 2 titik pada tengah bentang profil. Pengambilan posisi tersebut dimaksudkan untuk meminimalisir pengaruh gerakan profil ke arah lateral yang terjadi pada sisi atas profil yang mengalami tegangan tekan. Hasil defleksi dari 2 titik tersebut selanjutnya diambil rata-rata dan nilai absolutnya. Pertimbangan pengambilan nilai absolut adalah supaya tidak ada tanda negatif yang menunjukkan bahwa arah defleksi adalah ke bawah sumbu global (sumbu Z).

· /			
Model	Def. rata-rata	Defleksi ata dibanding tanpa perkuatan	
	(mm)	(%)	
Tanpa	47.9453		
2h	16.5960	34.61445	
1.5h	16.0129	33.39827	
h	15.5825	32.50054	

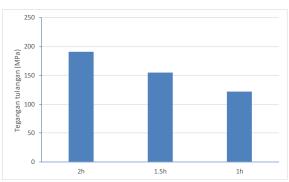


Gambar 12. Defleksi tengah bentang profil tanpa perkuatan dan dengan perkuatan

Perbandingan tegangan yang terjadi pada tulangan perkuatan sejarak 2h sampai dengan h ditampilkan dalam Tabel 11 dan Gambar 13. Tegangan yang terjadi pada tulangan pada berbagai jarak perkuatan

Tabel 11. Perbandingan tegangan tulangan pada berbagai jarak perkuatan

Perkuatan	Tegangan tulangan
	(MPa)
2h	190.8915
1.5h	155.2567
1h	121.3541



Gambar 13. Tegangan yang terjadi pada tulangan pada berbagai jarak perkuatan



Gambar 14. Bentuk defleksi profil tanpa perkuatan dan dengan perkuatan.

Defleksi di tengah bentang yang dalam Gambar 12 menunjukkan bahwa perkuatan dapat meningkatkan kekakuan balok. Defleksi yang dihasilkan dengan beban yang sama berkisar 30 % dibanding balok tanpa perkuatan. Jarak perkuatan dari 1 kali sampai dengan 2 kali tinggi profil tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hal ini dapat dijelaskan karena tugas tulangan menjadi penyeimbang plat badan profil C sehingga profil C seolah menjadi bentuk hollow.

Tegangan tarik dan tekan yang terjadi pada tulangan perkuatan sejarak 2 kali tinggi profil sampai dengan 1 kali tinggi profil juga tidak memberikan perbedaan yang besar.

Adanya perkuatan tulangan juga memperkecil defleksi arah lateral yang secara visual ditunjukkan dalam dimana pada profil tanpa perkuatan menunjukkan defleksi arah lateral yang relatif besar dibandingkan dengan profil dengan perkuatan Gambar 14A.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Perkuatan baja tulangan dengan bentuk rangka Warren efektif untuk meningkatkan kekakuan balok.
- Perkuatan baja sejarak 2 kali tinggi profil sudah memberikan kekakuan yang signifikan.

- c. Bentuk rangka *Warren* menguntungkan dari sisi sedikitnya titik las yang diperlukan.
- d. Bentuk rangka Warren menguntungkan untuk fabrikasi bentuk rangka yang dibentuk dari baja tulangan.
- e. Penambahan rangka *Warren* mengurangi defleksi arah lateral.

5. Daftar Pustaka

Charles G. Salmon, J. E. (1997). *Steel Structures: Design and Behavior*. USA: Prentice Hall.

Damar Budi Laksono, H. Y. (2012). Studi Kekuatan Kolom Profil C Dengan Cor Beton Pengisi Dan Perkuatan Transversal. *Jurnal Teknik Sipil*, 95.

James M. Gere, S. G. (1985). *Mekanika Bahan*. Jakarta: Erlangga.

Prasetya Adi, Firli Nopriza. (2017). Pengendalian Defleksi dan Peningkatan Kuat Lentur Profil C dengan Penambahan Batang Vertikal dan Diagonal Menggunakan Sambungan Las. Rancang Bangun Teknik Sipil, 1-5.

Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.

SNI. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta:
Departemen Pekerjaan Umum.

Tall, L. (1974). Structural Steel Design. New York: Ronald Press.

Yosowigroho, H. (2008). Kuat Lentur Profil C Tunggal dengan Perkuatan Tulangan Vertikal dan Cor Beton Pengisi. *Jurnal Teknik Sipil*.