

# Pengujian Non-destruktif Modulus Elastisitas (MoE) Kayu Penyusun Sambungan Join Balok-Kolom

Yosafat Aji Pranata<sup>1</sup>, Anang Kristianto<sup>2</sup>, Olga Catherina Pattipawaej<sup>3</sup>

Program Studi S-1 Teknk Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha<sup>1,2,3</sup>

yosafat.ap@gmail.com<sup>1</sup>

anang.kristianto@gmail.com<sup>2</sup>

olga.pattipawaej@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

Pengujian non-destruktif menjadi salah satu alternatif metode pengujian untuk mengetahui sifat mekanika kayu, khususnya modulus elastisitas (MoE). Dengan peralatan portabel yang dapat dibawa ke-lapangan, memungkinkan bagi peneliti untuk mempelajari sifat mekanika kayu penyusun bangunan eksisting, serta mempelajari pula kualitas material. Hal ini bermanfaat untuk keperluan investigasi bangunan maupun kaitannya dengan perbaikan bangunan yang telah mengalami penurunan kekuatan akibat pengaruh usia material, serangan hama maupun hal-hal lainnya.

Penelitian ini bertujuan mempelajari sifat mekanika Modulus Elastisitas (MoE) kayu-kayu yang akan digunakan untuk menyusun benda uji Sambungan Parsial Join Balok-Kolom, mengingat MoE merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan kapasitas kekuatan sambungan. Selain itu kegiatan pengujian ini berfungsi pula untuk kontrol kualitas kayu. Ruang lingkup penelitian adalah jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu Meranti dan kayu Rengas, pengujian bersifat non-destruktif dengan parameter yang ditinjau adalah modulus elastisitas (MoE), serta jumlah benda uji untuk masing-masing jenis kayu berjumlah 10 benda uji.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa MoE rata-rata kayu Meranti (*Shorea spp.*) sebesar 9342,38 MPa dengan rentang berkisar antara 4500 MPa s.d. 18949 MPa. Sedangkan MoE rata-rata untuk kayu Mersawa (*Anisoptera spp.*) sebesar 13680 MPa dengan rentang berkisar antara 4924 s.d. 18949 MPa.

Kata Kunci: Non-destruktif, MoE, Meranti, Mersawa, Sambungan join.

## 1. Pendahuluan

Pengujian sifat mekanika maupun sifat fisika material, khususnya kayu, memerlukan perhatian khusus dalam kaitannya dengan investigasi bangunan eksisting, terutama bangunan yang yang berusia cukup tua. Hal ini penting untuk mengetahui kondisi terkini kualitas materialnya. Pengujian destruktif dapat dilakukan di laboratorium dengan alat yang tepat, namun memerlukan sampel uji yang harus disiapkan dan dibawa ke laboratorium untuk diuji. Setelah selesai pengujian, sampel uji tidak dapat digunakan lagi karena pengujian bersifat merusak.

Pengujian non-destruktif menjadi salah satu alternatif metode pengujian untuk mengetahui sifat mekanika kayu, khususnya modulus elastisitas (MoE). Dengan peralatan portabel yang dapat dibawa ke-lapangan, memungkinkan bagi peneliti untuk mempelajari sifat mekanika kayu penyusun bangunan eksisting, serta mempelajari pula kualitas material. Hal ini bermanfaat untuk keperluan investigasi bangunan maupun kaitannya dengan perbaikan

bangunan yang telah mengalami penurunan kekuatan akibat pengaruh usia material, serangan hama maupun hal-hal lainnya.

Ada beberapa alternatif metode pendugaan untuk mengetahui sifat mekanika kayu, dalam hal ini adalah modulus elastisitas. Metode yang umum digunakan selain metode destruktif pengujian eksperimental *clear specimens* di laboratorium, adalah metode non-destruktif dengan alat uji gelombang ultrasonic menggunakan alat *Sylvatest TRIO* (Benoit dan Sandoz, 2011).

Informasi mengenai besarnya beban batas proporsional bermanfaat dalam desain sambungan kayu, dalam hal ini dalam perhitungan tahanan lateral (Z) sesuai SNI 7973:2013 (Badan Standardisasi Nasional, 2013). Dalam perhitungannya, salah satu parameter utama yang digunakan untuk perhitungan faktor aksi kelompok maupun tahanan lateral lateral adalah modulus elastisitas (MoE atau E).

Gambar 1 dan Gambar 2 memperlihatkan contoh sambungan join antara balok dengan kolom pada rumah kayu Minangkabau dan rumah kayu Minahasa. Sistem sambungan yang digunakan adalah menggunakan alat sambung pasak kayu. Tipe sambungan adalah bukan sambungan *rigid*.



Gambar 1. Sambungan join balok-atap dengan tiang (kolom) pada Rumah Kayu Minangkabau. Sumber: dokumentasi pribadi.



Gambar 2. Sambungan join balok dengan kolom rumah kayu Minahasa. Sumber: dokumentasi pribadi.

Gambar 3 memperlihatkan penggunaan alat tersebut untuk pengujian sifat mekanika kayu. Pengujian non-destruktif bermanfaat pula sebagai control kualitas kayu.



Gambar 3. Pengujian nondestruktif kayu dengan Sylvatest TRIO untuk control kualitas kayu (Benoit dan Sandoz, 2011).

## 2. Tujuan dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini bertujuan mempelajari sifat mekanika kayu yaitu Modulus Elastisitas (MoE) kayu-kayu yang akan digunakan untuk menyusun benda uji Sambungan Parsial Join Balok-Kolom, mengingat MoE merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan kapasitas kekuatan sambungan.

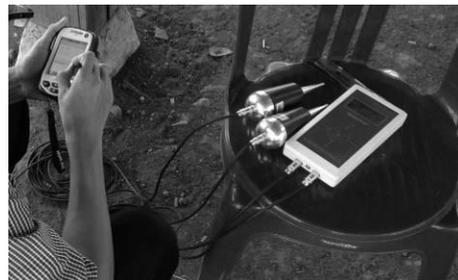
Ruang lingkup penelitian adalah jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu Meranti (*Shorea spp.*) dan kayu Mersawa (*Anisoptera spp.*), pengujian bersifat non-destruktif dengan alat uji Sylvatest TRIO, parameter yang ditinjau adalah modulus elastisitas (MoE), serta jumlah benda uji untuk masing-masing jenis kayu berjumlah 10 benda uji.

Gambar 4 selanjutnya memperlihatkan benda uji kayu penyusun sambungan join balok-kolom yang akan diteliti. Kondisi kayu kering (kering alami) dengan rentang berat jenis berkisar antara 12% s.d. 16%.



Gambar 4. Benda uji kayu penyusun sambungan join balok-kolom.

Gambar 5 memperlihatkan peralatan uji ultrasonik Sylvatest TRIO yang digunakan untuk pengujian. Untuk mengolah data digunakan perangkat lunak bantu Sylvius (CBS-CBT, 2011).



Gambar 5. Peralatan uji ultrasonik Sylvatest TRIO yang digunakan.

## 2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode observasi langsung terhadap benda uji. Prinsip pengumpulan data adalah menggunakan pengujian non-destruktif terhadap seluruh benda uji. Untuk keperluan uji statistik maka dilakukan 20 (dua puluh) kali pengujian pada seluruh benda uji.

## 2.2 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan untuk mengungkap temuan penelitian adalah menggunakan metode statistik yaitu analisis regresi. Hal ini untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas kayu (MoE) untuk masing-masing jenis kayu Meranti (*Shorea spp.*) dan Mersawa (*Anisoptera spp.*).

## 3. Tinjauan Pustaka

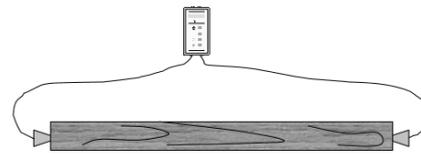
### 3.1 Pengujian Non-Destruktif

CBS-CBT memperkenalkan alat uji non-destruktif pertama kali pada tahun 2000, berdasarkan pengalaman teknologi non-destruktif untuk pengujian kualitas kayu di lapangan. Konsep pengujian non-destruktif ini memberikan kemudahan dan penghematan dalam kaitannya dengan biaya pemeliharaan dan aspek kehandalan suatu struktur bangunan kayu (CBS-CBT, 2011). Dalam rangka untuk mengevaluasi sifat mekanika kayu, khususnya modulus elastisitas (MoE), maka teknik non-destruktif menggunakan ultrasonik dapat digunakan. Metode ini menggunakan bantuan 2 (dua) buah *transduser*, yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima sinyal kecepatan ultrasonik, yang selanjutnya diukur dan diterjemahkan ke dalam bentuk data. Gambar 3 sebelumnya telah memperlihatkan contoh proses evaluasi kualitas kayu.

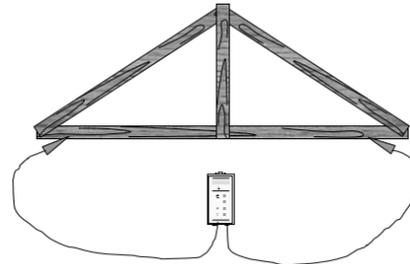
Keuntungan pengujian non-destruktif (CBS-CBT, 2011), yang mana berfungsi pula untuk *grading* mutu kayu, terutama untuk komponen-komponen kayu baik itu untuk pohon yang masih hidup, kayu utuh masih dalam bentuk *log*, bangunan baru maupun bangunan lama yaitu antara lain untuk evaluasi objektif kualitas atau mutu kayu (*grading*), pengetahuan tentang sifat mekanika kayu, perkiraan usia (untuk pohon yang masih hidup), prediksi sisa kekuatan kayu pada suatu komponen struktur bangunan, dan biaya pemeliharaan lebih rendah.

Beberapa metode yang dapat digunakan adalah metode pengukuran langsung (*direct measurement*) pada arah sejajar serat kayu atau longitudinal, metode pengukuran tidak langsung (*indirect measurement*) membentuk sudut  $\pm 30^\circ$

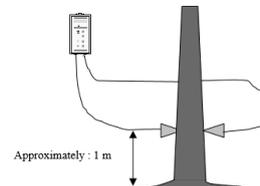
pada arah sejajar serat kayu atau longitudinal, dan metode pengukuran pada arah tegak-lurus arah serat kayu (*radial measurement*).



(a) Metode pengukuran langsung.



(b) Metode pengukuran tidak langsung.



(c) Metode pengukuran tegak-lurus serat.

Gambar 6. Metode pengukuran dengan *Sylvatest TRIO* (CBS-CBT, 2011).

Perhitungan modulus elastisitas (MoE) menggunakan Persamaan 1, yaitu berdasarkan parameter *velocity* gelombang (m/s) sesuai riwayat waktu pengukuran.

$$\text{MoE} = \rho \cdot V^2 \cdot 10^6 \quad (1)$$

Dengan MoE adalah modulus elastisitas (MPa),  $\rho$  adalah berat jenis ( $\text{kg/m}^3$ ), dan  $V$  adalah *velocity* dari gelombang ultrasonik.

Oliveira dkk. (Oliveira dkk., 2002) melalui penelitiannya menyimpulkan beberapa literatur penting terkait pengujian non-destruktif yaitu modulus elastisitas dinamik dan hasil pengujian destruktif yaitu modulus elastisitas statik. Faktor-faktor yang mempengaruhi propagasi gelombang ultrasonik di kayu sifat fisik dari substrat, karakteristik geometris dari spesies (makro dan mikro), kondisi menengah (suhu, kelembaban) dan prosedur yang digunakan untuk pengukuran (frekuensi dan sensitivitas transduser, ukuran, posisi dan karakteristik dinamis peralatan) berdasarkan Bucur dan Böhneke (Bucur dan Böhneke, 1994).

### 3.2 Kayu Meranti dan Kayu Mersawa

Kayu Meranti Merah (*Shorea Roxb* – *Dipterocarpaceae*) mempunyai ciri umum warna

teras sangat heterogen, mulai dari hampir putih, coklat pucat, merah muda, merah jambu, merah kecoklatan, sampai merah tua kecoklatan. Gubal mudah dibedakan, yang umumnya berwarna putih, putih kotor, kekuningan sampai agak coklat muda, dengan tebal 2-8 cm. Corak permukaan biasanya berupa pita pada bidang radial, licin, dan agak mengkilap. Kayu Meranti Merah mempunyai tekstur agak kasar tetapi rata, lebih kasar daripada kayu Meranti Putih dan Meranti Kuning. Arah serat umumnya berpadu, kadang-kadang hampir lurus, dan bergelombang. Kesan raba permukaan kayu licin atau agak licin. Tingkat kekerasan dapat digolongkan lunak sampai agak lunak (Mandang dan Pandit, 1997).

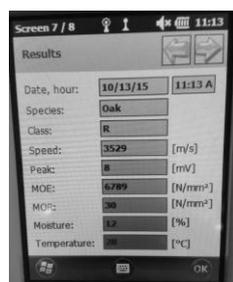
Mersawa (*Anisoptera spp.*) adalah tanaman yang masih termasuk kedalam suku meranti (*Dipterocarpaceae*). Dalam perdagangan kayu digolongkan dalam kelompok Mersawa. Pohon besar, tidak berbanir, tinggi mencapai 45 meter, dan diameter 135 cm. Pepagan berwarna coklat muda, kuning sampai putih kekuningan. Tajuknya kecil, lebat dan bercabang banyak. Daun tunggal berbentuk bundar telur memanjang. Kayu Mersawa Tumbuh pada hutan primer di rawa-rawa atau tanah berpasir dekat pantai, pada ketinggian kurang dari 100 meter di atas permukaan laut. Kayu Mersawa dapat pula tumbuh di tanah liat yang terdapat sepanjang sungai (url: [https:// id.wikipedia.org/ wiki/ Mersawa\\_Tenam](https://id.wikipedia.org/wiki/Mersawa_Tenam)).

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 7 memperlihatkan tampilan data hasil pengujian pada alat baca ultrasonik. Sedangkan Gambar 8 memperlihatkan tampilan hasil olah data MoE kayu dengan perangkat lunak bantu Sylvius.



Gambar 7. Tampilan data hasil pengujian.



Gambar 8. Tampilan hasil olah data MoE.

Selanjutnya Gambar 9 memperlihatkan contoh benda uji sambungan join balok-kolom yang digunakan dalam penelitian ini. Kemudian hasil pengujian non-destruktif selengkapnya ditampilkan pada Tabel 1 untuk hasil pengujian untuk kayu Meranti) dan Tabel 2 untuk hasil pengujian untuk kayu Mersawa).



Gambar 9. Contoh benda uji sambungan join balok-kolom yang diteliti.

Tabel 1: Hasil pengujian kayu Meranti.

Nama Kayu	Data1 (us)	Data2 (m/s)	Panjang (cm)	MoE (MPa)
K.01.RF	40,00	2346,00	19,00	7636,00
K.01.S	38,00	2444,00	19,00	9206,00
K.03.RF	29,00	3175,00	19,00	18949,00
K.04.RF	38,00	2444,00	19,00	9206,00
K.05.RF	39,00	2394,00	19,00	8400,00
K.07.RF	40,00	2346,00	19,00	7636,00
K.09.S	38,00	2444,00	19,00	9206,00
K.10.S	46,00	2056,00	19,00	4500,00

Tabel 2: Hasil pengujian kayu Mersawa.

Nama Kayu	Data1 (us)	Data2 (m/s)	Panjang (cm)	MoE (MPa)
M.01.RF	29,00	3175,00	19,00	18949,00
M.01.S	33,00	2864,00	19,00	13962,00
M.02.RF	29,00	3175,00	19,00	18949,00
M.02.S	44,00	2132,00	19,00	4924,00
M.03.RF	29,00	3157,00	19,00	18949,00
M.03.S	29,00	3264,00	19,00	18949,00
M.04.RF	37,00	2551,00	19,00	10054,00
M.05.RF	29,00	4679,00	19,00	18949,00
M.09.RF	41,00	2299,00	19,00	6908,00
M.10.RF	42,00	2219,00	19,00	6215,00

## 5. Kesimpulan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa MoE rata-rata kayu Meranti (*Shorea spp.*) sebesar 9342,38 MPa dengan rentang berkisar antara 4500 MPa s.d. 18949 MPa. Sedangkan MoE rata-rata untuk kayu Mersawa (*Anisoptera spp.*) sebesar 13680 MPa dengan rentang berkisar antara 4924 s.d. 18949 MPa.

Nilai MoE yang diperoleh dari hasil pengujian dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi terkait sifat mekanika kayu Meranti dan Mersawa, yaitu sebagai salah satu parameter untuk keperluan desain kapasitas sambungan kayu.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh DIKTI melalui Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2005 dengan DIPA 023.04.1.673453/2015, tertanggal 14 November 2014 revisi ke-01 tanggal 3 Maret 2015. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sehingga seluruh kegiatan penelitian dapat berlangsung dengan lancar dan selesai dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih pula pada Jumali dan Roi Milyardi. atas segala bantuan di Laboratorium Struktur Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha, sehingga kegiatan pengujian dapat berjalan dengan lancar.

## Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials. (2008). *Annual Book of ASTM Standards Section Four Construction Wood*, American Society for Testing and Materials
- Badan Standardisasi Nasional (2013). "Spesifikasi Desain untuk Kontruksi Kayu SNI 7973:2013", Badan Standardisasi Nasional.
- Benoit, Y., Sandoz, J.L. (2011). "New Wooden Poles Grading Using Non-Destructive Technology", 21<sup>st</sup> International Conference on Electricity Distribution, Frankfurt, 6-9 June 2011.
- Bucur, V.; Böhnke, I. (1994). "Factors affecting ultrasonic measurements in solid wood", *Ultrasonics*. 32(5):385-390.
- CBS-CBT. (2011), "Sylvatest TRIO User Manual", CBS-CBT.
- Mandang, Y.I., Pandit, I.K.N. (1997). "Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan", Yayasan PROSEA, Bogor dan Puslat Diklat Pegawai dan SDM Kehutanan, Bogor.

- Oliveira, F.G.R., de Campos, J.A.O., Pletz, E., Sales, A. (2002). "Nondestructive Evaluation of Wood Using Ultrasonic Technique", *Maderas, Cienc. Tecnol.* Volume 4 No. 2, pp. 133-139, 2002.
- Puslitbang Teknologi Hasil Hutan. (2004). "Atlas Kayu Indonesia", Puslitbang Teknologi Hasil Hutan.
- URL: [https://id.wikipedia.org/wiki/Mersawa\\_Tenam](https://id.wikipedia.org/wiki/Mersawa_Tenam).