

## ANALISIS TEKAN KOMPOSIT LAMINASI KAYU – BAJA RINGAN BERDASARKAN SNI 7973-2013

*Kundari Rahmawati<sup>1</sup>, Fajar Danur Isnantyo<sup>1</sup>*  
*Email: kundari.rahmawati@staff.uns.ac.id*

### Abstrak

Kayu mahoni (*Swietenia Mahagoni*) merupakan kayu kelas kuat III dengan berat jenis 0,56 sampai dengan 0,72 dan ketahanan kayu mahoni terhadap rayap kayu kering (*Cryptotermes Cynocephalus Light*) termasuk dalam kelas awet kelas III. Sedangkan profil baja ringan adalah jenis profil baja yang memiliki rasio berat dan kekuatan yang tinggi, Oleh karena itu penulis memilih baja ringan sebagai material yang akan dikompositkan dengan kayu sebagai material penahan beban tekan. Pengujian perilaku tekan komposit laminasi kayu-baja ringan dilakukan pemodelan eksperimental benda uji batang komposit dengan skala geometri model pada benda uji adalah skala penuh (*full scale*), dengan jarak antar antar sekrup 200 mm pada setiap sisi badan baja ringannya. Untuk mengetahui perilaku tekan batang komposit tersebut dilakukan pemodelan dengan batang komposit dengan panjang tekuk ( $L_k$ ) 200 mm, 300 mm, 600 mm, 900 mm dan 1200 mm. Deformasi lateral batang komposit diukur dengan memasang LVDT dari arah lateral pada saat pelaksanaan pembebanan. Pola kegagalan batang komposit laminasi kayu-baja ringan juga diamati dalam pengujian ini. Pada setiap panjang tekuk dilakukan tiga kali pengulangan pembebanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laminasi kayu mahoni memiliki kapasitas tekan kayu mahoni 5 kali lipat lebih besar jika dibandingkan dengan analisis teori transformasi tampang yang mengacu pada SNI 7973-2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. Model keruntuhan batang komposit adalah tekuk pada sayap profil baja ringannya, dan pada badan secara keseluruhan model kegagalannya hanya mengalami tekuk global akibat kelangsingan batangnya bukan hancur karena penampang.

**Kata kunci:** tekan, komposit, baja ringan, *Swietenia mahagoni*.

### Abstract

*Mahogany (Swietenia Mahagoni) is wood strength classification III with specific gravity of 0.56 to 0.72 and the resistance of mahogany to dry wood termites (Cryptotermes Cynocephalus Light) is wood durability classification III. Meanwhile, cold formed steel is a type of steel profile that has a high ratio of weight and strength, therefore the researcher opted cold formed steel as a material to be composited with wood as a compressive load retaining material. Testing on compressive behavior of laminate composite of cold formed steel was carried out by experimental modeling on composite beam specimens with model geometry scale on the test object is full scale, with the distance between the screws 200 mm on each side of cold formed steel web. Modeling with composite beams with buckling length ( $L_k$ ) 200 mm, 300 mm, 600 mm, 900 mm and 1200 mm was carried out to determine the composite behavior of the composite beam. Composite beam lateral deformation was measured by three LVDTs attached on the specimens during loading. Failure mode of timber lamina - cold formed steel composite was also observed. At each buckling length, three repetitions were carried out. The results of this study indicates that laminated mahogany has compressive behavior up to 5 times compared to the analysis of transformation theory that refers to SNI 7973-2013 about Design Specifications for Wood Construction. Composite beam collapse model is buckling on the flens of cold formed steel, also global buckling on its web due to its slenderness.*

**Keywords:** *compression, composite, cold formed steel, Swietenia mahagoni.*

---

<sup>1</sup>Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Sebelas Maret

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Dalam konstruksi struktural, selain memenuhi persyaratan keteguhan atau kekuatan memikul beban rencana, kayu juga harus memiliki kekakuan dan kestabilan struktur. Oleh karena itu, perlu dilakukan desain untuk mendapatkan struktur yang ideal. Sifat fisik dan mekanik kayu yang akan digunakan dalam sebuah konstruksi struktural adalah salah satu hal yang harus dipertimbangkan.

Wahyu (2008), mengemukakan faktor-faktor alam yang mempengaruhi sifat-sifat dan mekanik kayu dapat dikelompokkan menjadi jenis kayu, tempat tumbuh, umur, letak dalam batang, diameter dan lain-lain.

Kelas kuat kayu di Indonesia menggunakan berat jenis sebagai salah satu parameternya. Dalam atlas kayu yang diterbitkan oleh Pustitbang Teknologi Hasil Hutan tahun 1989 menyebutkan bahwa kayu mahoni (*Swietenia Mahagoni*) merupakan kayu kelas awet II-III dengan berat jenis 0,56 sampai dengan 0,72. Kayu mahoni secara umum termasuk dalam kayu dengan kelas awet III, ketahanan kayu mahoni terhadap rayap kayu kering (*Cryptotermes Cynocephalus Light*) termasuk kelas III.

Li (2005) melakukan penelitian eksperimental mengenai perilaku komposit profil baja ringan C dengan kayu dan atau *Oriented strand board* (OSB) dengan konektor geser sekrup menghasilkan kesimpulan bahwa komposit material ini terbukti efektif meningkatkan kekakuan lentur material tersebut. Oleh karena itu, penulis memilih baja ringan sebagai material yang akan dikompositkan dengan kayu sebagai material penahan beban tekan.

Penelitian ini dilakukan penelitian eksperimental dengan skala geometri model adalah skala penuh (*full scale*). Dilakukan pembebanan tekan statik searah sumbu batang komposit. Dilakukan pengujian pendahuluan material untuk mengetahui kekuatan sekrup, baja ringan dan kayu yang digunakan dalam material komposit laminasi kayu-baja ringan. Jarak antar sekrup sebagai konektor

geser tidak ditinjau dalam penelitian ini dan kayu yang digunakan adalah kayu jenis mahoni (*Swietenia Mahagoni*). Perilaku kuat tekan material komposit laminasi kayu-baja ringan dengan konektor geser sekrup yang terpasang pada badan profil baja ringan sebagai parameter yang akan diteliti dalam eksperimen ini.

Penelitian ini dibuat model eksperimen batang komposit laminasi kayu-baja ringan bertujuan meningkatkan kapasitas tekan pada kayu mahoni dan mengetahui perilaku mekanik batang komposit laminasi kayu-baja ringan akibat beban tekan dan pola kegagalan batang komposit laminasi kayu-baja ringan yang terjadi akibat beban tekan.

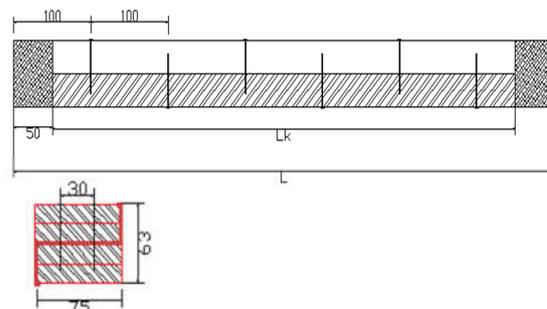
## METODE PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah profil baja ringan 75Z08 dengan lebar web 75 mm, lebar flens masing masing 30 mm dan tebal 0,8 mm; kayu mahoni (*Swietenia Mahagoni*) yang tumbuh sekitar Daerah Istimewa Yogyakarta lebar 74 mm dan tebal 14 mm; sekrup diameter 4 mm dan panjang 50 mm.

### 2. Benda Uji Penelitian

Untuk mengetahui perilaku struktur batang komposit laminasi kayu-baja ringan akibat beban aksial tekan dilakukan pemodelan eksperimental benda uji batang komposit dengan skala geometri model pada benda uji adalah skala penuh (*full scale*), dengan jarak antar antar sekrup 200 mm pada setiap sisi badannya. Pemodelan benda uji seperti terlihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Model benda uji komposit laminasi kayu-baja ringan (unit mm).

Dilakukan tiga kali pengulangan pembebanan untuk setiap model benda uji dengan panjang tekuk ( $L_k$ ) tertentu.

### 3. Pelaksanaan Pengujian

#### 3.1. Pengujian Kuat Tekan Sejajar serat Kayu Mahoni

Pengujian tekan aksial sejajar serat kayu mahoni, spesimen dan metode pengujian berdasarkan peraturan *British Standar 373:1957*.

#### 3.2. Pengujian Lentur Kayu Mahoni

Dalam pengujian lentur kayu mahoni, spesimen dan metode pengujian berdasarkan peraturan *British Standar 373:1957 Methods of testing small clear specimens of timber*. Dari pengujian ini didapatkan nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rapture* (MOR).

#### 3.3. Pengukuran Kadar Air dan Berat Jenis

Untuk mengetahui kadar air kayu mahoni yang digunakan sebagai bagian dari struktur komposit maka dilakukan pengukuran kadar air sesuai *British Standar 373:1957*.

#### 3.4. Pengujian Kuat Tarik Baja Ringan

Untuk mengetahui nilai tegangan leleh ( $f_y$ ) dan modulus elastisitas baja ringan yang digunakan dalam penelitian ini, maka dilakukan pengujian tarik baja tersebut dengan berpedoman pada standart ASTM E8M-034 2004 *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]* 1.

#### 3.5. Pengujian Kuat Tarik Sekrup

Untuk mengetahui ketahanan satu buah sekrup dalam menahan beban maka dilakukan pengujian tarik sekrup dengan mengacu pada standart ASTM E 8M-04 *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*.

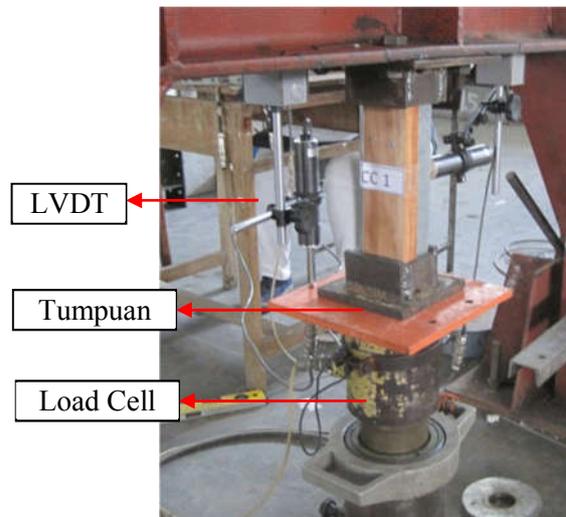
#### 3.6. Pengujian Lentur Batang Komposit

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian lentur batang komposit untuk dapat mengetahui nilai modulus elastisitasnya. *Setting* pengujian lentur batang komposit

baja ringan-kayu berdasarkan SNI 03-3975-1995.

#### 3.7. Pengujian Kuat Tekan Komposit Laminasi Kayu-Baja Ringan

Parameter yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah besarnya beban kritis ( $P_{cr}$ ) dan deformasi arah lateral pada benda uji akibat beban aksial. Setting pengujian terlihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Setting pengujian tekan komposit baja ringan-kayu

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 1. Pengujian Material

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian karakteristik material yang digunakan dalam pengujian ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material

No	Jenis Pengujian	Nilai
1.	Kuat Tekan Kayu mahoni ( $f_c$ , MPa)	43,53
2.	Kuat Lentur Kayu Mahoni (MOE, MPa)	6130,73
3.	Kuat Lentur Kayu Mahoni (MOR, MPa)	76,48
4.	Kadar Air (%)	12,24
5.	BJ Kering Udara	0,69
6.	Tarik Baja Ringan ( $f_y$ , MPa)	591
7.	Tarik Sekrup ( $f_y$ , MPa)	1134
8.	Lentur Komposit (MOE, MPa)	2946
9.	Lentur Komposit (MOR, Nmm)	1445850

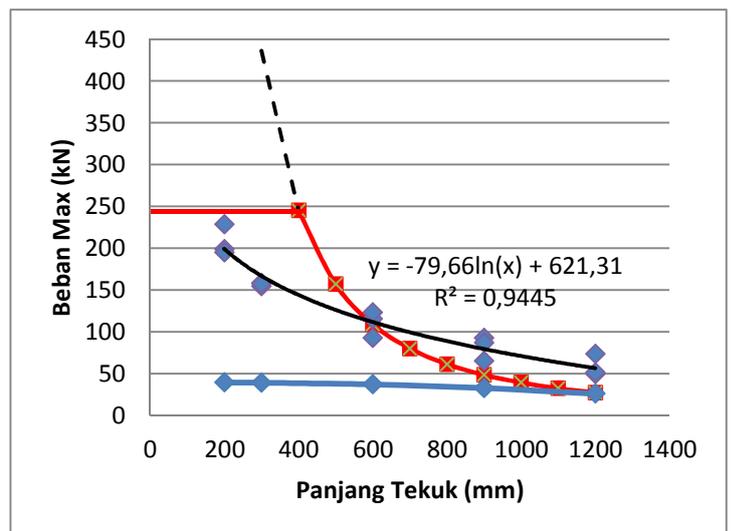
## 2. Pengujian Tekan Komposit Laminasi Kayu-Baja Ringan

Pengujian tekan komposit laminasi kayu-baja ringan dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada tiap-tiap bentangnya. Setting pengujian ini disusun sedemikian rupa seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya untuk menghindari terjadinya kecelakaan pada saat proses pembebanan. Beban maksimum yang didapatkan pada pengujian ini tersaji dalam tabel berikut ini (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pengujian tekan komposit laminasi kayu-baja ringan.

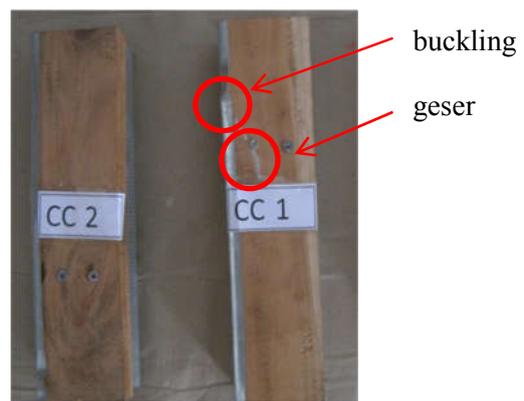
Kode	$L_k$ (mm)	$P_{max}$ (kN)
CSC1	200	198,83
CSC2	200	194,70
CSC3	200	228,53
CSC4	300	154,28
CSC5	300	158,40
CSC6	300	157,58
CSC7	600	115,50
CSC8	600	92,40
CSC9	600	122,93
CSC10	900	92,40
CSC11	900	65,18
CSC12	900	86,63
CSC13	1200	49,50
CSC14	1200	73,43
CSC15	1200	51,15

Hasil pengujian batang komposit laminasi kayu-baja ringan dalam penelitian ini dibandingkan dengan analisis teoritis. Analisis secara teori dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan pendekatan persamaan Euler dan pendekatan metode transformasi tampang berdasarkan SNI 7973:2013. Gambar 12 menunjukkan perbandingan hasil eksperimen dengan hasil analisis dengan menggunakan pendekatan tekuk Euler dan Transformasi Tampang.



— Eksperimen  
 — Teori Euler  
 — SNI7973;2013

Gambar 12. Grafik hubungan beban maksimum dan panjang bentang .



Gambar 13. Pola kegagalan komposit laminasi kayu-baja ringan bentang pendek.

Pola kegagalan yang terjadi pada struktur komposit ini bervariasi. Pada batang komposit dengan panjang tekuk ( $L_k$ ) 200 mm terjadi kegagalan geser dan *local buckling* pada sayap profil baja ringan dan *global buckling* pada keseluruhan batangnya. Untuk batang yang lain tidak terjadi kegagalan geser pada penampangnya. Pola kegagalan berupa *global buckling* dan *local buckling* pada sayapnya. Batang komposit dengan panjang tekuk ( $L_k$ ) 1200 mm cenderung hanya terjadi *global buckling* dan sedikit *local buckling* pada sayap profil baja ringan.



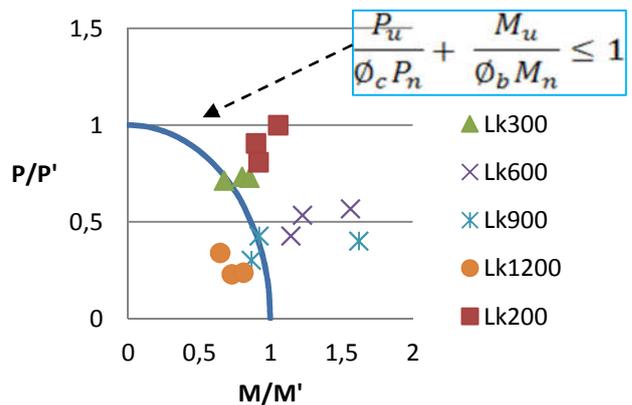
Gambar 14. Pola kegagalan *global buckling* batang komposit baja ringan-kayu

Pada batang komposit dengan panjang bentang 1200 mm terlihat pada Gambar 16 data masih didalam batas kegagalan struktur yang diijinkan. Dalam artian batang komposit tersebut belum mengalami kegagalan saat pengujian. Pada saat pelaksanaan pengujian batang komposit dengan panjang 1200 mm dihentikan ketika beban yang mampu ditahan oleh struktur tersebut menurun 20% dari beban maksimum yang telah tercapai.

Secara ideal posisi pola kegagalan seharusnya di sekitar garis batas *yield*, namun beberapa batang komposit terlampaui jauh dari batas garis tersebut. Hal ini berkaitan dengan material kayu yang tidak homogen pada setiap batangnya. Nampak pada batang komposit dengan panjang tekuk 600 mm semuanya berada jauh dari garis *yield* dari struktur tersebut.

Dari keseluruhan pengujian tidak terjadi kegagalan pada material kayu, kegagalan terjadi hanya pada baja ringan.

Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kapasitas tekan pada kayu mahoni dan mengetahui perilaku mekanik batang komposit laminasi kayu-baja ringan akibat beban tekan dan pola kegagalan batang



Gambar 15. Grafik Hubungan beban dan momen lentur akibat beban aksial tekan batang komposit laminasi kayu-baja ringan

komposit laminasi kayu-baja ringan yang terjadi akibat beban tekan. Uraian diatas menjelaskan sifat mekanis dari profil baja ringan dan batang komposit laminasi kayu-baja ringan. Pemasangan baja ringan sebagai material komposit secara cenderung kapasitas tekannya lebih besar dibandingkan dengan hasil analisis penampang dengan mentransformasikan tamoang komposit yang dihitung berdasarkan SNI 7379:2013.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Tekan Batang Komposit Laminasi Kayu-Baja Ringan dengan Analisis Transformasi tampang (mengacu SNI 7379:2013)

Lk (mm)	Pcr Teori	Pmax CSC (kN)	Rasio teori/eksp
200	39,37	196,18	5,0
300	39,05	171,02	4,4
600	37,03	111,14	3,0
900	32,68	74,66	2,3
1200	25,91	61,58	2,4

Keterangan:

- Pcr teori : beban maksimum teori
- Pmax CSC : beban maksimum batang komposit laminasi kayu-baja ringan

Kenaikan kapasitas tekan berbeda-beda untuk setiap panjang tekuk ( $L_k$ ). Kenaikan kapasitas tekan struktur tersebut berbanding terbalik dengan panjang tekuknya, semakin besar panjang tekuknya semakin kecil kenaikan kapasitas tekannya begitu pula berlaku sebaliknya.

Deformasi lateral yang terjadi pada profil baja ringan dan pada batang komposit laminasi kayu-baja ringan dapat disimpulkan bahwa deformasi lateral yang terjadi pada bentang pendek meningkat ketika profil baja ringan tersebut dikompositkan dengan kayu. Namun pada bentang yang lebih panjang deformasi lateralnya cenderung sama. Hal ini karena pada bentang pendek profil baja ringan hanya terjadi *local buckling* saat beban maksimum tercapai, dengan bentang yang sama pada struktur kompositnya terjadi *global buckling* saat beban maksimumnya tercapai. Pada bentang panjang kedua sistem struktur tersebut mengalami ketika terbebani tekan pola kegagalannya berupa *global buckling*, namun bedanya pada profil baja ringan mengalami torsi karena beban tekan sedangkan pada model komposit tidak terjadi torsi.

Penambahan kayu sebagai material komposit dalam struktur ini jelas terurai di atas. Struktur komposit ini secara signifikan menambah kapasitas tekan profil baja ringan dan mengurangi terjadinya *local buckling* yang terjadi pada profil baja ringan akibat beban tekan. Selain kapasitas tekannya yang bertambah, berat dari struktur tersebut juga mengalami peningkatan. Berikut perbandingan penambahan kapasitas tekan komposit dengan penambahan beratnya.

Pertambahan berat untuk setiap panjang tekuk yaitu rata-rata 4,5 kali. Pada struktur dengan panjang 1300 mm mengalami pertambahan tekannya 3,0 kali dari kapasitas tekan profil baja ringan, berat strukturnya bertambah menjadi 4,3 kali dari struktur baja ringan tanpa komposit. Semakin panjang panjang tekuk akan semakin kecil efektifitas penambahan kapasitas tekannya namun penambahan

beratnya akan tetap. Maka pada panjang tertentu model ini tidak dapat digunakan lagi untuk alternatif model struktur tekan karena penambahan kapasitas tekannya tidak sebanding dengan penambahan beratnya. Harus dilakukan pemodelan yang lain sehingga perbandingan penambahan berat dengan penambahan kapasitas tekannya lebih baik.

## KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Laminasi kayu mahoni cenderung lebih besar kapasitas tekan kayu mahoni hingga 5 kali lipat jika dibandingkan dengan analisis teori transformasi tampang yang mengacu pada SNI 7973-2013 **Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu**.
2. Model keruntuhan batang komposit adalah tekuk pada sayap profil baja ringannya, dan pada badan secara keseluruhan model kegagalannya hanya mengalami tekuk global akibat kelangsingan batangnya bukan hancur karena penampang.
3. Prediksi kapasitas tekan batang komposit tersebut tidak dapat didekati dengan menggunakan metode transformasi penampang maupun menggunakan teori Euler dengan modulus Elastisitas komposit.

## SARAN

1. Diperlukan ketelitian dalam pembuatan benda uji, utamanya pada kerataan ujung-ujung benda uji agar parameter-parameter penelitian didapatkan dengan baik.
2. Diperlukan pemodelan yang lebih baik untuk mendapatkan penambahan kapasitas tekan yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan analisis numerik untuk mengetahui pendekatan perhitungan kapasitas tekan untuk batang komposit dengan panjang tekuk yang lain atau model komposit yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Gere, J.M., dan Timoshenko, S.P., 2000, *Mekanika Bahan Jilid 1* (edisi keempat ed.). (Suryoatmono, Penerj.) Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Gere, J.M., dan Timoshenko, S.P., 2000. *Mekanika Bahan Jilid 2* (edisi keempat ed.). (Suryoatmono, Penerj.) Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Li, X., 2005, *Composite Beams Of Cold Formed Steel Sections And Wood Members*, Thesis. The University Of New Brunswick.
- Setiyono, H., 2008. *Investigasi Analitis dan Eksperimental Kekuatan Profil Baja Ringan Terhadap Interaksi Local dan Global Buckling*. Laporan Penelitian, UPT Laboratorium Uji Konstruksi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sinaga, R.M., 2005, *Perilaku Lentur Baja Profil C Tunggal dengan Menggunakan Perkuatan Tulangan Arah Vertikal*, Final Project, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Wigroho, Y.S., 2008, *Kuat Lentur Profil C Tunggal dengan Perkuatan Tulangan Vertikal Dan Cor Beton Pengisi*, Jurnal Teknik Sipil, Volume 8 No. 3, hal 264 – 277.
- Winter, dkk., 2012, *Timber-steel-hybrid beams for multi-storey buildings*, Auckland, World Conference on Timber Engineering.
- Wahyu, D dan Nugroho, M, 2008. *Tinjauan Hasil Penelitian Faktor-faktor Alam yang Mempengaruhi Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Indonesia*, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis, Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia. Vol.5(1):85-100.
- Yu, W.W., 2000, *Cold Formed Steel Design 3<sup>rd</sup> ed*, Jhon Wiley & Sons Inc