

PENGARUH PENDINGINAN VAKUM TERHADAP KEKUATAN MEKANIK LAPISAN KAYU TERAS DAN GUBAL DARI KAYU KUMEA BATU

Chandra Bhuana¹⁾, Sonong¹⁾

¹⁾Mechanical Engineering Department, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of vacuum pressure change and temperature on wood vacuum drying processes, on the mechanical strength of the core layer and sapwood of kumea stone wood (*manilkarra merrilliana*, H.J.L). The method of achievement is to vary the vacuum pressure of 30 kPa, 65 kPa and 100 kPa, with variations in drying chamber temperature of 50oC, 65oC and 80oC. The dimensions of wood are 25 cm x 2.5 cm x 1.0 cm, both heaters as a convection heat source are installed at the bottom of the wood in the drying chamber. The test was carried out for 200 minutes and every 20 minutes the wood mass was measured. Observation results in the drying chamber, obtained a degree of dryness that varies from wood. Then testing the mechanical strength of wood at the Universal Testing Machine was carried out. The test results were analyzed, so that the flexural strength (MoE) and fracture strength (MoR) of wood were obtained. Testing at a vacuum pressure of 30 kPa and a temperature of 80oC resulted in the greatest flexural strength (MoE) for the core and sap layers, namely 976.73 kg / cm² and 883.71 kg / cm², while the greatest fracture strength (MoR) for the porch and sapwood layers was obtained on testing vacuum pressure 65 kPa and tempur 80oC at 17.87 kg / cm² and 15.91 kg / cm². To produce good flexural strength (MoE) and fracture strength (MoR), vacuum drying of the core layer and sapwood of kumea stone (*manilkarra merrilliana*, H.J.L) must be carried out at a vacuum pressure of 30 kPa and a temperature of 80oC.

Keywords: *kumea stone (manilkarra merrilliana, H.J.L), vacuum pressure, flexural strength (MoE), breaking strength (MoR)*

1. PENDAHULUAN

Kayu adalah bahan yang sering dipergunakan untuk tujuan tertentu dalam kehidupan ini. Pada penggunaan sebagai bahan tertentu, kayu tidak dapat digantikan dengan bahan lain, karena sifatnya yang spesifik. Manusia sebagai pengguna kayu mengetahui setiap jenisnya, dengan sifatnya yang berbeda. Sifat-sifat kayu perlu dikenal lebih mendalam, sehingga dapat dipilih dan ditentukan sesuai dengan kebutuhan serta penggunaannya (Sucipto, 1996). Kayu dapat digunakan sebagai bahan struktur, misalnya untuk konstruksi bangunan, lantai, perabot rumah tangga, alat olahraga dan lain-lain. Pemilihan kayu yang baik untuk penggunaan sebagai bahan struktur, sangat penting diketahui sifat mekanik dari kayu. Pengetahuan mengenai sifat mekanik kayu mengakibatkan dapat dipilih jenis kayu dan kegunaannya yang tepat, tetapi dapat dipilih juga kemungkinan penggantian oleh jenis kayu lainnya, bila jenis kayu tersebut sulit diperoleh secara kontinyu atau harganya terlalu mahal. Pengetahuan mengenai sifat mekanik kayu akan bermanfaat pada proses pengolahan kayu, seperti proses permesinan.

Kayu kumea batu (*manilkarra merrilliana*, HJL) yang merupakan salah satu jenis kayu dari hutan alam Sulawesi. Kayu kumea batu memiliki tekstur halus dan permukaan kayu yang mengkilap. Kayu ini sangat berat dan keras. Kayu ini memiliki mutu pemesian yang sangat baik sehingga cocok digunakan sebagai kayu struktur dengan beban berat untuk perumahan dan perahu, karoseri truk, tiang listrik, mebel, moulding, gagang peralatan, kerajinan dan arang. (Lempang dan Asdar, 2012).

Pengeringan Vakum

Pengeringan vakum adalah pengeringan dengan memberikan tekanan vakum pada ruang pengering yang akan menaikkan beda tekanan uap dipermukaan bahan dengan lingkungannya, sehingga laju pindah massa uap air juga akan meningkat (Tsoumis, 1991). Proses pengeringan kayu pada pengeringan vakum berjalan lebih cepat dibanding proses pengeringan konvensional, karena air di dalam kayu menguap dengan cepat. Pengeringan vakum dilakukan pada tekanan vakum dengan pemberian panas secara konvektif.

Kayu Teras dan Kayu Gubal

Haygreen dan Bowyer (1982) menyatakan bahwa, pengamatan suatu potongan melintang batang bagian tengah yang lebih gelap didekat empulur disebut sebagai kayu teras (*heartwood*), kemudian dikelilingi

¹ Korespondensi penulis: Chandra Bhuana, Telp 081342369805, chandrabhuana@poliupg.ac.id

oleh bagian luar yang lebih terang disebut sebagai kayu gubal (*sapwood*). Di dalam kayu gubal terdapat sel-sel yang hidup. Kayu teras secara fisiologis tidak berfungsi lagi, tetapi hanya menunjang pohon secara mekanis.

Dalam permulaan kehidupan, semua kayu yang dibentuk secara fisiologis aktif akan membentuk kayu gubal, tetapi sesudah batang bertambah diameternya tiap tahun dari lapisan-lapisan kayu gubal baru di luar kayu yang sudah ada. Kayu yang tua di bagian dalam lambat laun berhenti bekerja, kecuali secara mekanis. Kayu ini juga mengalami perubahan-perubahan tertentu lainnya, akibatnya kayu gubal yang lama diubah menjadi kayu teras. Dengan bertambahnya diameter pohon, tebal kayu teras bertambah sedangkan kayu gubal relatif tetap. Akibatnya, pohon-pohon besar biasanya hanya mengandung lapisan luar kayu gubal yang relatif tipis, yang sebagian besar dihilangkan dalam penggergajian kayu bulat menjadi papan-papan dan kayu bangunan (Hunt dan Garrat, 1986).



Gambar 1. Penampang melintang kayu

Penampang sebatang pohon seperti gambar 1 diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kulit luar, bagian ini bersifat kering dan sifatnya sebagai pelindung
2. Kayu gubal (*sapwood*), bagian kayu yang masih muda terdiri dari sel-sel yang masih hidup, yang berfungsi sebagai penyalur cairan dan tempat penimbunan zat-zat makanan.
3. Kayu teras (*heartwood*), bagian jaringan sel yang membentuk kayu keras, yaitu bagian batang yang fungsinya untuk memperkuat batang kayu agar tegar berdiri.
4. Hati kayu (*pitch*), bagian kayu yang terletak pada pusat lingkaran tahun. Biasanya digunakan untuk menentukan jenis suatu pohon.
5. Lingkaran tahun, bagian kayu yang terbentuk pada permulaan dan pada akhir suatu musim. Melalui lingkaran tahun ini dapat diketahui umur suatu pohon.

Modulus Elastis (MoE)

Hukum Hookies menyatakan bahwa kekakuan bahan merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada sebuah kayu didalam batas nilai elastis yang bernilai konstan. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, sedangkan regangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan semula (Haygreen dan Bowyer, 2003). Rasio ini biasa disebut dengan modulus elastisitas atau biasa disebut sebagai Modulus yang disingkat ‘MoE’ atau secara sederhana ‘E’ (Hoedley, 2000). Bentuk persamaan yang digunakan adalah :

$$MoE = \frac{P.L^3}{4.L\Delta f.t^3} (Kg/cm^2) \dots\dots\dots (2-2)$$

- Dimana: MoE = Modulus Elastisitas balok (kg/cm2)
 t =tebal benda uji (cm)
 l = lebar benda uji (cm)
 L = bentang balok (jarak sangga) (cm)
 P = beban yang diberikan sampai batas patah (kg)
 Δf= besarnya gaya defleksi (cm)

Modulus Patah (MoR)

Kekuatan lentur atau sering dikenal dengan istilah Modulus of Rupture (MOR) menentukan kapasitas beban eksternal yang mampu dipikul oleh sebuah balok. Nilai ini dihitung dengan menggunakan persamaan:

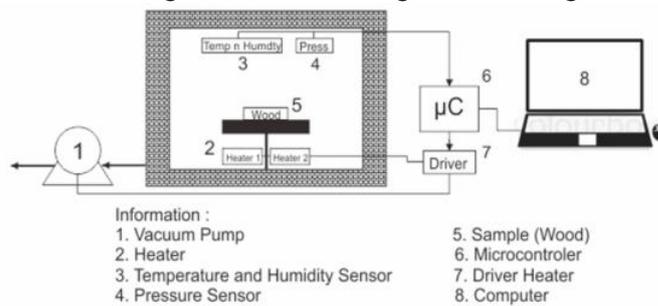
$$MoR = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot l \cdot t^2} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2-3)$$

- Dimana: MoR = Modulus Patah Balok (Kg/cm²)
 t = tebal benda uji (cm)
 l = lebar benda uji (cm)
 L = bentang balok (jarak sangga) (cm).
 P = beban yang diberikan sampai batas patah (kg)

2. MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang pada Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol serta Laboratorium Uji Mekanik.

Desain sistem pengering vakum dengan akuisisi data dapat dilihat pada gambar 3. Dalam melakukan pengujian diperlukan sistem pengujian dan instrumentasi pengujian yang terdiri dari pompa vakum untuk mengeluarkan udara dari ruang pengering, 2 buah heater sebagai sumber panas, sensor temperatur dan tekanan yang digunakan untuk mengatur temperatur dan tekanan vakum selama proses pengujian, bahan uji berupa lapisan kayu teras dan gubal dari kayu kumea batu dengan dimensi (25x2,5x1) cm. Adapun Laptop, mikrokontroler dan pengendali heater digunakan untuk mengatur dan mengendalikan proses pengujian.



Gambar 3. Desain Alat Pengering Vakum

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu

1. Timbang massa kayu dengan timbangan digital dan ukur kadar air kayu dengan menggunakan Moisture Meter. Setiap benda uji kayu harus mempunyai ukuran yang sama dengan toleransi ± 0,5 mm (SNI ISO 3129: 2011).
2. Masukkan benda uji ke dalam ruang pengering, lalu atur tekanan vakum dan temperatur pengujian serta interval waktu pencatatan data pengujian dengan menggunakan akuisisi data.
3. Variasi tekanan vakum adalah 30,65 dan 100 kPa dan temperatur ruang pengering divariasikan sebanyak 3 kondisi yaitu, 50, 65, dan 80°C.
4. Pengeringan berlangsung selama 200 menit dengan metode tidak kontinyu, dimana tiap interval 20 menit dilakukan penimbangan.
5. Lakukan langkah 4 secara terus menerus sampai lama pengeringan 200 menit tercapai.
6. Ulangi langkah 1 – 5 hingga variasi tekanan vakum dan temperatur ruang pengering selesai di uji secara keseluruhan.

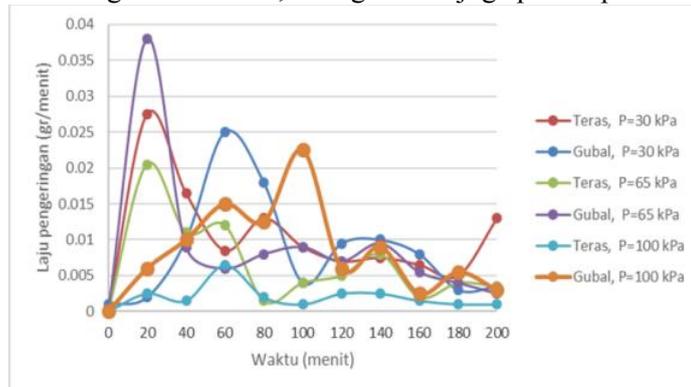
Setiap kayu yang selesai dikeringkan, dilakukan uji mekanik pada laboratorium uji mekanik dengan menggunakan Universal Testing Machine.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

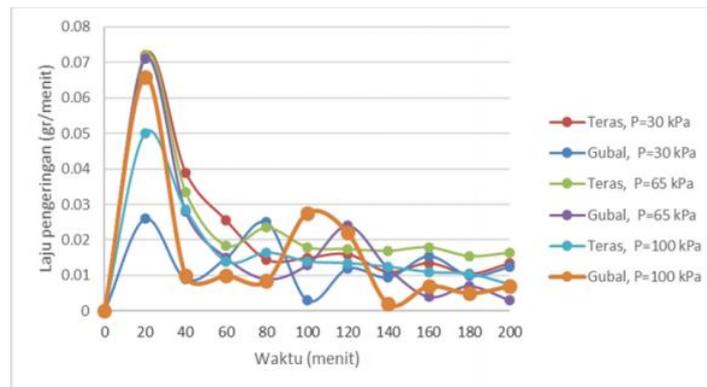
Pengeringan vakum mengakibatkan terjadinya perpindahan massa air dari rongga kayu ke permukaan kayu dan dari permukaan kayu ke sekeliling ruang pengering [2]. Perubahan kadar air kayu diakibatkan oleh besarnya laju perpindahan massa air akibat beda tekanan dan temperatur didalam kayu dengan dipermukaan kayu. Laju pengeringan yang tinggi pada pengeringan vakum mengakibatkan besarnya persentase perubahan

massa. Gambar 3-5 memperlihatkan efektivitas laju pengeringan yang tinggi terjadi pada kondisi awal pengujian hingga 40 menit pengujian berlangsung. Hal ini disebabkan oleh masih banyaknya kandungan air didalam rongga kayu, hingga mengakibatkan besarnya perpindahan massa air yang keluar dari dalam rongga kayu ke permukaan kayu [3].

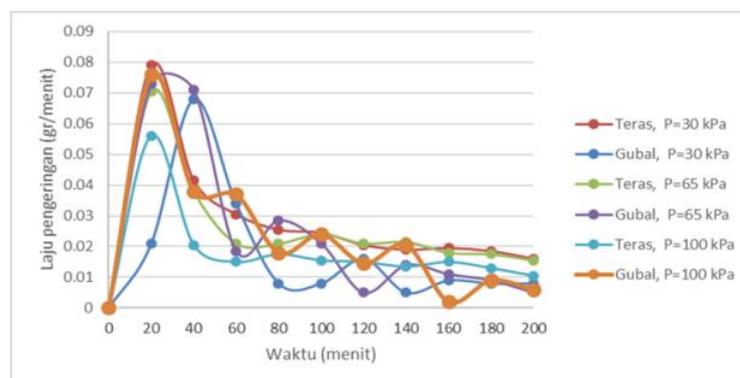
Kondisi ini terjadi pada semua lapisan kayu, baik itu lapisan teras maupun gubal serta semua variasi tekanan vakum dan tempratur. Setelah proses pengeringan berlangsung selama 40 menit garis kurva laju pengeringan semakin landai. Laju pengeringan tertinggi terjadi pada 20 menit pertama pengeringan sebesar 0,079 gr/menit dengan rata-rata 0,0292 gr/menit pada tekanan vakum 30 kPa dan tempratur 80 °C pada lapisan teras. Sedangkan laju pengeringan terkecil pada 20 menit pertama, terjadi pada tekanan 100 kPa dan tempratur 35 °C sebesar 0.0025 gr/menit dengan rata-rata 0,0023 gr/menit juga pada lapisan teras.



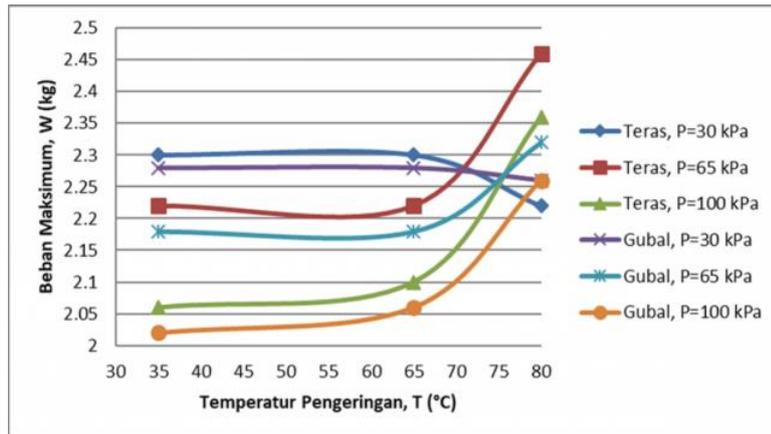
Gambar 3. Hubungan Waktu Pengeringan terhadap Laju Pengeringan Kayu pada Temperatur 35°C dengan Variasi Tekanan



Gambar 4. Hubungan Waktu Pengeringan erhadap Laju Pengeringan Kayu pada Temperatur 65°C dengan Variasi Tekanan

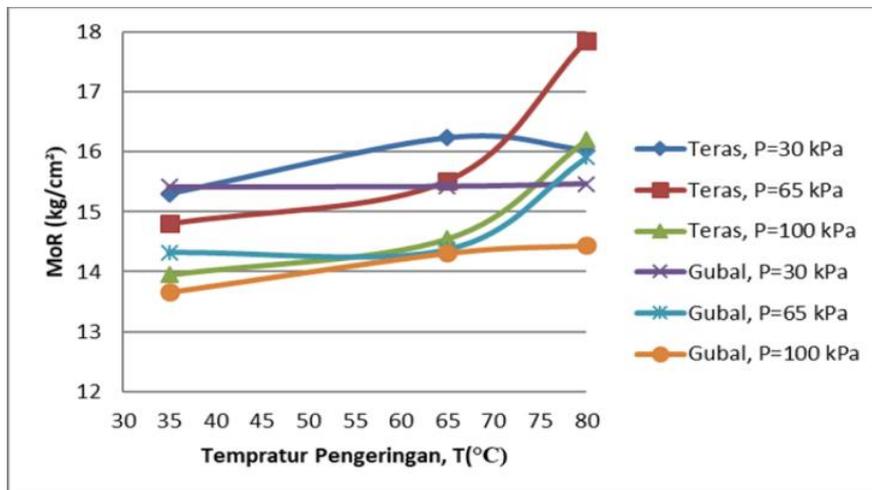


Gambar 5. Hubungan Waktu Pengeringan terhadap Laju Pengeringan Kayu pada Temperatur 80°C dengan Variasi Tekanan

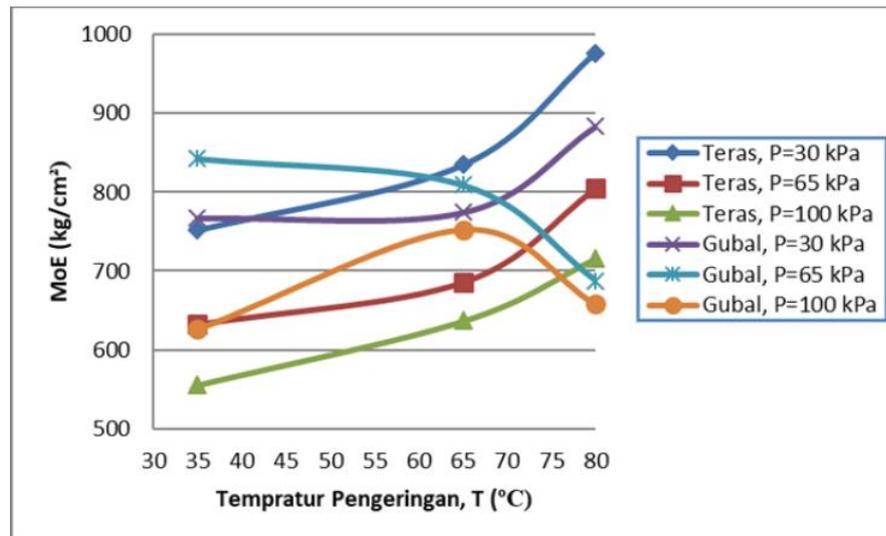


Gambar 6. Hubungan Temperatur Pengeringan terhadap Beban Maksimum dengan Variasi Tekanan

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian mekanik dari kayu kumea batu yang telah dikeringkan dengan menggunakan Universal Machine Test. Hasil pengujian memperlihatkan hubungan beban maksimum dengan temperatur ruang pengering pada berbagai variasi tekanan vakum. Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa, pada tekanan 30 kPa untuk lapisan teras dapat menahan beban maksimum yang lebih besar dibanding tekanan dan lapisan kayu lainnya, hanya pada temperatur 80°C kemampuan menahan bebannya berkurang. Kondisi ini disebabkan oleh besarnya retak yang terjadi akibat besarnya laju pengeringan. Temperatur 80°C berada jauh di atas temperatur penguapan tekanan 30 kPa (gambar 4). Kadar air yang rendah pada pengeringan lapisan teras kayu kumea batu dengan tekanan vakum 30 kPa dan temperatur 35°C serta 65°C, mengakibatkan meningkatnya kemampuan menahan beban tekan sebesar ±3% dibanding lapisan kayu dan tekanan yang lain pada temperatur yang sama. Akibat meningkatnya kemampuan menahan beban tekan, terjadi juga peningkatan terhadap nilai keteguhan patah (MoR) sebesar 11% (Gambar 7) pada lapisan teras untuk tekanan 30 kPa, dibanding lapisan kayu dan tekanan yang lain.



Gambar 7. Hubungan Temperatur Pengeringan terhadap MoR dengan Variasi Tekanan



Gambar 8. Hubungan Temperatur Pengeringan terhadap MoE dengan Variasi Tekanan

Beban maksimum yang besar akibat kandungan air yang kecil, berdampak pada kecilnya defleksi yang dihasilkan, sehingga nilai keteguhan lengkung statis (*MoE*) bertambah sebesar 25% pada pengeringan dengan tekanan vakum 30 kPa pada lapisan teras dibanding dengan lapisan kayu dan tekanan vakum yang lain (Gambar 8).

4. KESIMPULAN

Hasil analisa diperoleh kekuatan lentur (*MoE*) dan kekuatan patah (*MoR*) kayu. Pengujian pada tekanan vakum 30 kPa dan temperatur 80°C menghasilkan kekuatan lentur (*MoE*) terbesar untuk lapisan teras dan gubal yaitu 976,73 kg/cm² dan 883,71 kg/cm², sedangkan kekuatan patah (*MoR*) yang terbesar untuk lapisan teras dan gubal diperoleh pada pengujian tekanan vakum 65 kPa dan temperatur 80°C sebesar 17,87 kg/cm² dan 15,91 kg/cm². Untuk menghasilkan kekuatan lentur (*MoE*) sekaligus kekuatan patah (*MoR*) yang baik, maka pengeringan vakum lapisan teras dan gubal dari kayu kumea batu (*manilkarra merrilliana*, H.J.L) harus dilakukan pada tekanan vakum 30 kPa dan temperatur 80°C.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Budianto. Sistem Pengeringan Kayu. Jakarta: Kanisius. (1996).
- Chen, Z., F. M. Lamb. A Vacuum drying System for Green Hardwood Parts. *Drying Technology* Vol. 22, No.3, pp. 577-595. Tsukuba, Japan. (2001) 116-121.
- Chen, Z., F. M. Lamb. The Primary driving force in wood vacuum drying. *Proceeding of 7th IUFRO wood drying conference*. Tsukuba, Japan. (2001) 116-121.
- Hygreen dan Bowyer. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar. Dialih Bahasakan oleh Sutjipto A. Hadikusumo. UGM Press. Jogjakarta. 1996.
- Jung, H.S. Comparison of Vacuum Drying Characteristics of Red Pine Square Timber Using Different Heating Methods. *International IUFRO Wood Drying Conference; 8th*. (2003).
- Lempang, M. and Asdar M. Anatomical structure, physical and mechanical properties of kumea wood. *Journal of Forest Observation Yielding*. 26 (2008) 138-147.
- anshin, A. J., Zeeuw., *Textbook of Wood Technology*. (1980).14 ed. McGraw-Hill.