

PENGARUH ASETILASI TERHADAP PENYERAPAN UAP AIR PADA DUA JENIS KAYU TROPIS (*Effect of Acetylation on Water Adsorption of Two Tropical Wood Species*)

Oleh / By:

Krisdianto¹

¹Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gn. Batu No.5 Bogor 16610, Telp. 0251-8633378,8633413

Diterima 9 Maret 2012, disetujui 12 April 2012

ABSTRACT

Acetylation is an esterification process that aiming to replace hydroxyl groups with acetyl groups in the wood. The existence of acetyl group is expected to reduce water adsorption and stabilize wood dimension consequently. This study examined water adsorption on the two acetylated tropical wood species i.e. Anthocephalus chinensis and Calophyllum sp. Using isotherm method. The results show that water adsorption in wood of Anthocephalus is effectively reduced even at the smallest weight percentage gain, while in Calophyllum sp., it is effectively reduced at 10% weight percentage gain. The water adsorption varies by the relative humidity and it forms sigmoid model from the lowest (11%) to the highest (97%) of humidity.

Keywords: Acetylation, tropical wood, hygroscopic, water adsorption

ABSTRAK

Proses asetilasi bertujuan mensubstitusi gugus hidroksil dalam kayu dengan gugus asetil. Dengan meningkatnya gugus asetil dalam kayu diharapkan mampu mengurangi kemampuan kayu menyerap molekul air sehingga dimensi kayunya menjadi lebih stabil. Penelitian ini bertujuan mempelajari penyerapan uap air pada kayu yang sudah diasetilasi. Studi dilakukan terhadap dua jenis kayu tropis yaitu: *Anthocephalus chinensis* dan *Calophyllum* sp. Pengujian penyerapan uap air dilakukan dengan metode isotherm menggunakan desikator dan larutan yang memiliki sifat higroskopis. Hasilnya menunjukkan bahwa kayu *Anthocephalus* yang diasetilasi secara efektif mampu mengurangi penyerapan uap air walaupun pada tingkat penambahan berat yang paling rendah. Pada kayu *Calophyllum* sp. penyerapan uap air berkurang secara nyata pada penambahan berat 10%. Penyerapan uap air bervariasi tergantung dari kelembaban kondisi pengujian dan membentuk model sigmoid dari kelembaban terendah (11%) sampai tertinggi (97%).

Kata kunci: Asetilasi, kayu tropis, higroskopis, penyerapan, uap air

I. PENDAHULUAN

Asetilasi merupakan proses modifikasi kayu yang bertujuan mensubstitusikan gugus hidroksil pada lignin dan holoselulosa kayu dengan gugus asetil (Rowell *et al.*, 1994). Proses asetilasi terdiri

atas dua langkah, yaitu proses penetrasi larutan ke dalam kayu secara impregnasi maupun difusi dan reaksi kimia dengan pemanasan untuk menggantikan gugus hidroksil dengan gugus asetil (Rowell, 2006).

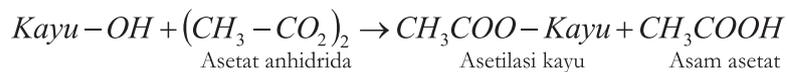
Proses asetilasi kayu pertama kali dilakukan oleh Fuchs pada tahun 1928 dengan mengguna-

kan larutan asetat anhidrida dan asam sulfat sebagai katalisnya. Penambahan berat mencapai lebih dari 40% merupakan indikasi dekrystalinisasi selulosa yang menurunkan kualitas kayu (Rowell, 2006). Suida dan Titsch (1928) dalam Rowell *et al.* (1994) melakukan asetilasi pada serbuk kayu *Beech* dan *Pinus* dengan piridina sebagai katalis. Hasilnya menunjukkan adanya penambahan berat 30-35%, namun pemanasannya dalam oven 100°C membutuhkan waktu lebih lama, yaitu 15-35 hari.

Teknologi asetilasi terkini dikembangkan oleh *Forest Products Laboratory* (FPL) Amerika dan *Chalmers University of Technology*, Swedia menggunakan gelombang mikro. Waktu pemanasan dapat diperpendek, sehingga kekuatan kayu tidak berkurang. Namun, penambahan beratnya relatif rendah (10-15%) dan reaksinya tidak merata. Hal ini disebabkan

perbedaan reaksi antara permukaan dan bagian dalam kayu menyebabkan kayunya mengalami pecah retak. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan jadwal yang ketat antara waktu dan pemanasan dengan gelombang mikro (Rowell, 1986).

Komersialisasi kayu hasil asetilasi telah dilakukan di Belanda dengan nama produk *Accoya™* (Hill, 2006). Kayu hasil asetilasi tersebut diklaim lebih stabil dimensinya dan tidak mudah terserang organisme perusak. Peningkatan stabilitas dimensi dan ketahanan kayu tersebut disebabkan eliminasi gugus hidroksil dan penambahan gugus asetil (Gambar 1). Dengan berkurangnya gugus hidroksil dalam kayu, kemampuan kayu menyerap air dalam bentuk uap maupun cairan berkurang (Rowell, 1986; Militz *et al.*, 1997).



Gambar 1. Asetilasi kayu dengan asetat anhidrida
Figure 1. Wood acetylation using acetic anhydride

Keberhasilan proses asetilasi diukur melalui penambahan berat setelah reaksi kimia usai. Penambahan berat setelah asetilasi merupakan penambahan gugus asetil dalam kayu (Homan dan Jorrisen, 2004). Penambahan berat merupakan persentase perbedaan berat antara berat awal (kering oven) dengan berat setelah asetilasi. Penambahan berat bervariasi antara 1 - 40%, tergantung jenis kayunya. Untuk dapat meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan terhadap serangan organisme perusak ditetapkan ambang batas penambahan berat.

Ambang batas penambahan berat bervariasi bergantung dari jenis kayunya. Untuk kayu pinus radiata misalnya, penambahan berat 20% ditetapkan sebagai ambang batas yang diyakini mampu meningkatkan kualitas kayunya. Ambang batas penambahan berat sangat dipengaruhi oleh struktur kayu, permeabilitas dan kemampuan mengembang sel-sel kayunya akibat penetrasi asetat anhidrida (Hill, 2006).

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa peningkatan stabilitas dimensi dan ketahanan kayu disebabkan penambahan gugus asetil dalam kayu (Rowell, 1986; Militz *et al.*, 1997). Dengan

adanya gugus asetil, kapasitas penyerapan uap air menjadi berkurang, sehingga kayu menjadi lebih stabil dimensinya. Demikian pula ketahanan kayu terhadap organisme perusak meningkat karena kemampuan menyerap air berkurang. Dalam hal ini, kemampuan menyerap uap air merupakan indikator utama dalam peningkatan kualitas kayu. Tulisan ini menyajikan hasil penelitian terhadap kemampuan kayu dalam menyerap uap air pada berbagai tingkat asetilasi untuk mengetahui penambahan berat optimum yang efektif mengurangi penyerapan molekul air di dalam kayu.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Pengujian penyerapan molekul air dilakukan terhadap dua jenis kayu tropis, yaitu: *Antocephalus chinensis* dan *Calophyllum* sp. yang berasal dari Papua New Guinea. Contoh uji diambil dari bagian teras kayunya dengan ukuran contoh uji 20 mm x 5 mm x 2 mm.

B. Metode

Proses asetilasi dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Rowell (1986), yaitu kombinasi vakum dan rendaman. Dalam kondisi kering oven, contoh uji divakum selama 15 menit lalu direndam dalam larutan asam asetat anhidrida dengan waktu yang berbeda, yaitu 2 jam, 6 jam, 8 jam dan 12 jam. Seluruh contoh uji kemudian dimasukkan dalam oven dengan suhu $120 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 8 jam. Setelah selesai, seluruh contoh uji dimasukkan dalam air es untuk menghentikan proses asetilasi dan diangin-anginkan selama 24 jam. Setelah diangin-anginkan, contoh uji kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C yang dipanaskan secara berkala untuk menghindari pecahnya contoh uji. Berat kayu yang telah diasetilasi dalam kondisi kering oven kemudian ditimbang dan persentase penambahan berat diperhitungkan berdasarkan kondisi kering oven.

$$WPG (\%) = \frac{W_{ac} - W_i}{W_i}$$

Dimana:

WPG = penambahan berat (%)

W_{ac} = berat setelah asetilasi (g)

W_i = berat awal sebelum asetilasi (g)

Pengujian penyerapan uap air dilakukan berdasarkan metode isotherm yang dikembangkan oleh Ohmae dan Nakano (2009). Setiap contoh uji dalam kondisi kering oven ditimbang dan dimasukkan dalam desikator yang berisi larutan bahan kimia berdasarkan tingkat kelembaban pengujian (Tabel 1). Sampel uji dibiarkan terpapar gas/uap bahan kimia selama 3 minggu kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui kadar airnya. Selisih kadar air contoh uji sebelum dan sesudah pengujian merupakan nilai penyerapan uap air dan dinyatakan dalam persen.

Tabel 1. Bahan kimia yang digunakan untuk pengujian penyerapan uap air
Table 1. Chemicals used in assessing water adsorption

No.	Bahan kimia (<i>Chemicals</i>)	Kelembaban (<i>Humidity</i>) %
1.	LiCl	11
2.	CH ₃ COOH	22
3.	MgCl ₂	33
4.	K ₂ CO ₃	43
5.	Mg(NO ₃) ₂	53
6.	NH ₄ NO ₃	62
7.	NaCl	75
8.	(NH ₄) ₂ SO ₄	80
9.	KNO ₃	92
10.	K ₂ SO ₄	97

Sumber (*Source*): Ohmae dan Nakano (2009)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata hasil penambahan berat kedua jenis kayu tropis yang telah diasetilasi disajikan dalam Tabel 2.

Penambahan berat kayu *Anthocephalus chinensis* secara umum lebih besar dari kayu *Calophyllum* sp. Untuk waktu perendaman selama 12 jam, berat kayu *Anthocephalus* meningkat sebesar 16%, sedangkan kayu *Calophyllum* hanya sebesar 12%.

Selama proses asetilasi berlangsung, kayu *Anthocephalus* mampu menyerap asetat anhidrida lebih banyak dibandingkan kayu *Calophyllum*, sehingga penambahan beratnya lebih besar. Kemampuan kayu menyerap larutan sebanding dengan tingkat keterawetannya. Keterawetan kayu *Anthocephalus* dikategorikan sedang (Martawijaya *et al.*, 1989) sedangkan kayu *Calophyllum* termasuk dalam kriteria sukar (Martawijaya *et al.*, 1981). Hal ini mengindikasikan bahwa larutan lebih mudah

Tabel 2. Penambahan berat akibat asetilasi
Table 2. Weight gain due to acetylation

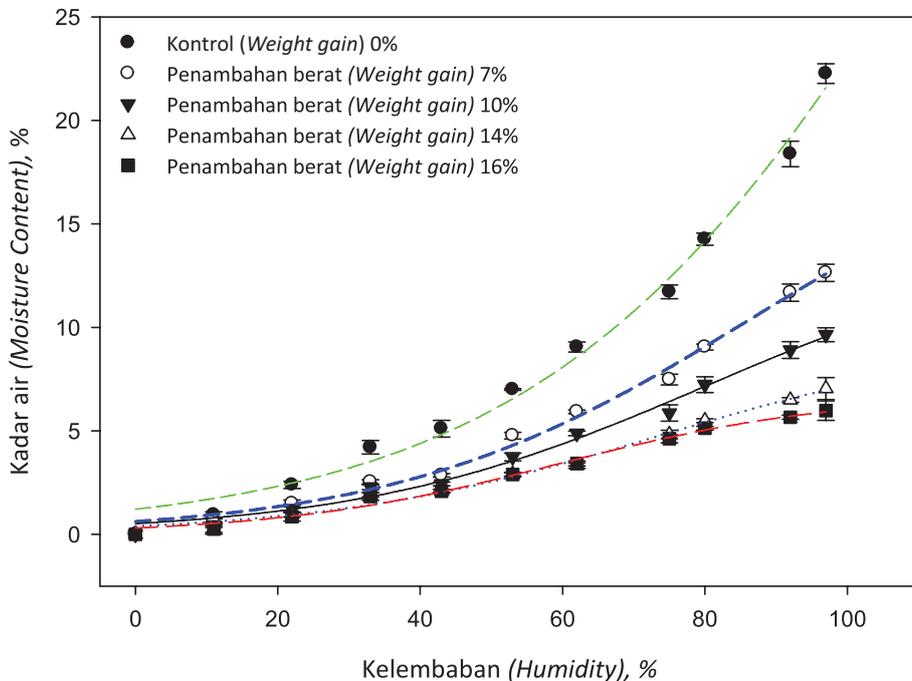
Waktu rendaman (Soaking time) jam/ hour	Perubahan berat (<i>Weight gain</i>), %	
	<i>Anthocephalus</i>	<i>Calophyllum</i>
2	6,85 ± 0,38	2,78 ± 0,39
6	9,71 ± 0,50	4,89 ± 0,24
8	13,79 ± 0,57	9,76 ± 0,49
12	16,27 ± 0,81	12,19 ± 0,76

masuk ke dalam kayu *Anthocephalus* dibandingkan dengan kayu *Calophyllum*.

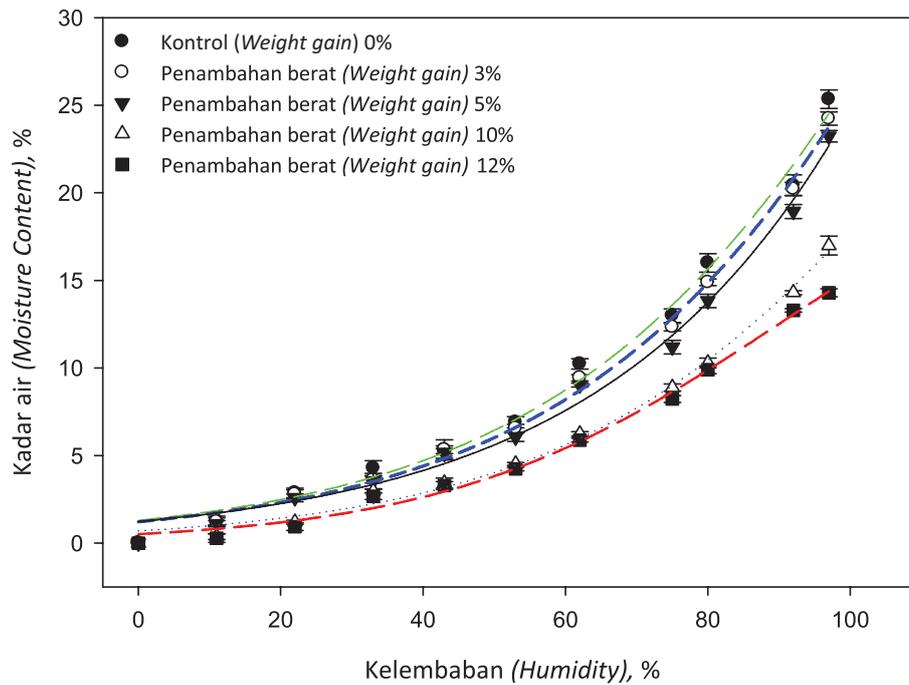
Lamanya perendaman sangat berpengaruh terhadap persentase penambahan berat. Analisis keragaman berdasarkan Kruskal-Wallis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara waktu perendaman dengan penambahan berat kayu. Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman semakin menambah berat kayu. Berat kayu *Anthocephalus* yang direndam selama 2 jam meningkat sebesar 6,85% dan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Begitu juga dengan kayu *Calophyllum* setelah perendaman 2

jam beratnya bertambah 2,78% dan mencapai 12,19% setelah perendaman selama 12 jam. Hal ini juga terkait dengan kemampuan berdifusi larutan asetat anhidrida yang lebih besar dibandingkan dengan larutan bahan pengawet (Albotins dan Morozovs, 2003).

Untuk pengujian penyerapan uap air, contoh uji dikelompokkan berdasar kelas penambahan beratnya. Untuk kayu *Anthocephalus* contoh uji dikelompokkan menjadi 7%, 10%, 14% dan 16%, sedangkan kayu *Calophyllum*, contoh uji dikelompokkan menjadi 3%, 5%, 10% dan 12%. Hasil uji penyerapan uap air setelah 3 minggu ditampilkan dalam grafik di Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Penyerapan uap air kayu *Anthocephalus* pada berbagai variasi kelembaban
Figure 2. Water adsorption of *Anthocephalus* wood at various humidity



Gambar 3. Penyerapan uap air kayu *Calophyllum* pada berbagai variasi kelembaban
Figure 3. Water adsorption of *Calophyllum* wood at various humidity

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa secara umum contoh uji kedua jenis kayu yang telah diasetilasi menyerap uap air lebih sedikit dari yang tidak diasetilasi. Penyerapan uap air bervariasi tergantung dari persentase penambahan beratnya. Pada kayu *Anthocephalus* penambahan berat yang terkecil (7%) sudah mampu mengurangi penyerapan uap air. Penyerapan uap air semakin berkurang dengan semakin besarnya penambahan berat kayu setelah asetilasi. Dalam hal ini, gugus asetil mampu menahan penyerapan uap air meskipun dalam jumlah yang relatif sedikit.

Berbeda dengan contoh *Calophyllum*, penambahan berat 3% dan 5% tidak memiliki perbedaan nyata dengan yang tidak diasetilasi. Dalam hal ini, penambahan gugus asetil sebesar 3% dan 5% belum mampu mengurangi penyerapan uap air. Penyerapan uap air tampak berbeda nyata pada penambahan berat 10% dan 12%.

Hasil pengujian penyerapan uap air pada berbagai tingkat kelembaban membentuk kurva sigmoid. Penyerapan uap air terendah dijumpai pada tingkat kelembaban 11% dan meningkat secara berkala pada kelembaban 22%, 33% sampai 97%. Grafik sigmoid non-linear

menunjukkan kecenderungan penyerapan uap air yang realistis sesuai dengan yang dinyatakan oleh Papadopoulos *et al.* (2005) dan Ohmae dan Nakano (2009).

IV. KESIMPULAN

1. Penambahan berat akibat asetilasi pada kayu *Anthocephalus* lebih besar dari pada kayu *Calophyllum*.
2. Contoh uji kayu yang telah diasetilasi menyerap uap air lebih sedikit dari pada yang tidak diasetilasi.
3. Penyerapan uap air bervariasi tergantung dari persentase penambahan beratnya. Semakin besar penambahan berat, semakin kecil penyerapan uap airnya.
4. Penambahan berat yang terkecil (7%) pada kayu *Anthocephalus* mampu mengurangi penyerapan uap air.
5. Penyerapan uap air pada kayu *Calophyllum* berkurang secara nyata pada tingkat penambahan berat 10%.
6. Perilaku penyerapan uap air pada kayu yang diasetilasi dipengaruhi oleh jenis kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Albotins, A. dan A. Morozovs. 2003. Investigation of solid wood impregnation with acetic anhydride by mathematical modeling. Naskah dipresentasikan dalam International Scientific Colloquium, Hannover, Canada, 24-26 Maret.
- Hill, C.A.S. 2006. Wood Modification Chemical, thermal and Other Processes. John Wiley and Sons Ltd. West Sussex, England.
- Homan, W.J. dan A.J.M. Jorrisen. 2004. Wood modification developments. *Heron* 49(4):361-386.
- Martawijaya A., I. Kartasudjana, K. Kadir, dan S.A. Prawira. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Martawijaya A., I. Kartasudjana I., Y.I. Mandang, S.A. Prawira dan K. Kadir. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Militz, H., E.P.J. Beckers dan W.J. Homan. 1997. Modification of solid wood: research and practical potential. *International Research Group on Wood Preservation*, Whistler, Canada, 26-30 May. IRG/WP 97-40098.
- Ohmae Y. dan T. Nakano. 2009. Water adsorption properties of bamboo in the longitudinal direction. *Wood Science and Technology* 43(5-6):415-422.
- Papadopoulos, A.N., S. Avramidis dan D. Elustondo. 2005. The sorption of water vapour by chemically modified softwood: analysis using various sorption models. *Wood Science and Technology* 39(2):99-112.
- Rowell, R.M. 1986. A simplified procedure for the acetylation of hardwood and softwood flakes for flakeboard production. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 6(3):427-448.
- Rowell, R.M., R. Simonson, S. Hess, D.V. Plackett, D. Cronshaw, dan E. Dunningham. 1994. Acetyl distribution in acetylated whole wood and reactivity of isolated wood cell-wall components to acetic anhydride. *Wood and Fiber Science* 26(1):11-18.
- Rowell, R.M. 2006. Acetylation of wood. Journey from analytical technique to commercial reality. *Forest Products Journal* 56(9):4-12.