

KUAT LENTUR BALOK LAMINASI MEKANIK KAYU SENGON DENGAN PERKUATAN PLAT PLASTIK *POLYPROPYLENE*

Muhammad Zaeni, Bambang Surendro, Yudhi Arnandha

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
Jl. Kapten Suparman No. 39, Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah, 56116.

E-mail: zyn.muhammad12@gmail.com

Intisari. Papan kayu Sengon dibuat balok laminasi untuk memperbesar dimensinya dan diberi perkuatan plat plastik *Polypropylene*. Plastik *Polypropylene* dipilih karena lebih ringan, lentur dan titik leleh tinggi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kuat lentur balok laminasi. Pembuatan balok laminasi dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Balok laminasi dibuat dengan ukuran 6 cm × 8 cm × 150 cm diberi perkuatan plat plastik pada lapisan laminanya dengan berbagai variasi, tipe 1 BLTP, tipe 2 BL 1, tipe 3 BL 2, tipe 3 BL 3. Pengujian lentur mengacu ASTM D 476-02. Pengujian lentur di Laboratorium Mekanika Bahan, Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dengan Alat *Universal Testing Machine*. Hasil pengujian MOR rata-rata (BLTP) 87,40 kg/cm², (BL 1) 104,92 kg/cm², (BL 2) 102,50 kg/cm², (BL 3) 105,96 kg/cm². Nilai MOE rata-rata (BLTP) 6208,90 kg/cm², (BL 1) 6326,81 kg/cm², (BL 2) 6045,6 kg/cm², (BL 3) 5412,34 kg/cm². MOR BL 1 meningkat 20,4 %, BL 2 meningkat 18,41 % dan BL 3 meningkat 21,23 % jika di bandingkan dengan BLTP. MOE BL 1 meningkat 1,9 %, BL 2 menurun 2,63 % dan BL 3 menurun 12,83 % jika dibandingkan dengan BLTP. Hasil analisa dengan *Anova Single Factor* penambahan plat plastik *Polypropylene* pada balok laminasi mekanik kayu Sengon tidak berpengaruh terhadap peningkatan nilai MOR maupun MOE.

Kata kunci: Kayu Sengon, Kuat Lentur, Laminasi, Plastik *Polypropylene*

Abstract. Then board of Sengon wood made into laminated beams to enlarge dimension and given reinforced *polypropylene* plastic plates. *Polypropylene* plastic is chosen because including lighter, flexible and high melting point. This research was conducted to determine the flexural strength laminated beam. Manufactured beam laminated did in Laboratory Civil Engineering, Engineering Faculty of Tidar University. Manufactured laminated beams did with measured 6 cm x 8 cm x 150 cm laminated beams are reinforced plastic plates in the laminated layer with various types 1 BLTP, type 2 BL 1, type 3 BL 2, type 3 BL 3. Laminate beam bending test refer to ASTM D 4761-02. Testing was carried out at the Materials Mechanics Laboratory, Center for Engineering Studies, Gadjah Mada University, Yogyakarta with *Universal Testing Machine*. Test results, MOR average (BLTP) 87.40 kg/cm², (BL 1) 104.92 kg/cm², (BL 2) 102.50 kg/cm², (BL 3) 105.96 kg/cm². An average MOE value (BLTP) 6208.90 kg/cm², (BL 1) 6326.81 kg/cm², (BL 2) 6045.6 kg/cm², (BL 3) 5412.34 kg/cm². An average MOR on BL 1 increase 20.40 %, BL 2 increase 18.41 % and BL 3 increase 21.23 % if between with BLTP. An average MOE on BL 1 increase 1.9 %, BL 2 reduce 2.63 % and BL 3 reduce 12.83 % if between BLTP. The result of date analysis with *Anova Single Factor* increment of plastic plates *Polypropylene* on beam laminated the Sengon wood mechanics do not influential with increase of the value MOR however MOE beam laminated.

Key word : flexural strength, Laminated, *Polypropylene Plastic*, Sengon wood

A. Pendahuluan

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, maka kebutuhan sarana dan prasarana juga semakin bertambah, salah satunya adalah bangunan rumah tinggal. Pada pembuatan rumah tinggal kayu dipakai sebagai struktur. Untuk membuat struktur yang kuat diperlukan kayu berkualitas bagus. Kayu yang berkualitas bagus dan berumur tua biasanya didapatkan dari hutan alam, namun karena semakin bertambahnya kebutuhan kayu untuk bahan bangunan, banyak dilakukan penebangan secara besar-besaran yang mengakibatkan pasokan kayu yang siap digunakan untuk bahan struktur dari hutan alam semakin menurun, sehingga diperlukan solusi untuk mengatasi

pasokan kayu yang semakin terbatas. Alternatif untuk mengatasi kekurangan pasokan kayu dari hutan alam adalah menggunakan kayu cepat tumbuh dari hutan rakyat, salah satunya kayu Sengon. Sengon merupakan salah satu kayu cepat tumbuh dari hutan rakyat (P3HH, 2008). Karena dipanen dalam waktu singkat sehingga dimensinya kecil untuk itu diperlu suatu produk rekayasa agar kayu Sengon menjadi lebih kuat dan memiliki dimensi yang besar. Salah satu produk tersebut adalah laminasi. Laminasi adalah balok yang disusun dari beberapa lapis papan yang direkatkan, dengan arah serat longitudinal dengan ketebalan tertentu (Moody et al, 1999).

Penelitian dilakukan untuk mengetahui kuat lentur balok laminasi kayu Sengon dengan perkuatan plat plastik *Polypropylene*, dengan variasi jumlah lapis plat plastik yang berbeda pada setiap balok laminasi

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui berapa besar kuat lentur balok laminasi kayu Sengon tanpa perkuatan plat plastik *Polypropylene*?
2. Untuk mengetahui berapa besar kuat lentur pada balok laminasi kayu Sengon dengan perkuatan plat plastik *Polypropylene* 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis?
3. Untuk mengetahui berapa besar peningkatan kuat lentur pada balok laminasi kayu Sengon dengan perkuatan plat plastik *Polypropylene* 1 lapis, 2 dan 3 lapis?
4. Untuk mengetahui apakah balok laminasi kayu Sengon dengan perkuatan plat plastik *Polypropylene* dapat digunakan sebagai pengganti kayu berkualitas baik dari hutan alam?

B. Tinjauan Pustaka

Menurut Abdurachman (2005) balok laminasi ialah balok yang dihasilkan dari perekatan papan-papan yang disusun sejajar arah serat menggunakan lem atau paku. Balok laminasi jika dibandingkan dengan balok kayu utuh lebih efisien karena dapat dibuat dengan menggabungkan jenis kayu cepat tumbuh dan bermutu rendah dengan kayu bermutu tinggi.

Pohon Sengon dalam bahasa ilmiah disebut dengan nama latin *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen, syn. *Albizia falcataria* (L.) Fosberg dan *Albizzia falcata* (L.) Backer famili *mimosaceae*. Nama perdagangan Sengon, jeungjing. Penyebaran pohon Sengon di Indonesia antara lain di Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat, Maluku, Irian Jaya. Ciri-ciri umum kayu Sengon adalah kayu yang baru ditebang berbau seperti petai, bau tersebut akan hilang jika kayunya sudah kering, kayu teras berwarna hampir putih atau coklat muda pucat (seperti daging) warna kayu gubal pada umumnya tidak berbeda dengan kayu teras, teksturnya agak kasar dan merata dengan arah serat lurus, bergelombang lebar atau berpadu, permukaan kayu agak licin dan agak mengkilap. Penyusutan arah radial dan tangensial berturut-turut 2,5 persen dan 5,2 persen (basah sampai kering tanur). Kelas awet kayu dan kelas kuat kayu sengon IV-V dengan berat jenis 0,33 (0,24-0,49) (P3HH, 2008).

Polypropylene merupakan salah satu jenis termoplastik yang mempunyai kode daur ulang 5. Diantara material plastik lainnya *Polypropylene* memiliki kerapatan yang paling rendah, yaitu berkisar antara 0,9-0,915, serta titik leleh yang tinggi (165-170°C) dengan sifat yang tahan terhadap panas dan bahan-bahan kimia, *Polypropylene* merupakan satu-satunya plastik yang mampu dikombinasikan untuk berbagai tujuan elektrik, rigiditas, kekerasan, stabilitas dimensi, permukaan, dan *melt flow* lebih baik dibandingkan material termoplastik lainnya (Meier, 1996 dalam Setyawati, 2005).

C. Landasan Teori

1. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya jumlah kandungan air didalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering kayu (ASTM D 4442, 1992).

Untuk menghitung nilai kadar air kayu dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$MC = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

MC = Kadar air kayu (%)

A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir atau berat kering oven (gram)

2. Kerapatan

Kerapatan kayu adalah perbandingan antara berat kering kayu dengan volume kayu. Kerapatan kayu mempengaruhi kekuatan kayu dalam menahan kuat tarik sejajar arah serat kayu, kuat belah kayu, kuat geser kayu dan ketahanan kejut (Bowyer, 2007).

Untuk menghitung nilai kerapatan kayu dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{B}{V} \quad (2)$$

Keterangan:

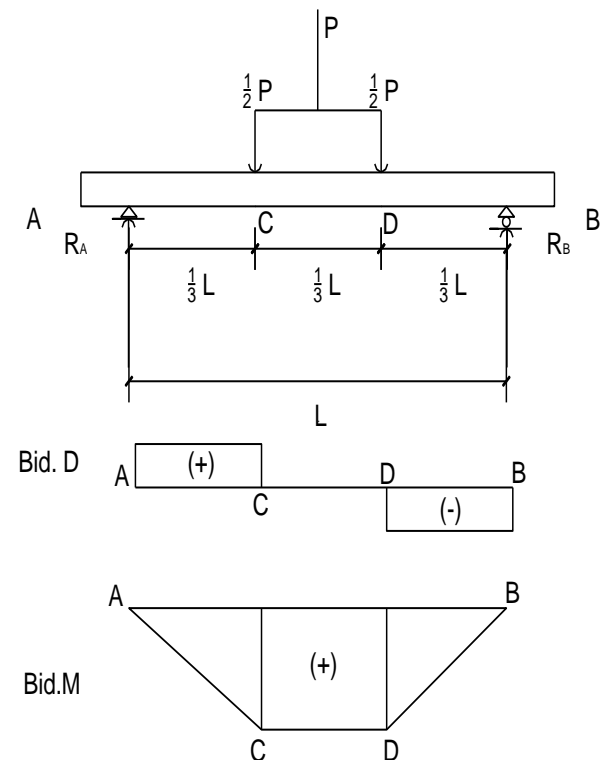
ρ = Kerapatan (gr/cm³)

B = Berat kering oven (gram)

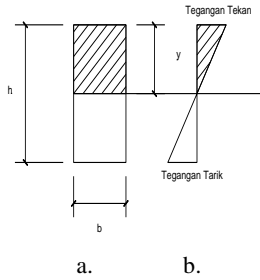
V = Volume kayu (cm³)

3. Pembebanan Balok Laminasi

Untuk mencari besarnya kuat lentur perlu diperhatikan momen yang terjadi pada saat pembebanan. Dalam penelitian ini pola pembebanan pada balok bertumpu sederhana sesuai dengan standar ASTM D 4761-02 untuk lebih jelasnya pola pada pembebanan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 1. Kondisi pembebanan



Gambar 2. Penampang balok

Keterangan:

- Penampang balok
- Diagram tegangan-regangan

Perhitungan balok bertumpu sederhana untuk kondisi pembebanan seperti pada Gambar 1. dapat dihitung sebagai berikut:

1) Reaksi Perletakan

$$\sum MB = 0$$

$$(R_A \cdot L) - \frac{1}{2}P \cdot (L - \frac{1}{3}L) - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L) = 0$$

$$(R_A \cdot L) = \frac{1}{2}P \cdot (L - \frac{1}{3}L) + \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)$$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2}P \cdot (L - \frac{1}{3}L) + \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)}{L} \quad (3)$$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2}P \cdot L - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L) + \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)}{L}$$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2}P \cdot L}{L}$$

$$R_A = \frac{1}{2}P$$

2) Momen Yang Terjadi

Besarnya momen yang terjadi akibat pembebanan terpusat berada pada jarak ($\frac{1}{3}L$) dari tumpuan.

$$M_A = M_B = 0$$

$$M_C = R_A \cdot \frac{1}{3}L = \frac{1}{2}P \cdot \frac{1}{3}L = \frac{1}{6}P \cdot L \quad (4)$$

$$M_D = R_A \cdot (L - \frac{1}{3}L) - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)$$

$$M_D = \frac{1}{2}P \cdot (L - \frac{1}{3}L) - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)$$

$$M_D = \frac{1}{2}(P \cdot L) - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L) - \frac{1}{2}P \cdot (\frac{1}{3}L)$$

$$M_D = \frac{1}{2}(P \cdot L) - \frac{1}{6}(P \cdot L) - \frac{1}{6}(P \cdot L) = \frac{1}{6}P \cdot L$$

Keterangan:

R_A = Reaksi tumpuan pada titik A

$\frac{1}{3}L$ = Jarak $\frac{1}{2}P$ beban dari titik tumpu (cm)

P = Beban (kg)

L = Panjang bentang diantara 2 tumpuan (cm)

$\sum M_B$ = maka semua gaya di momenkan ke titik B

M_A, M_B, M_C, M_D = Momen yang terjadi pada titik A, B, C, D (kg.cm).

3) Modulus of Rupture (MOR)

Modulus of Rupture (MOR) merupakan sifat mekanis kayu yang berhubungan dengan kekuatan kayu yaitu ukuran kemampuan kayu untuk menahan beban atau gaya luar yang bekerja padanya dan kecenderungan merubah bentuk dan ukuran kayu tersebut (Kollman dan Cote, 1968).

Perhitungan nilai MOR dapat dihitung berdasarkan rumus (Timoshenko dan Gere, 1996):

$$MOR = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$M = \frac{1}{6}P \cdot L$$

$$y = \frac{1}{2}h$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$MOR = \frac{\frac{1}{6}(P \cdot L) \cdot \frac{1}{2}h}{\frac{1}{12}b \cdot h^3} = \frac{\frac{1}{12}P \cdot L \cdot h}{\frac{1}{12}b \cdot h^3} = \frac{P \cdot L \cdot h}{b \cdot h \cdot h^2}$$

$$MOR = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (5)$$

4) Modulus of Elasticity (MOE)

Modulus of Elasticity (MOE) adalah nilai indikator untuk kekakuan bahan (kayu) yang hanya berlaku sampai batas proporsi saja. Modulus elastisitas berkaitan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjang dan ukuran balok (Haygreen dan Bowyer 1993).

Perhitungan nilai MOE dapat dihitung berdasarkan rumus (ASTM D 4761-02):

$$MOE = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot d \cdot I} \quad (6)$$

Keterangan:

MOR = *Modulus of Rupture* (kg/cm²)

MOE = *Modulus Of Elasticity* (kg/cm²)

P = Beban maksimum yang bisa ditahan (kg)

L = Panjang balok antara 2 tumpuan (cm)

b = Lebar balok (cm)

h = Tebal balok (cm)

d = Lendutan (cm)

y = Jarak garis netral terhadap sisi atas balok ($1/2 \cdot h$) (cm)

I = Momen Inersia ($1/12 \cdot b \cdot h^3$) (cm⁴)

4. Analisa Data

Analisis varians (*Analysis of Variance-ANOVA*) adalah prosedur statistik untuk mengkaji apakah rata-rata hitung (mean) dari 3 (tiga) populasi atau lebih, sama atau tidak. Dalam penelitian ini digunakan *Anova* satu arah digunakan untuk mencari hubungan variabel pada tiap-tiap parameter menggunakan kriteria F_{hitung} dan F_{crit} . Apabila F_{hitung} lebih besar atau kecil dari F_{crit} untuk membuat keputusan pengujian hipotesis ditolak atau di terima dengan cara membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{crit} (Sugiharto, 2009).

D. Metodologi Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yang berbeda. Sampel dibuat di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Pengujian kuat lentur balok laminasi di Laboratorium Mekanika Bahan, Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu Sengon (*albizia falcataria*) yang diperoleh dari lokasi penggergajian toko kayu Mendut. Pelekat yang digunakan berupa paku diameter 4,2 mm dan plat plastik *Polypropylene* merk *ROCHLING* dengan ukuran 1,2 m × 2,4 m ketebalan plat plastik 3 mm yang diperoleh dari distributor Sinar Mulia.

3. Alat

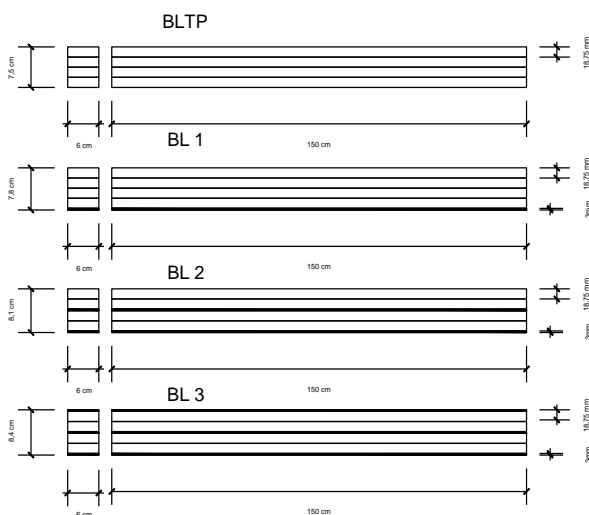
Penelitian ini menggunakan, gergaji kayu mesin, gergaji manual, mesin potong plat plastik, penjepit kayu, mesin serut kayu, mesin amplas, mesin bor tangan, alat ukur meteran, martil, timbangan elektrik, dan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM).

4. Pembuatan Benda Uji

Jenis-jenis variasi balok laminasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tipe variasi balok laminasi

No	Kode Balok	Jumlah
1	BLTP	4
2	BL 1	4
3	BL 2	4
4	BL 3	4
Total Benda Uji Lentur		16

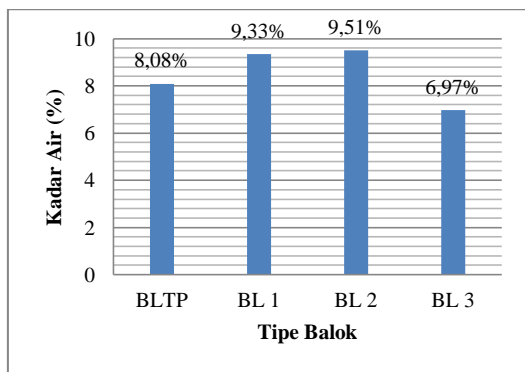


Gambar 3. Benda uji untuk kuat lentur

E. Hasil dan Pembahasan

1. Kadar Air Kayu

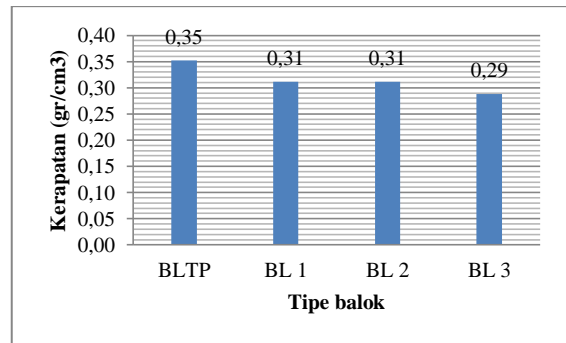
Hasil pengujian kadar air kayu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata kadar air kayu Sengon

2. Kerapatan

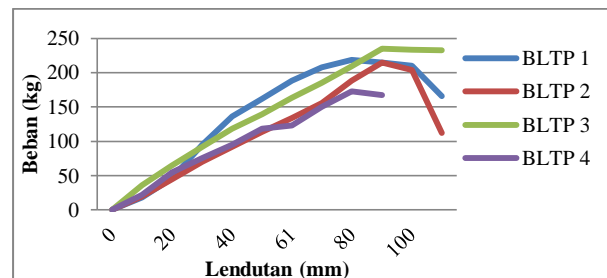
Hasil pengujian kerapatan kayu ditunjukkan pada Gambar 5.



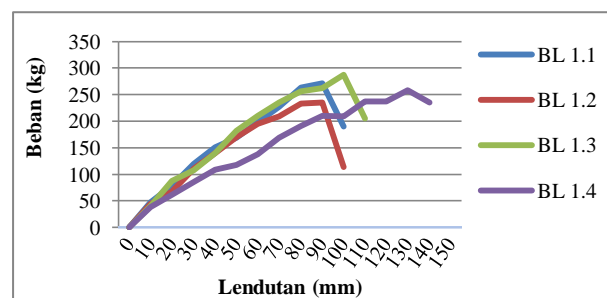
Gambar 5. Rata-rata Kerapatan

3. Pengujian Lentur

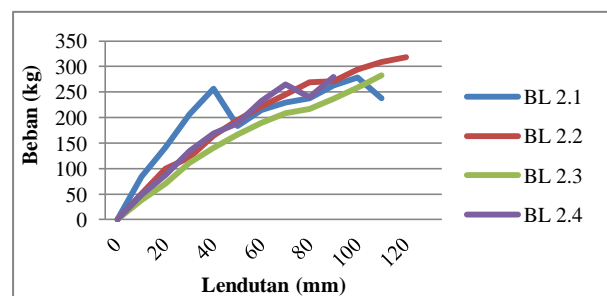
Hasil Pengujian kuat lentur balok laminasi dapat dilihat pada grafik hubungan antara beban dan lendutan yang ditunjukkan sebagai berikut:



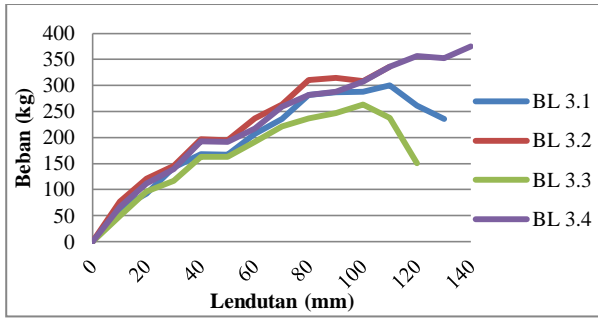
Gambar 6. Hubungan antara beban dan lendutan BLTP



Gambar 7. Hubungan antara beban dan lendutan BL 1



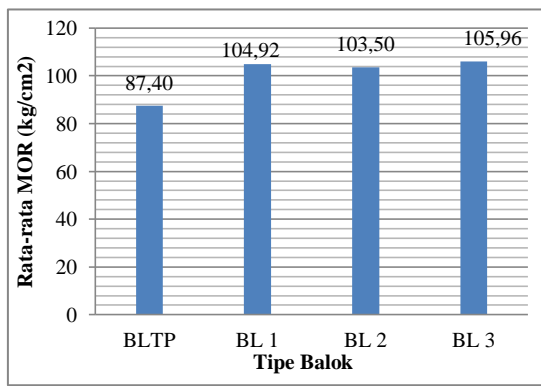
Gambar 8. Hubungan antara beban dan lendutan BL 2



Gambar 9. Hubungan antara beban dan lendutan BL 3

1) *Modulus of Rupture (MOR)*

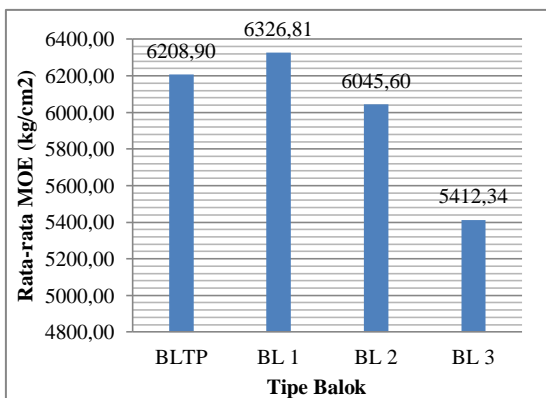
Hasil pengujian MOR balok laminasi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rata-rata MOR

2) *Modulus of Elasticity (MOE)*

Hasil pengujian MOE balok laminasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rata-rata MOE

4. Analisis *Anova single factor*

1) *Anova Single Factor* nilai MOR

Hasil analisis menggunakan *Anova Single Factor* nilai MOR sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian *Anova Single Factor* untuk nilai MOR

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
BLTP	4	349,61	87,40	125,06
BL 1	4	419,66	104,92	52,36
BL 2	4	413,98	103,50	62,78
BL 3	4	423,84	105,96	252,64

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	919,32	3	306,44	2,49	0,11033	3,49
Within Groups	1478,49	12	123,21			
Total	2397,81	15				

Dengan (H_a) pemberian plat plastik *Polypropylene* berpengaruh terhadap peningkatan kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon dan (H_o) pemberian plat plastik *polypropylene* tidak berpengaruh terhadap peningkatan kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon. Probabilitas 5%. Dari Tabel 2 nilai $F_{hitung} = 2,49$ lebih kecil dari nilai $F_{crit} = 3,49$ maka H_a ditolak dan H_o terima. Kesimpulannya adalah penambahan plat plastik *Polypropylene* tidak berpengaruh terhadap peningkatan nilai kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon.

2) *Anova single factor* nilai MOE

Hasil analisis menggunakan *Anova Single Factor* nilai MOE sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *Anova Single Factor* untuk nilai MOE

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
BLTP	4	24835,59	6208,90	331244,58
BL 1	4	25307,26	6326,81	1377476,13
BL 2	4	24182,42	6045,60	98971,73
BL 3	4	21649,35	5412,34	217612,22

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1991448,29	3	663816,10	1,31	0,32	3,49
Within Groups	6075913,98	12	506326,16			
Total	8067362,27	15				

Dengan (H_a) pemberian plat plastik *polypropylene* berpengaruh terhadap peningkatan kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon dan (H_o) pemberian plat plastik *polypropylene* tidak berpengaruh terhadap peningkatan kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon. Probabilitas 5%. Dari Tabel 3 nilai $F_{hitung} = 1,31$ lebih kecil dari nilai $F_{crit} = 3,49$ maka H_a ditolak dan H_o terima. Kesimpulannya adalah penambahan plat plastik *Polypropylene* tidak berpengaruh terhadap nilai kuat lentur balok laminasi mekanik kayu Sengon.

F. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai MOR rata-rata balok laminasi mekanik kayu Sengon tanpa perkuatan plat plastik *Polypropylene* (BLTP) 87,40 kg/cm² dan Nilai MOE rata-rata balok laminasi mekanik kayu Sengon tanpa perkuatan plat plastik *Polypropylene* (BLTP) 6208,90 kg/cm².
2. Nilai MOR rata-rata balok laminasi hasil pengujian (BL 1) 104,92 kg/cm², (BL 2) 103,50 kg/cm² dan (BL 3) 105,96 kg/cm². Nilai MOE rata-rata balok laminasi hasil pengujian adalah (BL 1) 6326,81 kg/cm², (BL 2) 6045,60 kg/cm² dan (BL 3) 5412,34 kg/cm².
3. Rata-rata MOR pada BL 1 meningkat 20,4 %, BL 2 meningkat 18,41 % dan BL 3 meningkat 21,23 % jika dibandingkan dengan BLTP. Rata-rata MOE pada BL 1 meningkat 1,9 %, BL 2 menurun 2,63 % dan BL 3 menurun 12,83 % jika dibandingkan dengan BLTP. Hasil analisa data dengan *Anova Single Factor*, penambahan plat plastik *Polypropylene* pada balok laminasi mekanik kayu Sengon tidak berpengaruh terhadap peningkatan nilai MOR maupun MOE balok laminasi.
4. Balok laminasi mekanik kayu Sengon dengan perkuatan plat plastik *Polypropylene* tidak dapat digunakan sebagai pengganti kayu dari hutan alam yang berkualitas baik, karena rata-rata kuat lentur tertinggi yaitu pada BL 3 hanya 105,96 kg/cm² < 360 kg/cm², sedangkan dalam buku (P3HH tahun, 2008) kayu dari hutan yang berkualitas baik seperti kayu jabon, kayu kapur, kayu kempas, kayu kruing dan kayu matoa kuat lentur patah pada kondisi kayu kering > 360 kg/cm².

G. Saran

Agar terus berkembangnya penelitian tentang balok kayu laminasi maka disarankan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis perekat yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis kayu yang lain.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis plastik yang lain, misal dari biji plastik limbah yang di daur ulang jadi plat plastik.
4. Pada proses pembuatan benda uji haruslah teliti dan hati-hati agar benda uji sempurna.

H. Daftar Pustaka

- Abdurachman, N., H., 2005, *Kekuatan dan Kekakuan Balok Laminasi dari Dua Jenis Kayu Kurang Dikenal*, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 23 : 87-100, Surakarta.
- Bowyer, J., H., 2007, *Forest Products and Wood Science An Introduction Fifth edition*, Iowa State Press, United State of America.
- Haygreen, J.,G., dan J.,L., Bowyer, 1993, *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Suatu Pengantar. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kollman, F., dan Cote, Jr., 1968, *Principles of Woods Science and Technology I*, Solid Wood, Springer-Verlag, New York.
- Moody R.,C., Hernandez R, Liu JY. 1999. *Glued structural members*. Di dalam: *Wood and Handbook, Wood as Engineering Material*. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Product Laboratory.
- Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia. 2008, (P3HH) Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, *Indonesian Sawmill and Woodworking Association* (ISWA) ITTO Project Pd 286/04, Jakarta.
- Setyawati., D ., dkk., 2005, *Pengembangan Papan Komposit Berkualitas Tinggi dari Sabut Kelapa dan Polypropylene Daur Ulang (I): Suhu dan Waktu Kempa Panas*, Jurnal Teknologi Hasil Hutan XVIII (2). 91-101.
- Standart Test Methods for Evaluating Properties of Lumber and Woods-Base Structural*, 2002, ASTM D 4761-02, ASTM International West Conshohocken, PA, www.astm.org.
- Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials*, 1992, ASTM D 4442-92, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
- Sugiharto, T., 2009, *Analisis Varians*, Buku ajar, Universitas Gunadarma.
- Syarief et al, 1989, *Tekhnologi Penyimpanan Pangan*, Arcan, Jakarta.
- Timoshenko dan Gere, 1996, *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Keempat*, Erlangga, Jakarta.