

Kekuatan Tekan Sejajar Serat dan Tegak Lurus Serat Kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*)

Yosafat Aji Pranata

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Suria Sumantri 65 Bandung 40164, Jawa Barat, E-mail: yosafat.ap@gmail.com

Bambang Suryoatmono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciembuleuit 94 Bandung 40141, E-mail: suryoat@yahoo.com

Abstrak

Kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*) termasuk salah satu kayu dengan kekuatan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tekan sejajar serat dan tegak lurus serat kayu Ulin dengan pengujian eksperimental. Hasil yang diperoleh adalah kekuatan tekan sejajar serat pada beban proporsional sebesar 50,53 MPa (deviasi standar 11,35 MPa dan koefisien variasi 22,47%), kekuatan tekan sejajar serat pada beban ultimit 55,64 MPa (deviasi standar 11,17 MPa dan koefisien variasi 20,07%), kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban proporsional sebesar 20,26 MPa (deviasi standar 2,10 MPa dan koefisien variasi 10,31%), dan kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban ultimit 29,74 MPa (deviasi standar 4,62 MPa dan koefisien variasi 15,52%). Modulus elastisitas tekan sejajar serat yang diperoleh sebesar 10155,05 MPa, dan modulus plastisitas tekan sejajar serat sebesar 1317,83 MPa. Modulus Elastisitas tekan sejajar serat yang diperoleh sebesar 1381,84 MPa, dan modulus plastisitas tekan tegak lurus serat sebesar 195,77 MPa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan ilmiah untuk basis data sifat mekanika kayu Indonesia dan khususnya untuk perencanaan komponen struktur tekan dan lentur.

Kata-kata Kunci: Tekan sejajar serat, Tekan Tegak Lurus Serat, Ulin, Beban proporsional, beban ultimit.

Abstract

Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*) is one of wood species with high strength. This study aims to obtain the compressive strength parallel and perpendicular to the grain carry by experimental tests. The result obtained are the compressive strength parallel to the grain at proportional load 50.53 MPa (standard deviation 11.35 and coefficient of variation 22.47%), the compressive strength parallel to the grain at ultimate load 55.64 MPa (standard deviation 11.17 and cov 20.07%), the compressive strength perpendicular to the grain at proportional load 20.36 MPa (standard deviation 2.10 MPa and cov 10.31%), and the compressive strength perpendicular to the grain at ultimate load 29.74 MPa (standard deviation 4.62 MPa and cov 15.52%). Modulus of elasticity compression parallel to the grain obtained from this research is 10155.05 MPa, and modulus of plasticity compression parallel to the grain 1317.83 MPa. Modulus of elasticity compression perpendicular to the grain is 1381.84 MPa, and modulus of plasticity compression perpendicular to the grain is 195.77 MPa. The result is expected to contribute to general scientific data-bases mechanical properties of wood in Indonesia and particularly in the design of the compressive and flexural structural components.

Keywords: Compressive parallel to the grain, Compressive perpendicular to the grain, Ulin, Proportional load, ultimate load.

1. Pendahuluan

Kayu Ulin termasuk salah satu kayu Indonesia yang termasuk berkekuatan tinggi dan banyak dijumpai di Kalimantan. Tinggi pohon ulin pada umumnya mencapai 50 meter dengan diameter hingga 120 cm, dan tumbuh di dataran rendah (www.kidnesia.com). **Gambar 1** memperlihatkan pohon-pohon Ulin yang masih berusia muda.

Berat jenis kayu ulin adalah 1,04 (PTHH, 2004). Pada basis data properti sifat mekanika kayu yaitu Atlas Kayu Indonesia (PTHH, 2004) kekuatan tekan sejajar serat kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*) adalah sebesar 65,24 MPa, sedangkan untuk kekuatan tekan tegak lurus serat belum ada referensinya. Kekuatan lentur kayu Ulin adalah sebesar 109,19 MPa (beban batas proporsional) dan sebesar 140,38 MPa (beban batas ultimit/patah) (PTHH, 2004). Kekuatan tarik kayu Ulin adalah sebesar 2,62 MPa (arah radial) dan sebesar 6,19 MPa (arah tangensial) (PTHH, 2004).



Gambar 1. Pohon Ulin berusia muda (<http://www.kidnesia.com>)

Kekuatan tekan sejajar serat kayu dan tegak lurus serat kayu merupakan dua properti mekanika utama kayu yang sangat diperlukan masing-masing dalam perencanaan komponen struktur tekan (kolom) dan komponen struktur lentur (balok) pada suatu struktur bangunan gedung atau rumah kayu. Mengingat kayu merupakan material ortotropik, yaitu mempunyai properti mekanika yang berbeda pada ketiga arah utama, maka kekuatan tekan kayu pada arah sejajar serat kayu (arah longitudinal) akan berbeda dengan kekuatan tekan kayu pada arah tegak lurus serat kayu (arah radial dan arah tangensial).

Dengan kata lain, dalam kaitan dengan perilaku struktural, kayu memiliki kelebihan dan kekurangan. Kayu adalah bahan yang sangat berorientasi dengan properti yang berbeda dalam tiga arah utama. Dalam arah terkuat atau disebut sejajar serat kayu (arah longitudinal), kekakuan dan kekuatannya sangat besar.

Dalam dua arah lain, dalam hal ini adalah arah radial dan tangensial (tegak lurus serat kayu), kayu relatif lunak dan lemah (Persson, 2000).

Kekuatan tekan adalah kekuatan batas yang dapat dicapai kayu ketika komponen kayu tersebut mengalami kegagalan akibat tekan. Dalam perencanaan struktur bangunan kayu berdasarkan beberapa peraturan kayu yang ada pada saat ini, yaitu sebagai antar lain peraturan kayu Amerika Serikat (AWC, 2011) dan peraturan kayu Indonesia (BSN, 2013), sebagai contoh untuk perencanaan komponen struktur tekan (kolom) terdapat parameter properti mekanika berupa kekuatan tekan baik untuk arah sejajar serat kayu maupun arah tegak lurus serat kayu, walaupun dominan adalah tekan sejajar serat kayu. Pada perencanaan komponen struktur lentur (balok) juga diperlukan parameter yang dominan yaitu kekuatan tekan sejajar serat kayu. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua parameter tersebut sangatlah penting.



Gambar 2. Bahan baku kayu Ulin



Gambar 3. Alat ukur kadar air dan beberapa contoh benda uji

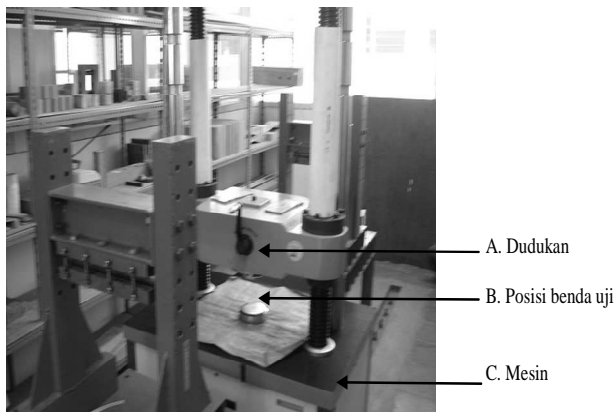
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tekan sejajar serat kayu dan kekuatan tekan tegak lurus serat kayu untuk jenis kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*) dengan melakukan pengujian eksperimental di laboratorium. Metode pengujian menggunakan standar ASTM D143 (ASTM, 2008) dimana untuk pengujian tekan sejajar serat kayu menggunakan ukuran penampang 50x50 mm² dengan panjang 200 mm, sedangkan untuk pengujian tekan tegak lurus serat kayu menggunakan ukuran penampang 50x50 mm² dengan panjang 150 mm.

Gambar 2 memperlihatkan bahan baku kayu yang digunakan untuk fabrikasi benda uji, kayu diambil dari hutan kayu di Samarinda. **Gambar 3** memperlihatkan beberapa contoh benda uji yang telah diberi nomor uji, keterangan hasil kajian kadar air (%), serta alat ukur Lignomat. Dalam penelitian ini, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air rata-rata bahan baku kayu Ulin adalah sebesar 13,62%.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Pengujian kekuatan tekan sejajar serat

Gambar 4 memperlihatkan *Universal Testing Machine* (UTM) yang digunakan untuk pengujian eksperimental di laboratorium. Prinsip kerja alat adalah mesin (C) berfungsi untuk menggerakkan benda uji ke atas sesuai dengan beban yang diaplikasikan pada benda uji,



Gambar 4. Alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang digunakan untuk pengujian

sehingga benda uji yang ditempatkan pada lokasi B akan berdeformasi secara vertikal. Dudukan (A) berfungsi untuk menahan benda uji. Dengan adanya dudukan tersebut maka benda uji akan mengalami perpindahan. Riwayat hubungan antara besarnya beban yang diaplikasikan pada benda uji serta perpindahan selanjutnya akan tercatat pada komputer. Pengujian dihentikan apabila benda uji mengalami kegagalan.

Selanjutnya pada **Gambar 5** ditunjukkan benda uji untuk pengujian kekuatan tekan sejajar serat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 500 kN dengan data luaran berupa riwayat kurva hubungan antara beban aksial tekan dengan deformasi aksial. Selanjutnya kurva tersebut dikonversi menjadi kurva hubungan antara tegangan dengan regangan, dimana tegangan (*engineering stress*) adalah gaya aksial tekan dibagi luas penampang awal, sedangkan regangan adalah perubahan panjang (dalam hal ini perpindahan) dibagi dengan panjang awal benda uji. Kecepatan pengujian *crosshead* dengan *strain rate* 0,003 mm/mm per menit atau *displacement rate* 0,6 mm per menit (ASTM, 2008). Penampang dibuat seragam dan ujung-ujung permukaan rata dan horisontal. **Gambar 5** memperlihatkan pengujian salah satu benda uji tekan sejajar serat kayu.

Tegangan normal tekan (σ_c) dihitung dengan **Persamaan 1** (Gere, 2001),

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan P adalah gaya tekan (N) dan A adalah luas penampang awal benda uji. Sedangkan regangan (ϵ_c) dihitung dengan **Persamaan 2** (Gere, 2001), dengan Δ adalah perubahan panjang (perpindahan) dan L_c adalah panjang awal benda uji (200 mm).

$$\epsilon_c = \frac{\Delta}{L_c} \quad (2)$$



Gambar 5. Pengujian tekan untuk benda uji dengan arah serat sejajar serat kayu Ulin

Hubungan antara tegangan dan regangan, atau didefinisikan sebagai modulus elastisitas, adalah merupakan kemiringan kurva hubungan tegangan-regangan pada rentang beban elastik. **Gambar 6** memperlihatkan idealisasi kurva hubungan tegangan-regangan menjadi model bilinear (Pranata et.al., 2013). Pada **Gambar 6**, $F_{c//}$ adalah kekuatan tekan sejajar serat kayu pada kondisi beban batas proporsional, $E_{c//}$ adalah modulus elastisitas tekan sejajar serat kayu, $E_{p//}$ adalah modulus plastisitas tekan sejajar serat kayu, $\epsilon_{cy//}$ adalah regangan pada beban batas proporsional yang dihitung dengan **Persamaan 2** dengan Δ diambil dari nilai deformasi pada saat beban batas proporsional, $\epsilon_{cu//}$ adalah regangan pada beban batas ultimit yang dihitung dengan **Persamaan 2** dengan Δ diambil dari nilai deformasi pada saat beban batas ultimit.

2.2 Pengujian kekuatan tekan tegak lurus serat

Pada **Gambar 7** ditunjukkan benda uji sesuai pedoman ASTM D143 (ASTM, 2008). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dengan data luaran berupa riwayat kurva hubungan antara beban aksial tekan dengan deformasi vertikal. Selanjutnya kurva tersebut dikonversi menjadi kurva hubungan antara tegangan dengan regangan, dengan cara seperti pengujian tekan sejajar serat. Beban bekerja melalui *metal bearing plate* ukuran 50 mm x 50 mm. Kecepatan *crosshead* adalah 0,305 mm per menit (ASTM, 2008). Tegangan normal dan regangan dihitung dengan menggunakan **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**, dengan panjang awal L_c untuk benda uji tekan tegak lurus serat sebesar 50 mm.

Gambar 8 memperlihatkan idealisasi kurva hubungan tegangan-regangan menjadi model bilinear (Pranata et.al., 2013). Pada **Gambar 8**, $F_{c\perp}$ adalah kekuatan tekan tegak lurus serat kayu pada kondisi beban batas proporsional, $E_{c\perp}$ adalah modulus elastisitas tekan tegak lurus serat kayu, $E_{p\perp}$ adalah modulus plastisitas tekan tegak lurus serat kayu, $\epsilon_{cy\perp}$ adalah regangan pada beban batas proporsional yang dihitung dengan **Persamaan 2** dengan Δ diambil dari nilai deformasi pada saat beban

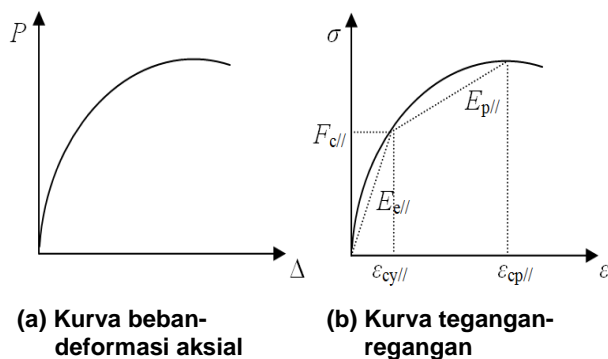
batas proporsional, $\epsilon_{cu\perp}$ adalah regangan pada beban batas ultimit yang dihitung dengan **Persamaan 2** dengan Δ diambil dari nilai deformasi pada saat beban batas ultimit.

2.3 Metode penentuan titik proporsional Yasumura dan Kawai (Munoz dkk., 2010)

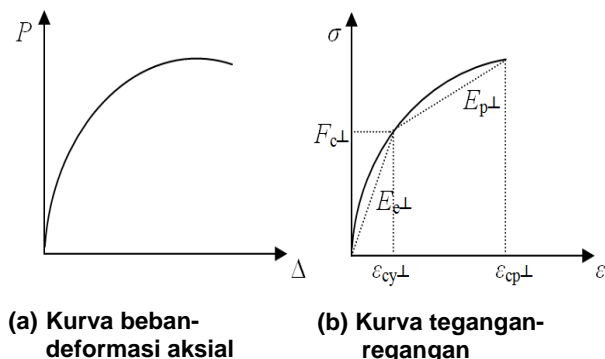
Pengetahuan mengenai metode penentuan titik proporsional sangat penting. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan titik proporsional yaitu antara lain metode Karacabeyli dan Ceccotti, CEN, CSIRO, EEEP, Yasumura dan Kawai, dan Offset 5%. Munoz dkk. menyarankan penggunaan metode Yasumura dan Kawai untuk penentuan beban pada kondisi proporsional untuk material kayu (skematik model penentuan titik proporsional ditampilkan pada **Gambar 9**, yaitu berupa parameter P_y). Pada metode Yasumura dan Kawai, kekakuan inisial yang berupa garis lurus dihitung antara rentang 10-40% beban maksimum. Selanjutnya didefinisikan garis lurus antara dua titik dimana nilai 40% dan 90% beban maksimum. Titik proporsional ditentukan dari pertemuan kedua garis tersebut. Dalam penelitian ini, metode Yasumura dan Kawai digunakan untuk mendapatkan nilai beban batas proporsional (P_y) dan beban batas ultimit (P_u), baik pada pengujian tekan sejajar serat dan tegak lurus serat kayu.



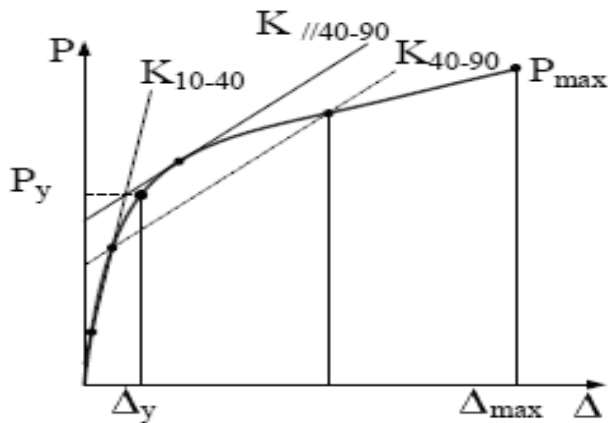
Gambar 7. Pengujian tekan untuk benda uji dengan arah serat tegak lurus serat kayu Ulin



Gambar 6. Idealisasi kurva tegangan-regangan tekan sejajar serat kayu (Pranata et.al., 2013)



Gambar 8. Idealisasi kurva tegangan-regangan tekan tegak lurus serat kayu (Pranata et.al., 2013)



Gambar 9. Metode penentuan titik proporsional cara Yasumura dan Kawai (Munoz et.al., 2010)

2.4 Menentukan nilai desain untuk kekuatan tekan

Properti mekanika kekuatan tekan kayu yang digunakan dalam perencanaan komponen struktur kolom dan balok adalah merupakan hasil konversi data statistik menjadi nilai desain (*design value*). Oleh karena itu dalam menentukan nilai desain, dalam hal ini nilai desain tekan, digunakan acuan referensi ASTM D 2915 (ASTM, 2003), dengan faktor reduksi untuk konversi hasil pengujian laboratorium (data statistik) menjadi properti yang diijinkan (*allowable properties*) untuk kekuatan tekan sejajar serat kayu sebesar 1/1,9 dan untuk kekuatan tekan tegak lurus serat kayu sebesar 1/1,67.

3. Hasil Penelitian Eksperimental dan Pembahasan

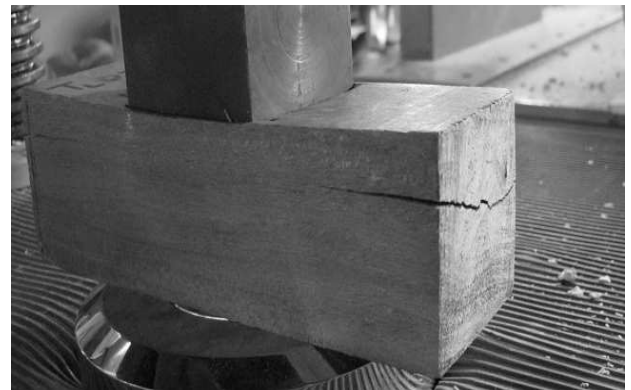
Pada penelitian ini, benda uji tekan sejajar serat kayu berjumlah tujuh benda uji dan benda uji tekan tegak lurus serat kayu berjumlah tujuh benda uji. **Gambar 10.a** memperlihatkan benda uji tekan sejajar serat dan **Gambar 10.b** memperlihatkan benda uji tekan tegak lurus serat kayu Ulin.



(a) Benda uji tekan sejajar serat



(a) Ragam kegagalan benda uji tekan sejajar serat kayu



(b) Ragam kegagalan benda uji tekan tegak lurus serat kayu

Gambar 11. Ragam kegagalan pada benda uji tekan kayu Ulin

Gambar 11.a memperlihatkan ragam kegagalan salah satu (TS02) benda uji tekan sejajar serat kayu, **Gambar 11.b** memperlihatkan ragam kegagalan salah satu (TT02) benda uji tekan tegak lurus serat kayu.

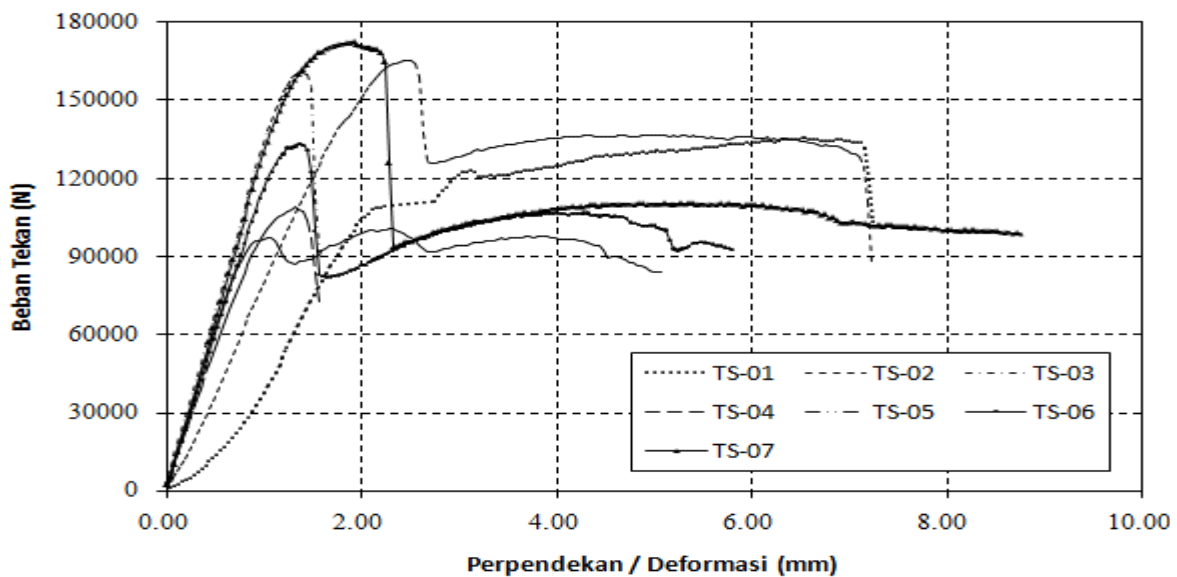


(b) Benda uji tekan tegak lurus serat

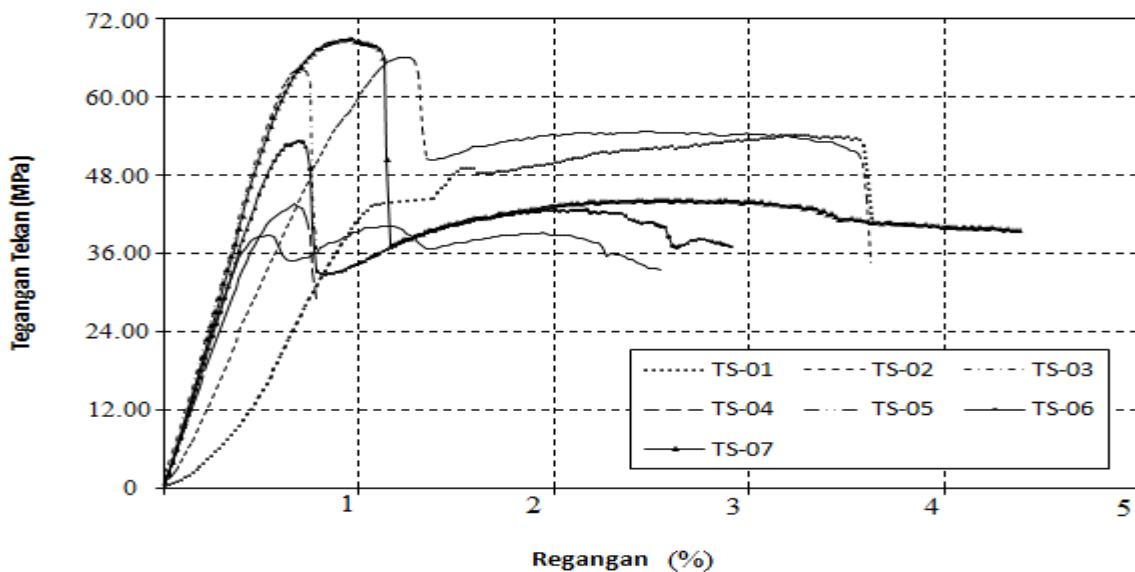
Gambar 10. Benda uji tekan sejajar dan tegak lurus serat kayu Ulin

Hasil pengujian experimental berupa riwayat kurva hubungan antara beban (satuan Newton) dengan deformasi atau perpindahan (satuan mm) untuk ketujuh benda uji tekan sejajar serat kayu ditampilkan pada **Gambar 12** dan untuk pengujian tekan tegak lurus serat kayu ditampilkan pada **Gambar 14**. Sedangkan hasil konversi dari kurva hubungan beban-deformasi menjadi kurva hubungan tegangan-regangan selengkapnya ditampilkan pada **Gambar 13** untuk tekan sejajar serat untuk dan **Gambar 15** untuk tekan tegak lurus serat. Pengertian tegangan disini adalah *engineering stress* dimana luas penampang dianggap konstan dan diukur pada kondisi mula-mula sebelum pengujian, sedangkan regangan dihitung dari perubahan panjang (perpendekan atau deformasi) dibagi dengan panjang mula-mula benda uji.

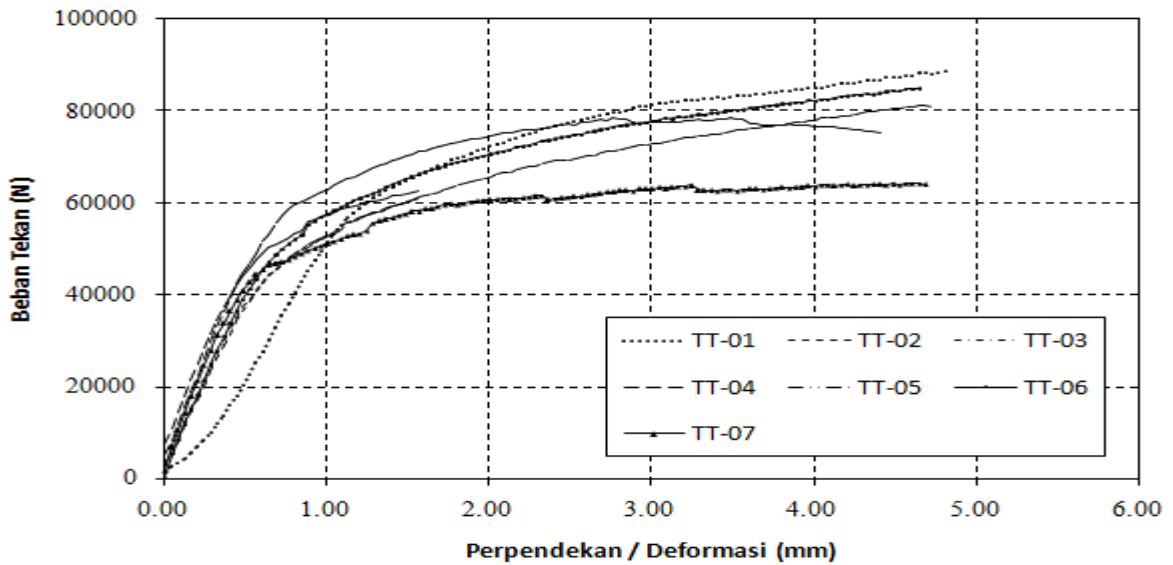
Hasil perhitungan dalam menentukan titik proporsional berdasarkan metode Yasumura dan Kawai, sebagai contoh untuk benda uji TS-02 (benda uji tekan sejajar serat kayu) dan benda uji TT-02 (benda uji tekan tegak lurus serat kayu) selengkapnya masing-masing ditampilkan pada **Gambar 16** dan **Gambar 17**. Penjelasan hasil perhitungan beban pada batas proporsional menggunakan metode Yasumura dan Kawai untuk menentukan K_{10} , K_{40} , K_{90} , beban batas proporsional dan beban batas ultimit, sebagai contoh untuk benda uji tekan sejajar serat TS-02 dan benda uji tekan tegak lurus serat TT-02 selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.



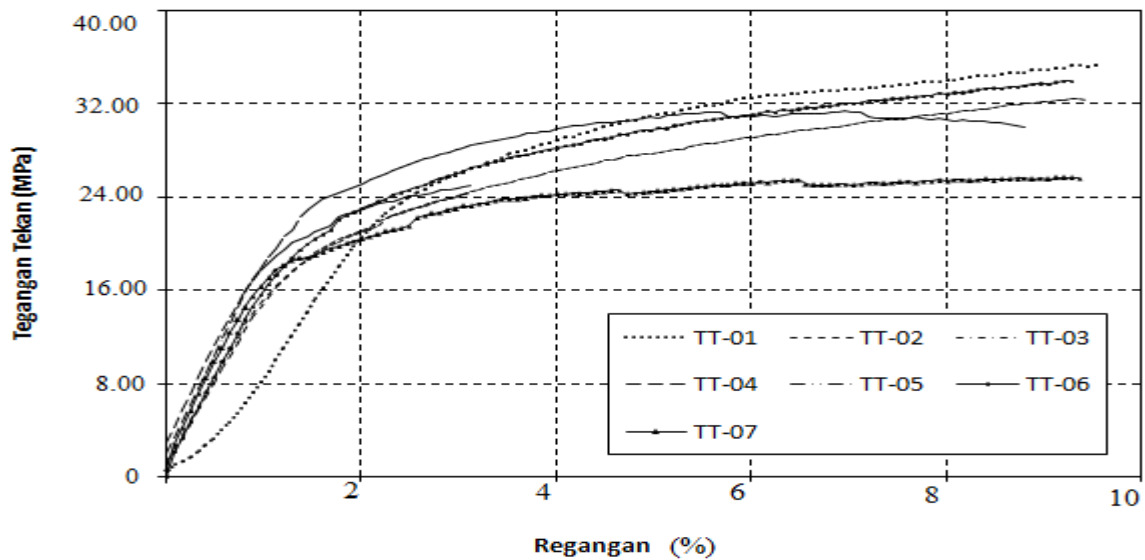
Gambar 12. Hasil pengujian eksperimental tekan sejajar serat kayu Ulin



Gambar 13. Kurva hubungan tegangan dan regangan tekan sejajar serat kayu Ulin



Gambar 14. Hasil pengujian eksperimental tekan tegak lurus serat kayu Ulin



Gambar 15. Kurva hubungan tegangan dan regangan tekan tegak lurus serat kayu Ulin

Hasil pembahasan pengujian tekan sejajar serat dan tegak lurus serat kayu Ulin selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 1** (uji tekan sejajar serat kayu) dan **Tabel 2** (uji tekan tegak lurus serat kayu). P_y adalah beban pada kondisi batas proporsional, sedangkan P_u adalah beban pada kondisi batas ultimit. Untuk pengujian tekan sejajar serat, beban ultimit diambil dari nilai beban maksimum. Sedangkan untuk pengujian tekan tegak lurus serat, beban ultimit diambil dari nilai beban pada kondisi deformasi 5 mm, dengan pertimbangan bahwa pada pengujian tekan arah tegak lurus serat, kayu mempunyai kecenderungan memadat sehingga kurva beban-deformasinya akan meningkat secara terus menerus.

Tabel 1. Perhitungan K_{10} , K_{40} , K_{90} , Batas proporsional dan Batas ultimit Benda Uji TS-02

| Parameter | P (N) | Δ (mm) |
|--------------------|-----------|---------------|
| K_{10} | 15356,50 | 0,24 |
| K_{40} | 61426,00 | 0,77 |
| K_{90} | 148582,80 | 1,96 |
| Batas proporsional | 153565,00 | 2,04 |
| Batas ultimit | 165092,00 | 2,44 |

Tabel 2. Perhitungan K_{10} , K_{40} , K_{90} , Batas proporsional dan Batas ultimit Benda Uji TT-02

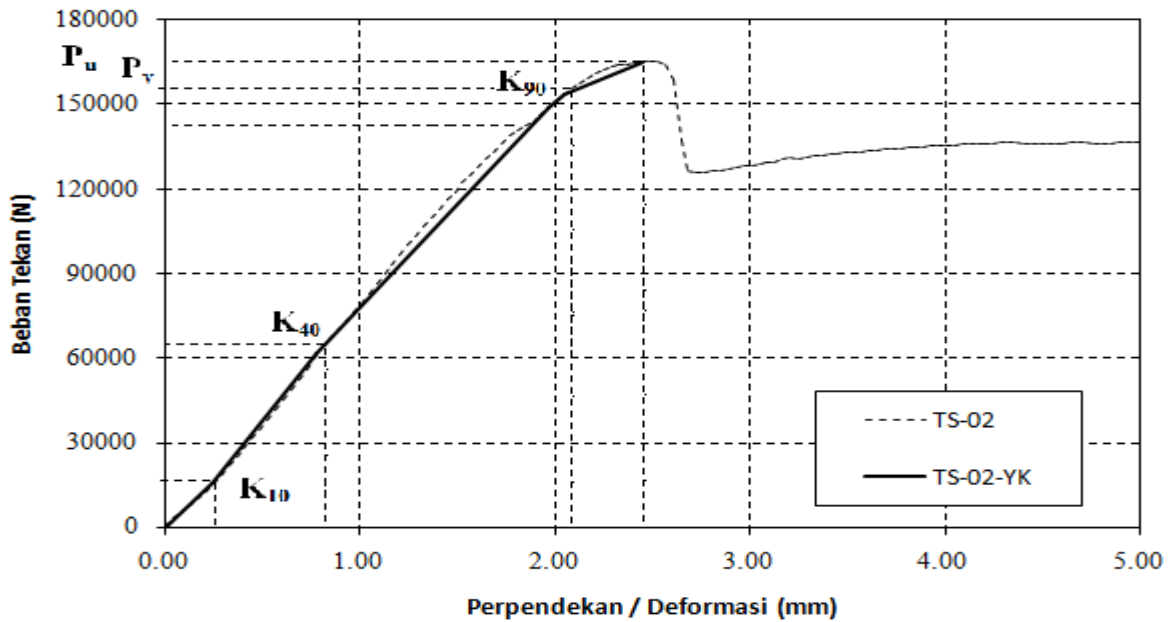
| Parameter | P (N) | Δ (mm) |
|--------------------|----------|---------------|
| K_{10} | 8089,80 | 0,08 |
| K_{40} | 32359,20 | 0,40 |
| Batas proporsional | 46764,00 | 0,72 |
| K_{90} | 72808,20 | 2,88 |
| Batas ultimit | 80898,00 | 4,72 |

Tabel 3. Hasil pengujian tekan sejajar serat kayu Ulin

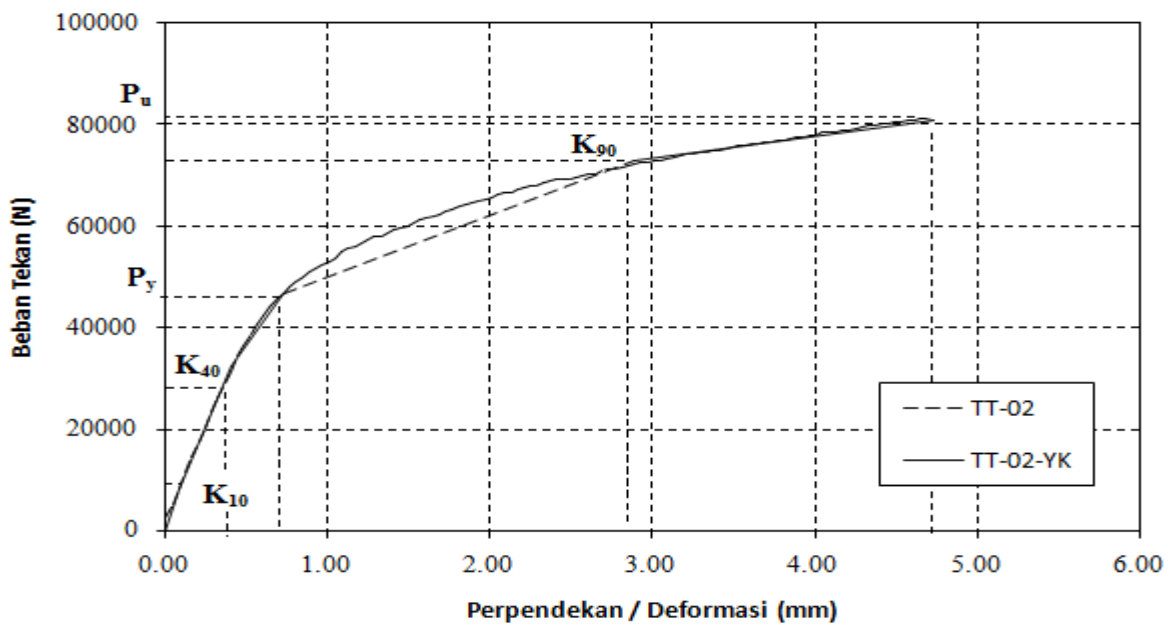
| Benda Uji | P_y (N) | Δ_y (mm) | P_u (N) | Δ_u (mm) |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| TS-01 | 103760,00 | 2,00 | 135216,00 | 5,65 |
| TS-02 | 153565,00 | 2,04 | 165092,00 | 2,44 |
| TS-03 | 149690,00 | 1,20 | 160383,00 | 1,44 |
| TS-04 | 100783,00 | 1,04 | 108037,00 | 1,40 |
| TS-05 | 90919,00 | 0,60 | 100606,00 | 2,28 |
| TS-06 | 125548,00 | 1,12 | 132959,00 | 1,44 |
| TS-07 | 159942,00 | 1,26 | 171473,00 | 1,96 |

Tabel 4. Hasil pengujian tekan tegak lurus serat kayu Ulin

| Benda Uji | P_y (N) | Δ_y (mm) | P_u (N) | Δ_u (mm) |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| TT-01 | 55097,00 | 1,08 | 88594,00 | 4,80 |
| TT-02 | 46764,00 | 0,72 | 80898,00 | 4,72 |
| TT-03 | 46528,00 | 0,68 | 61091,00 | 1,56 |
| TT-04 | 48848,00 | 0,60 | 62474,00 | 1,52 |
| TT-05 | 58506,00 | 0,80 | 78470,00 | 3,56 |
| TT-06 | 55254,00 | 0,80 | 84964,00 | 4,60 |
| TT-07 | 45385,00 | 0,60 | 64029,00 | 4,68 |



Gambar 16. Penentuan titik proporsional untuk hasil pengujian benda uji TS-02



Gambar 17. Penentuan titik proporsional untuk hasil pengujian benda uji TT-02

Hasil-hasil pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, **Tabel 3**, dan **Tabel 4** selanjutnya diolah menjadi parameter kekuatan tekan, hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 5** (kekuatan tekan sejajar serat) dan **Tabel 6** (kekuatan tekan tegak lurus serat). Kekuatan tekan sejajar serat pada beban batas proporsional diberi notasi $F_{c//}$, kekuatan tekan sejajar serat pada beban batas ultimit diberi notasi $F_{cu//}$, kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban batas proporsional diberi notasi $F_{c\perp}$, dan kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban batas ultimit diberi notasi $F_{cu\perp}$.

Tabel 5. Kekuatan tekan sejajar serat kayu Ulin

| Benda Uji | $F_{c//}$ (MPa) | $\epsilon_{c//}$ (%) | $F_{cu//}$ (MPa) | $\epsilon_{cu//}$ (%) |
|-------------------|-----------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| TS-01 | 41,50 | 1,00 | 54,09 | 2,83 |
| TS-02 | 61,43 | 1,02 | 66,04 | 1,22 |
| TS-03 | 59,88 | 0,60 | 64,15 | 0,72 |
| TS-04 | 40,31 | 0,52 | 43,21 | 0,70 |
| TS-05 | 36,37 | 0,30 | 40,24 | 1,14 |
| TS-06 | 50,22 | 0,56 | 53,18 | 0,72 |
| TS-07 | 63,98 | 0,63 | 68,59 | 0,98 |
| Rata-rata | 50,53 | 0,66 | 55,64 | 1,19 |
| Deviasi standar | 11,35 | | 11,17 | |
| Koefisien variasi | 0,2247 | | 0,2007 | |

Tabel 6. Kekuatan tekan tegak lurus serat kayu Ulin

| Benda Uji | $F_{c\perp}$ (MPa) | $\epsilon_{c\perp}$ (%) | $F_{cu\perp}$ (MPa) | $\epsilon_{cu\perp}$ (%) |
|-------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| TT-01 | 22,04 | 2,16 | 35,44 | 9,60 |
| TT-02 | 18,71 | 1,44 | 32,36 | 9,44 |
| TT-03 | 18,61 | 1,36 | 24,44 | 3,12 |
| TT-04 | 19,54 | 1,20 | 24,99 | 3,04 |
| TT-05 | 23,40 | 1,60 | 31,39 | 7,12 |
| TT-06 | 22,10 | 1,60 | 33,99 | 9,20 |
| TT-07 | 18,15 | 1,20 | 25,61 | 9,36 |
| Rata-rata | 20,26 | 1,51 | 29,74 | 7,27 |
| Deviasi standar | 2,10 | | 4,62 | |
| Koefisien variasi | 10,31 | | 15,52 | |

Dari hasil yang diperoleh pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**, selanjutnya dapat dihitung modulus elastisitas, modulus plastisitas, serta nilai desain untuk kekuatan tekan sejajar serat kayu dan tegak lurus serat kayu dengan acuan referensi ASTM D2915 (ASTM, 2003). Hasil perhitungan modulus elastisitas sejajar serat ($E_{c//}$) adalah sebesar 10155,05 MPa dan modulus plastisitas ($E_{p//}$) adalah sebesar 1317,83 MPa. Hasil perhitungan modulus Elastisitas tegak lurus serat ($E_{c\perp}$) adalah sebesar 1381,84 MPa dan modulus plastisitas ($E_{p\perp}$) adalah sebesar 195,77 MPa. Sedangkan hasil perhitungan nilai desain selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 7**. Nilai desain dalam penelitian ini diperhitungkan dengan jumlah benda uji terbatas yaitu benda uji tekan sejajar serat dan tegak lurus serat masing-masing sebanyak 7 (tujuh) benda uji, sehingga tidak mengacu pada jumlah benda uji yang diperlukan (n) untuk estimasi nilai desain berdasarkan ASTM D2915.

Tabel 7. Nilai Desain untuk kekuatan tekan kayu Ulin

| Parameter | $F_{c//}$ (MPa) | $F_{cu//}$ (MPa) |
|--------------------|-----------------|------------------|
| Batas Proporsional | 26,59 | 12,13 |
| Batas Ultimit | 29,28 | 17,53 |

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan tekan sejajar serat kayu Ulin pada beban batas proporsional adalah sebesar 50,53 MPa, dengan deviasi standar sebesar 11,35 MPa dan koefisien variasi sebesar 0,2247.
2. Kekuatan tekan sejajar serat pada beban batas ultimit adalah sebesar 55,64 MPa, dengan deviasi standar sebesar 11,17 MPa dan koefisien variasi sebesar 0,2007.
3. Kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban batas proporsional adalah sebesar 20,26 MPa, dengan deviasi standar 2,10 MPa dan koefisien variasi 0,1031.
4. Kekuatan tekan tegak lurus serat pada beban batas ultimit adalah sebesar 29,74 MPa, dengan deviasi standar sebesar 4,62 MPa dan koefisien variasi sebesar 0,1552.
5. Modulus elastisitas tekan sejajar serat kayu Ulin yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebesar 10155,05 MPa, modulus plastisitas tekan tegak lurus serat sebesar 1317,83 MPa. Modulus plastisitas tekan sejajar serat diperoleh sebesar 1381,84 MPa, sedangkan modulus plastisitas tekan tegak lurus serat sebesar 195,77 MPa.
6. Nilai desain yang direkomendasikan untuk tekan sejajar serat adalah sebesar $F_{c//}$ 26,59 MPa. Sedangkan untuk tekan tegak lurus serat adalah sebesar $F_{c\perp}$ 12,13 MPa.
7. Mengingat pada bank data properti sifat mekanika kayu Indonesia yaitu Atlas Kayu Indonesia (PTHH, 2004) tidak terdapat data properti mekanika kekuatan tekan tegak lurus serat kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*), maka hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif.

5. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih secara tulus kepada Laboratorium Struktur Universitas Katolik Parahyangan atas kesempatan yang diberikan yaitu melalui penggunaan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk kepentingan pembuatan benda uji serta pengujian eksperimental dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pak Teguh, pak Cuncun, dan Johnny Gunawan atas segala bantuannya selama proses pembuatan benda uji dan pengujian eksperimental di laboratorium.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials, 2003, *Standard Practice for Evaluating Allowable Properties for Grades of Structural Lumber ASTM D2915-03*, American Society for Testing and Materials.
- American Society for Testing and Materials, 2008, *Annual Book of ASTM Standards 2008 - Section 4 Volume 04.10 Wood D143*, American Society for Testing and Materials.
- American Wood Council, 2011, *ANSI/NDS-2012 National Design Specification for Wood Construction 2012*, American Wood Council.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *Spesifikasi Desain untuk Kontruksi Kayu SNI 7973:2013*, Badan Standardisasi Nasional.
- Gere, J.M., 2001, *Mechanics of Materials*, Brooks/Cole, Thomson Learning.
- Munoz, W., Mohammad, M., Salenikovich, A., Quenneville, P., 2010, *Determination of Yield Point and Ductility of Timber Assemblies: In Search for a Harmonized Approach*, Engineered Wood Products Association.
- Persson, 2000. *Micromechanical Modelling of Wood and Fibre Properties*, Doctoral Thesis, tidak dipublikasikan, Sweden: Department of Mechanics and Materials, Lund University.
- Pranata, Y.A., Suryoatmono, B., 2013, Nonlinear Finite Element Modeling of Red Meranti Compression at an Angle to the Grain, *Journal of Engineering and Technological Science*, pp 222-240, Volume 45B No 3.
- Puslitbang Teknologi Hasil Hutan, 2004, *Atlas Kayu Indonesia*, Puslitbang Teknologi Hasil Hutan.
- URL: <http://www.kidnesia.com>, diakses pada tanggal 12 Februari 2014.