

KUAT LENTUR PROFIL *LIPPED CHANNEL* BERPENGAKU DENGAN PENGISI BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR *AUTOCLAVED AERATED CONCRETE* HEBEL

Ade Lisantono¹ dan Meita Ratna Sari²

¹*Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: adelisantono@mail.uajy.ac.id*

²*Alumni S1 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: metisari@yahoo.com*

ABSTRAK

Studi eksperimental tentang kuat lentur profil Lipped Channel berpengaku dengan pengisi beton ringan beragregat kasar autoclaved aerated concrete (AAC) Hebel telah dilakukan dalam penelitian ini. Dipilih profil Lipped Channel dengan ukuran panjang 2000 mm; lebar 34,9 mm; tinggi 93,2 mm; dan tebal 2,06 mm. Pengaku profil berupa tulangan polos diameter 6 mm yang dipasang secara vertikal pada profil dengan jarak pengaku bervariasi. Variasi jarak pengaku dalam penelitian ini adalah 150 mm; 200 mm; dan 300 mm. Setiap variasi jarak pengaku dibuat dua buah benda uji, sehingga total benda uji balok profil Lipped Channel berpengaku dengan pengisi beton ringan beragregat kasar AAC Hebel sebanyak enam buah. Pembebanan dilakukan dengan 2 beban titik menggunakan “transfer beam”. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan data kuat lentur profil Lipped Channel berpengaku tanpa pengisi. Hasil studi menunjukkan bahwa balok profil Lipped Channel berpengaku dengan pengisi beton ringan beragregat kasar AAC Hebel mampu meningkatkan kekuatan lentur sebesar 1,842 kali dibandingkan balok profil yang sama namun tanpa pengisi beton ringan

Kata kunci: Kuat lentur, lipped channel berpengaku, beton ringan, agregat kasar AAC Hebel.

1. PENDAHULUAN

Gempa yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 di Yogyakarta dan sekitarnya memberikan pembelajaran bagi masyarakat bahwa membangun rumah harus memenuhi kriteria tahan gempa. Salah satu upaya untuk mengurangi resiko gempa, adalah dengan memilih bahan bangunan yang lebih ringan. Hal ini dimaksudkan agar gaya inersia akibat gempa akan menjadi lebih kecil saat bangunan tersebut diguncang gempa.

Pada umumnya profil Lipped Channel digunakan untuk gording, namun saat ini pemakaian profil tersebut tidak terbatas untuk gording saja tetapi juga untuk elemen struktur yang lainnya, seperti digunakan untuk struktur utama rumah tahan gempa (Wuryanti, 2005).

Kegagalan yang sering dialami profil Lipped Channel adalah kegagalan oleh karena stabilitas, misalnya profil akan mengalami tekuk atau puntiran yang besar sebelum kekuatan bahannya mencapai tegangan lelehnya. Oleh karenanya perlu perkuatan agar kegagalan tersebut bisa diminimalisir.

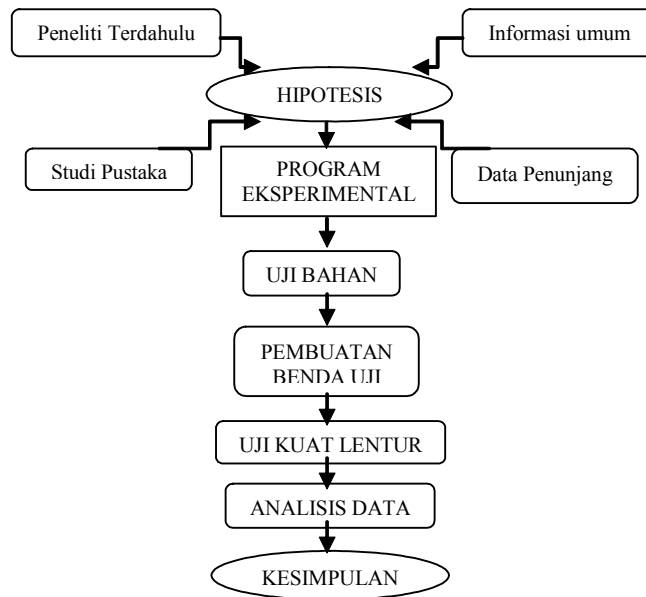
Profil Lipped Channel merupakan bentukan dingin (*cold-deformed*). Profil semacam ini disebut sebagai profil yang tidak kompak dan akan mudah mengalami tekuk. Beberapa cara untuk mengatasi ketidakompakan profil semacam ini, diantaranya dengan memberi perkuatan baja tulangan yang dipasang secara vertikal menghubungkan antara sayap atas dan bawah pada bagian sisi profil yang terbuka (Sinaga, 2005); atau dengan memberi perkuatan dengan pelat vertikal (Wigroho, 2005). Hasil penelitian tersebut mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan lentur dari profil tersebut. Kemudian Wigroho pada tahun 2008 melakukan studi tentang kuat lentur profil C tunggal dengan perkuatan tulangan vertikal serta diisi dengan beton normal. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan diisi beton normal maka kemampuan kuat lentur profil tersebut meningkat 2,46 kalinya.

Pada riset ini, profil Lipped Channel akan diberi perkuatan dengan menambahkan tulangan arah vertikal dengan jarak tertentu serta pada rongga tengahnya diisi beton ringan beragregat kasar hebel, dengan demikian diharapkan tekuk lokal profil Lipped Channel dapat dicegah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku dan mengetahui kuat lentur balok profil Lipped Channel berpengaku tulangan dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel*.

2. METODA PENELITIAN

Secara skematis tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

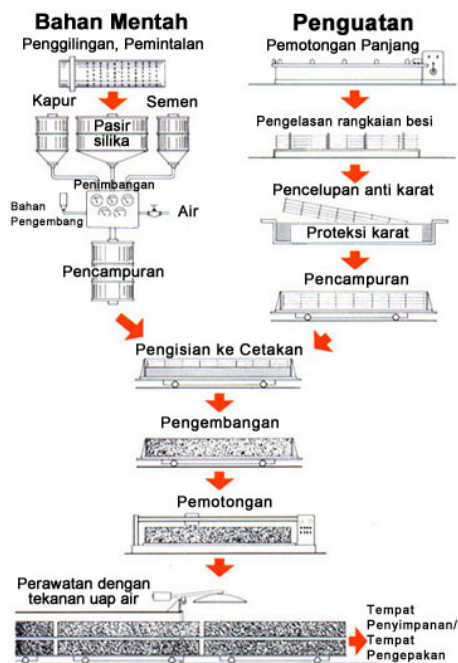


Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini akan digunakan beton ringan dengan agregat kasar hebel. *Autoclaved Aerated Concrete (AAC) hebel* adalah beton ringan yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi. Cara pembuatan *hebel* ditunjukkan pada Gambar 2.

Dalam pembuatan beton ringan, *hebel* tersebut dihancurkan dengan menggunakan *stone crusher* hingga berukuran 20-23 mm agar diperoleh agregat yang memenuhi persyaratan standar sebagai agregat kasar.



Gambar 2. Proses Pembuatan *hebel*

Dipilih profil Lipped Channel dengan ukuran panjang 2000 mm; lebar 34,9 mm; tinggi 93,2 mm; dan tebal 2,06 mm sebagai profil balok berpengaku. Pengaku profil berupa tulangan polos diameter 6 mm yang dipasang secara vertikal pada profil dengan jarak pengaku bervariasi. Variasi jarak pengaku dalam penelitian ini adalah 150 mm; 200 mm; dan 300 mm. Setiap variasi jarak pengaku dibuat dua buah benda uji balok, sehingga total benda uji balok profil Lipped Channel berpengaku sebanyak enam buah. Kemudian profil-profil tersebut dicor dengan beton ringan beragregat kasar *hebel*. Untuk mengetahui kuat tekan *hebel* dibuat beberapa sampel benda uji kubus ukuran (50x50x50) mm³, sedangkan untuk mengetahui kuat tekan beton ringan beragregat kasar *hebel* dibuat beberapa sampel benda uji silinder ukuran (150x300) mm².

Setup Benda Uji

Setup pengujian kuat lentur profil Lipped Channel dilakukan pada *loading frame* yang ada di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Setup benda uji

Balok diletakkan pada tumpuan sendi-rol dengan jarak antara kedua tumpuan sebesar 1800 mm. Pembebanan balok dilakukan dengan dua titik beban menggunakan *transfer beam* yang mempunyai panjang 600 mm. Pembebanan menggunakan *Enerpac* kapasitas 100 kN. Pengukuran defleksi dilakukan ditengah bentang serta dititik-titik sejauh 100 mm dari tengah bentang dengan menggunakan *dial gauge*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat Kasar *Hebel*

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata dari beberapa benda uji *hebel* diperoleh sebesar 17,0085 kgf/cm².

Pengujian Benda Uji Beton Ringan Beragregat Kasar *Hebel*

Pengujian benda uji beton ringan ini meliputi pemeriksaan berat jenis beton, pemeriksaan kuat tekan beton dan pemeriksaan modulus elastisitas beton. Hasil dari pemeriksaan berat jenis beton ringan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemeriksaan Berat Jenis Beton Ringan

NO	KODE SILINDER	Berat Jenis Beton (kg/m ³)
1	S-I	1598,098
2	S-II	1586,2709
3	S-III	1612,0829
4	S-IV	1467,8962
5	S-V	1485,3843

Rata-rata berat jenis beton ringan beragregat kasar *hebel* dari tabel diatas sebesar 1549,9465 kg/m³. Sedangkan hasil dari pemeriksaan kuat tekan beton ringan beragregat kasar *hebel* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Ringan

NO	KODE SILINDER	BEBAN (kgf)	BEBAN (kN)	KUAT TEKAN (MPa)
1	S-I	23900	234,4	13,2614
2	S-II	23000	225,6	12,6845
3	S-III	24500	240,3	13,3714
4	S-IV	21400	209,9	11,8174
5	S-V	24472,8	240	13,4167

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata kuat tekan beton ringan beragregat kasar *hebel* sebesar 12,9102 MPa. Sedangkan hasil pemeriksaan modulus elastik beton ringan beragregat kasar *hebel* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemeriksaan Modulus Elastik Beton Ringan

NO	KODE SILINDER	MODULUS HASIL PENGUJIAN (MPa)	MODULUS HASIL PERHITUNGAN (MPa)
1	S-I	9616,1579	9827,8857
2	S-II	9049,2133	9743,5000
3	S-III	10018,84945	9483,9968

Rata-rata modulus beton ringan beragregat kasar *hebel* hasil pengujian dari Tabel 3 diatas sebesar 9561,4069 MPa sedangkan rata-rata dari hasil perhitungan 9685,1275 MPa.

Pengujian Profil Lipped Channel tanpa Cor Beton

Wigroho (2008) melakukan pengujian balok profil Lipped Channel tanpa cor beton sebanyak 6 buah benda uji (dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 4), ternyata penambahan perkuatan tulangan $\phi 6$ mm dengan berbagai variasi jarak, hasil yang diperoleh tidak menambah kemampuan profil untuk mendukung beban secara signifikan.

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

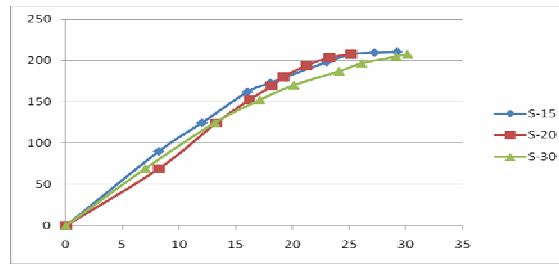
$$M = \frac{PL}{6} = \frac{75(1800)}{6} = 22500 \text{ kgmm.}$$

Dari dimensi profil diperoleh modulus penampang $I = 475181 \text{ mm}^4$, sehingga tegangan lentur profil dihitung dan diperoleh $f_b = \frac{M c}{I} = \frac{22500 (9,81) 46,6}{475181} = 21,646 \text{ MPa}$ (Wigroho, 2008).

Tabel 4. Hasil Uji Balok Profil tanpa Cor Beton (Wigroho, 2008)

S15		S20		S30	
Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)	Beban (kg)	δ (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
89.99	8.18	69.22	8.21	69.22	7.00
124.60	12.01	124.0	13.23	124.60	13.13
161.97	16.00	152.28	16.18	152.28	17.10
173.05	18.03	168.90	18.15	170.28	20.10
197.97	22.98	179.97	19.19	186.89	24.08
207.66	25.15	193.82	21.21	196.58	26.08
209.04	27.20	203.51	23.22	204.89	29.11
210.43	29.20	207.66	25.17	207.66	30.12

Tegangan lentur sebesar 21,646 MPa tersebut sangat jauh dari tegangan lentur maksimum yang diperbolehkan yaitu sebesar $F_b = 0,60 F_y = 170,47 \text{ Mpa}$. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa stabilitas profil lebih menentukan daripada kekuatan bahannya, dan ini tampak dari pengujian balok profil yang menunjukkan deformasi yang sangat besar (Wigroho, 2008).



Gambar 4. Diagram Hubungan antara Beban dan Defleksi (Wigroho, 2008)

Pengujian Profil Lipped Channel dengan Cor Beton Ringan

Pengujian pada profil Lipped Channel yang telah dicor beton ringan beragregat kasar *hebel* terlihat adanya peningkatan kemampuan profil Lipped Channel untuk mendukung beban. Jika pada profil Lipped Channel tanpa dicor kemampuan pada batas layan sebesar 75 kg (Wigroho, 2008), maka pada balok profil Lipped Channel yang dicor dengan beton ringan beragregat kasar *hebel* meningkat rata-rata menjadi 169 kg atau 2,25 kalinya. Kemampuan profil Lipped Channel yang dicor beton beragregat kasar *hebel* untuk mendukung beban layan pada defleksi 7,5 adalah 169 kg. Momen yang mampu didukung adalah:

$$M = \frac{P L}{6} = \frac{(169)(1800)}{6} = 50700 \text{ kgmm.}$$

Menurut Gere dan Timoshenko (1985), tegangan lentur pada baja dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f_b = \frac{M c E_s}{E_s I_s + E_c I_c} = 39,883 \text{ MPa}$$

Keterangan:

$I_s = 475181 \text{ mm}^4$ (momen inersia profil Lipped Channel)

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

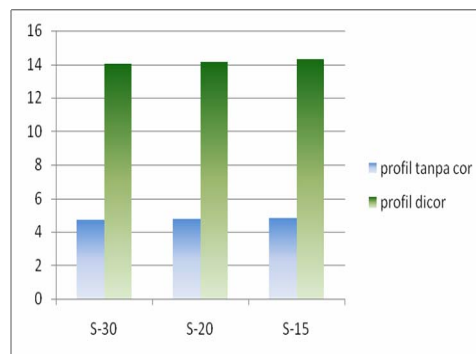
$E_c = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} = 9000 \text{ MPa}$ dengan mengambil $f'_c = 13 \text{ MPa}$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot (34,9) \cdot (93,2)^3 = 2354463 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan hasil tersebut terjadi peningkatan lentur balok dari 21,646 MPa menjadi 39,883 MPa atau 1,842 kalinya.

Perbandingan Berat Lipped Channel

Berdasarkan hasil pengujian, berat rata-rata Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel* adalah 14,17 kg. Hal ini berarti terjadi peningkatan dari berat rata-rata Lipped Channel tanpa cor beton yang besarnya 4,77 kg menjadi 14,17 kg atau 2,97 kalinya (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Grafik Perbandingan Berat Profil Lipped Channel

Perbandingan Beban Maksimum Lipped Channel

Hasil pengujian (lihat Tabel 5) menunjukkan bahwa beban maksimum Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel* rata-rata sebesar 438,3933 kg. Beban maksimum rerata balok tanpa cor beton adalah 208 kg, sehingga dengan penambahan cor beton ringan beragregat kasar *hebel* dapat meningkatkan kemampuan balok untuk menahan beban sebesar 2,1077 kalinya.

Tabel 5. Perbandingan Beban Maksimum

BALOK	TANPA COR BETON (kg)	DENGAN COR BETON (kg)
S-15	210,43	449,93
S-20	207,66	484,54
S-30	207,66	380,71

Berdasarkan data di atas, balok profil Lipped Channel yang dapat menahan beban maksimum sebesar 484,54 kg adalah balok profil Lipped Channel dengan spasi pengaku 200 mm.

Hubungan antara Beban dan Defleksi Balok Uji

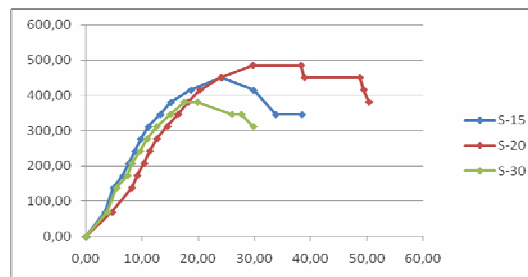
Pada waktu balok dibebani, balok akan mengalami lendutan. Lendutan ini akan bertambah besar seiring bertambahnya beban, sehingga grafik hubungan beban-defleksi berupa garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastik. Apabila beban terus bertambah, retak lentur yang terjadi akan semakin lebar. Pada kondisi ini besarnya lendutan tidak terkontrol sehingga grafik hubungan beban dan defleksi berupa garis landai. Pada saat runtuh beban dihentikan namun balok masih mengalami lendutan, dan akhirnya lendutan tersebut berhenti.

Pada pengujian pembebanan balok profil Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel* dengan alat *hydraulic jack* diperoleh hasil sebagai berikut (lihat Tabel 6):

Tabel 6. Hubungan Defleksi Max dan Beban

BALOK	DEFLEKSI MAX (mm)	BEBAN (kg)
S-15	38,48	346,10
S-20	50,33	380,71
S-30	29,79	311,49

Grafik hubungan antara beban dan defleksi dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Beban dan Defleksi

Beban Retak Pertama pada Lipped Channel yang Dicor

Dari pengujian kuat lentur balok profil Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel* diperoleh data beban retak pertama (*crack*) dalam Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Beban Retak Pertama Balok Profil Lipped Channel dengan Pengisi Beton Ringan

BALOK	BEBAN RETAK PERTAMA (kg)
S-15	138,44
S-20	69,22
S-30	69,22

Dari hasil pengujian di atas dapat dilihat bahwa balok profil Lipped Channel dengan pengaku berjarak 150 mm memiliki beban retak pertama yang paling besar. Namun, pengaku berjarak 150 mm ini tidak dapat menahan beban paling besar. Jarak optimum pengaku pada penelitian ini yang dapat memberikan beban paling besar adalah pada jarak 200 mm (lihat Tabel 6).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian kuat lentur balok profil Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel*, variasi pengaku 150 mm, 200 mm dan 300 mm dapat disimpulkan:

1. Berat jenis beton ringan beragregat kasar *hebel* sebesar 1549,9465 kg/m³ memenuhi syarat sebagai beton ringan untuk struktur (*Struktural Lightweight Concrete*) menurut Dobrowolski (1998) dan SNI 03-3449-1994
2. Kuat tekan beton ringan (*f_c*) beragregat kasar *hebel* adalah 12,9102 MPa. Kuat tekan 12,9102 MPa ini termasuk dalam beton ringan dengan kekuatan menengah (*Moderate-Strength Lightweight Concrete*) menurut Dobrowolski (1998). Menurut Neville and Brooks (1987) termasuk dalam kategori beton ringan untuk pasangan batu (*Masonry Concrete*)
3. Beton ringan beragregat kasar *hebel* mempunyai modulus elastisitas beton sebesar 9561 MPa
4. Pada balok profil Lipped Channel tanpa dicor kemampuan pada batas layan sebesar 75 kg sedangkan pada balok profil Lipped Channel yang dicor dengan beton ringan beragregat kasar *hebel* meningkat rata-rata menjadi 169 kg atau 2,25 kalinya
5. Kemampuan kuat lentur batas meningkat dari 21,646 MPa pada balok profil tanpa cor menjadi 40,015 MPa pada balok profil yang dicor beton ringan atau meningkat 1,842 kalinya
6. Berat rata-rata Lipped Channel mengalami peningkatan sebesar 2,97 kalinya atau 4,77 kg pada balok profil Lipped Channel tanpa dicor menjadi 14,17 kg pada balok profil Lipped Channel dengan pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel*
7. Beban maksimum balok profil Lipped Channel mengalami kenaikan dari 208 kg menjadi 438,3933 kg
8. Pola retak yang terjadi adalah pola retak beban lentur karena lebih banyak retakan yang tegak lurus balok profil Lipped Channel yang diberi pengisi beton ringan beragregat kasar *hebel*
9. Beban retak pertama terbesar terjadi pada balok dengan variasi pengaku berjarak 150 mm sebesar 138,44 kg. Beban maksimum yang dapat ditahan balok terjadi pada balok dengan variasi pengaku berjarak 200 mm sebesar 484,54 kg.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala dan Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dobrowolski, A.J. (1998). *Concrete Construction Handbook*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Gere, James M dan Timoshenko, Stephen P., Alih Bahasa Hans J. Wospakrik (1985). *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Neville, A.M. and Brooks, J.J. (1987). *Concrete Technology*, Longman Scientific and Technical, England.
- Sinaga, R.M. (2005). *Perilaku Lentur Baja Profil C Tunggal Dengan Menggunakan Perkuatan Tulangan Arah Vertikal*, Tugas Akhir Strata Satu, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1729-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- <http://www.hebel.co.id/profil.php>
- SK SNI T-09-1993-03, *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Wigroho, H.Y. (2005). "Kuat Lentur Profil C Tunggal Dengan Perkuatan Pelat Vertikal", *Jurnal Teknik Sipil*, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, ISSN 1411-660X, Volume 5, Nomor 2, April 2005, 152-164.
- Wigroho, H.Y. (2008). "Kuat Lentur Profil C Tunggal Dengan Perkuatan Tulangan Vertikal dan Cor Beton Pengisi", *Jurnal Teknik Sipil*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta, ISSN 1411-660X, Volume 8, Nomor 3, Juni 2008, 264-277.
- Wuryanti, W. (2005). "Penggunaan Baja Cold-Form Sebagai Struktur Utama Konstruksi Rumah Tahan Gempa", *Jurnal Teknik Sipil*, ISSN 1693-4652, Volume 3, Nomor 1, April 2005, 37-49.

*KoNTeKS 3, UPH – UAJY
Jakarta, 6 – 7 Mei 2009*