

Sifat dan Jadwal Pengeringan Lima Jenis Kayu Papua Barat

The Drying Properties and Schedules of Five Wood Species from West Papua

Efrida Basri, R.G.N. Triantoro dan Wahyudi

Abstract

This study was aimed to investigate the drying properties and schedules of five wood species from West Papua, i.e. Tarua (*Antiaris toxicaria*), Sonokembang (*Pterocarpus indicus*), Merbau (*Intsia bijuga*), Mangium (*Acacia mangium*) and Mendarahan (*Myristica longipes*). Modified Terazawa Method was used for the drying properties tests. The physical properties measured were airdry density and green moisture content. The determination of drying schedule was carried out by examining the wood drying properties at 100°C.

Results indicated that the drying properties were not affected by density but by wood anatomical structure. One of 5 wood species (i.e. Merbau wood) was resistant to high temperature although its density is the highest. Based on drying properties, all samples of 5 wood species could be classified into 5 drying schedule groups.

Key words: wood species, high temperature, drying properties, drying schedules

Pendahuluan

Propinsi Papua Barat, termasuk Wilayah Indonesia Bagian Timur (IBT) yang memiliki potensi sumber kayu berkualitas baik sangat besar. Namun, potensi yang tinggi jika tidak didukung dengan teknologi pengolahan yang tepat akan menghasilkan rendemen dan nilai jual kayu yang tetap rendah.

Sebagaimana diketahui, kayu memiliki beberapa karakteristik dalam proses pengolahannya. Salah satu di antaranya adalah kemampuannya untuk dikeringkan. Namun, setiap jenis kayu memiliki respon yang berbeda terhadap pemakaian suhu dan kelembaban pengeringan sesuai dengan sifat-sifat kayunya. Sifat dasar kayu yang sangat mempengaruhi sifat pengeringan di antaranya adalah struktur anatomi dan sifat fisik kayu (Bramhall dan Wellwood 1976). Perbedaan yang ditunjukkan oleh salah satu dari kedua sifat tersebut akan memberikan respon yang berbeda terhadap sifat pengeringan kayu. Untuk mendapatkan kualitas pengeringan yang baik dalam waktu yang optimal pada kilang pengering (*kiln drying*), maka pengetahuan operator tentang perilaku kayu terhadap suhu dan kelembaban sangat diperlukan. Respon suatu jenis kayu terhadap suhu tinggi merupakan proses awal dalam menetapkan jadwal pengeringannya.

Jadwal pengeringan yang lazim digunakan di industri perikanan di Indonesia adalah jadwal pengeringan yang berbasis kadar air, yaitu suatu sistem pengaturan besaran suhu dan kelembaban serta perubahannya dalam kilang pengeringan berdasarkan kadar air rata-rata kayu yang sedang dikeringkan (Rasmussen 1961; Terazawa 1965; Pratt 1974). Tipe jadwal yang demikian oleh banyak ilmuwan pengeringan sampai saat ini dianggap masih cocok dan lebih aman untuk diterapkan di industri perikanan,

terutama yang mengolah kayu tropis, namun tetap memerlukan modifikasi dalam penerapannya (Simpson 1992). Oleh karena itu peran operator sangat diperlukan. Kelemahan yang lazim ditemukan di industri pengolahan kayu yang memiliki kilang pengering terutama pada kemampuan operator dalam memahami sifat-sifat kayu.

Tujuan penelitian adalah memberikan informasi teknis mengenai sifat dan jadwal pengeringan dasar lima jenis kayu asal Papua Barat. Karena ini merupakan jadwal dasar maka dalam penerapannya harus melakukan penyesuaian dengan mempertimbangkan kondisi kayu yang dikeringkan, antara lain faktor umur dan ukuran sortimen.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan kayu yang diteliti terdiri dari 5 jenis yang berasal dari hutan alam di wilayah Papua Barat (Tabel 1). Penelitian sifat pengeringan dilakukan di Laboratorium Pengeringan Kayu P3HH Bogor. Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain: timbangan elektronik, *oven memmert*, *dial caliper* dan mistar ukur.

Table 1. Specification of wood investigated

| Local name | Species | Family |
|-------------|---------------------------|----------------|
| Tarua | <i>Antiaris toxicaria</i> | Moraceae |
| Sonokembang | <i>P. indicus</i> | Papilionaceae |
| Merbau | <i>Intsia bijuga</i> | Caesalpinaceae |
| Mangium | <i>Acacia mangium</i> | Leguminosae |
| Mendarahan | <i>Myristica longipes</i> | Myristicaceae |

Metode

Sifat fisik kayu yang diukur dalam penelitian ini adalah kadar air kayu gergajian segar dan berat jenis (BJ) kering udara. Pembuatan contoh uji, pengujian kadar air dan BJ tersebut mengikuti standar yang berlaku.

Pengujian sifat pengeringan setiap jenis kayu dilakukan pada contoh uji dari papan tangensial berukuran 20 cm x 10 cm x 2 cm (panjang x lebar x tebal). Percobaan dilakukan dengan mengeringkan contoh uji dalam oven pada suhu konstan 100°C. Pengambilan data jenis cacat dan tingkat kerusakan kayu dilakukan setiap 2 ~ 3 jam hingga berat contoh uji kayu mencapai kering tanur (kadar air kayu 0%). Penilaian sifat pengeringan kayu didasarkan pada kehadiran 3 jenis cacat dan tingkat kerusakannya berdasarkan metode Terazawa (1965) yang telah dimodifikasi (Tabel 2 ~ 4).

Table 2. Percentage of end and/or surface checks in wood sample and drying property classification

| Defect value, % | Class | Drying property |
|-----------------|-------|-----------------|
| 0 ~ 5 | I | Very good |
| > 5 ~ 10 | II | Good |
| > 10 ~ 20 | III | Rather good |
| > 20 ~ 30 | IV | Fair |
| > 30 ~ 50 | V | Rather poor |
| > 50 ~ 70 | VI | Poor |
| > 70 | VII | Very poor |

Table 3. Difference of two thicknesses (deformation check) in radial direction of wood sample and drying property classification.

| Difference of two thicknesses, mm | Class | Drying property |
|-----------------------------------|-------|-----------------|
| 0 ~ 0.3 | I | Very good |
| 0.3 ~ 0.6 | II | Good |
| 0.6 ~ 1.2 | III | Rather good |
| 1.2 ~ 1.8 | IV | Fair |
| 1.8 ~ 2.5 | V | Rather poor |
| 2.5 ~ 3.5 | VI | Poor |
| > 3.5 | VII | Very poor |

Table 4. Total defect of honey-combing checks in wood sample and drying property classification.

| Defect total | Class | Drying property |
|---------------------|-------|-----------------|
| - | I | Very good |
| 1 maj or 2 min | II | Good |
| 2 maj or 4 ~ 5 min | III | Rather good |
| 4 maj or 7 ~ 9 min | IV | Fair |
| 6 ~ 8 maj or 15 min | V | Poor |
| 17 majors or minors | VI | Very poor |

Remark:

maj = majors

min = minors

Table 5. Minimum and maximum temperature and humidity on drying defects basis*

| Variety of defect | Temperature, °C and humidity, % | Class of defects | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------|------------------|----|-----|----|----|----|-----|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| A. Surface check | Temperature min., °C | 70 | 65 | 60 | 55 | 53 | 50 | 45 |
| | Relative humidity min., % | 29 | 29 | 27 | 30 | 30 | 28 | 28 |
| | Temperature max., °C | 95 | 90 | 85 | 83 | 82 | 81 | 79 |
| | Relative humidity max., % | 75 | 78 | 82 | 83 | 85 | 90 | 90 |
| B. Spool-like deformation | Temperature min., °C | 70 | 66 | 58 | 54 | 50 | 49 | 47 |
| | Relative humidity min., % | 29 | 29 | 25 | 27 | 28 | 27 | 27 |
| | Temperature max., °C | 95 | 88 | 83 | 80 | 77 | 75 | 70 |
| | Relative humidity max., % | 75 | 75 | 78 | 81 | 81 | 85 | 89 |
| C. Honeycombing | Temperature min., °C | 70 | 55 | 50 | 49 | 48 | 45 | - |
| | Relative humidity min., % | 29 | 27 | 25 | 27 | 27 | 27 | - |
| | Temperature max., °C | 95 | 83 | 77 | 73 | 71 | 70 | - |
| | Relative humidity max., % | 75 | 81 | 81 | 85 | 85 | 89 | - |

Remark: *) Modification from Terazawa method (Terazawa 1965)

Dari nilai suhu dan kelembaban awal dan akhir pengeringan yang sudah diperoleh, kemudian dibuat jadwal pengeringan dasar untuk setiap kayu yang diteliti. Perubahan tingkat suhu dan kelembaban untuk setiap fase perubahan kadar air dalam jadwal pengeringan, mengikuti standar *Forest Products Laboratory Madison* (Torgeson 1951 dalam Basri *et al.* 2000) yang dimodifikasi.

Berdasarkan penilaian terhadap cacat contoh uji kemudian ditetapkan suhu dan kelembaban maksimum dan minimum pengeringan seperti pada Tabel 5.

Hasil dan Pembahasan

Sifat Pengeringan

Data pengujian sifat fisik dan sifat pengeringan serta penetapan suhu dan kelembaban minimum dan maksimum berdasarkan jenis dan tingkat cacat dari kayu yang diteliti, dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Dari kelima jenis kayu yang diteliti hanya kayu Merbau yang memiliki BJ tinggi (kelas kuat II). Dalam penelitian ini pengujian BJ kayu Mangium tidak dilakukan.

Cacat bentuk yang sangat parah atau kolap (*collapse defect*) biasanya terjadi pada proses pengeringan kayu yang sangat basah dengan permeabilitas sel yang rendah dan atau adanya penyumbatan pada pori (Bramhall dan Wellwood 1976). Normalnya ketika kayu mengering, air akan langsung keluar dari dalam kayu tanpa halangan apapun dan udara dalam sel kayu akan memuai dan

memenuhi rongga sel tersebut. Pada kayu yang sangat basah sementara permeabilitas rongga selnya rendah, udara hanya bisa masuk secara difusi. Ketika air yang keluar dari sel tersebut lebih cepat dibandingkan udara yang menggantikannya maka dinding sel kayu tersebut akan tertarik oleh daya kapiler air. Fenomena ini juga didukung dengan data hasil penelitian Kobayashi (1986) yang menyimpulkan kolap pada sel kayu lebih disebabkan oleh tegangan cairan dari dalam kayu sendiri daripada tegangan yang diakibatkan oleh pengeringan. Oleh karena itu titik aman untuk menaikkan suhu pada proses pengeringan kayu adalah pada keadaan dimana kadar air kayu sudah mencapai titik jenuh serat, yaitu air bebas sudah tidak ada lagi dalam rongga sel.

Menurut Wang *et al.* (1994), penyebab terjadinya pecah pada bagian dalam kayu (*internal/honeycombing check*) diakibatkan oleh adanya tegangan-dalam kayu (*growth stress*). Jika tegangan penyusutan melebihi kekuatan kayu yang tegak lurus arah seratnya maka terjadilah pecah. Pecah di bagian dalam kayu merupakan kelanjutan dari pecah permukaan, dimana kayu setelah mencapai kadar air titik jenuh serat bagian permukaan yang sebelumnya pecah akan menutup kembali sedangkan bagian dalamnya tetap (Bramhall dan Wellwood 1976; Reeb 2007). Pada standar pengujian kayu, cacat tersebut sangat diperhitungkan karena dapat menurunkan kekuatan kayu secara signifikan.

Table 6. Physical and drying properties of 5 wood species investigated.

| Local name | Basic density* | Average initial moisture content, % | Variety and class of defect | | | Drying property |
|-------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------|-------|-----------------|
| | | | A | B | C | |
| Tarua | 0.48 | 80 | II | II-IV | I | d |
| Sonokembang | 0.46 | 75 | III | II-III | I-II | c |
| Merbau | 0.81 | 85 | I-II | I-II | I | b |
| Mangium | - | 145 | I | V-VI | III-V | f |
| Mendarahan | 0.45 | 108 | III-IV | III | I | d |

Remarks: *) Based on air dry weight; A. = End and surface checks; B = Deformation; C = Honeycombing
b= Good; c = Rather good; d = Fair; f = Poor

Table 7. Physical property, initial and final temperature and relative humidity of 5 wood species investigated

| Local name | Basic density* | Average initial moisture content, % | Drying optimum, °C | | Relative humidity optimum, % | |
|-------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|------|------------------------------|------|
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Tarua | 0.48 | 80 | 54 | 80 | 27 | 81 |
| Sonokembang | 0.46 | 75 | 58 | 83 | 25 | 78 |
| Merbau | 0.82 | 85 | 66 | 88 | 29 | 75 |
| Mangium | - | 145 | 45 | 70 | 27 | 89 |
| Mendarahan | 0.45 | 108 | 55 | 83 | 30 | 83 |

Hal yang diuraikan di atas ditemukan pula pada pengeringan kayu Mangium. Kayu Mangium mengalami cacat bentuk dan pecah dalam yang sangat parah pada pemakaian suhu tinggi. Kadar air segar kayu Mangium yang diteliti sangat tinggi, rata-rata 145% (Tabel 2). Hasil penelitian Waluyo (2003) memperoleh permeabilitas sel kayu tersebut rendah karena memiliki noktah antar pembuluh yang sempit dan terdapat sumbatan dalam pembuluh kayu sehingga menghambat proses pengeluaran air dari dalam kayu. Selain itu frekuensi jari-jari kayunya yang tinggi menjadi titik lemah dalam pengeringan karena retak dan pecah pada kayu biasanya terjadi lewat jari-jari (Panshin dan de Zeuw 1969). Dengan kecenderungan mengalami kolap dan pecah dalam yang parah pada waktu pengeringan, maka suhu dan kelembaban minimum-maksimum kayu Mangium hanya berada pada kisaran 45°C ~ 70°C dan 27% ~ 89%.

Dari kelima jenis kayu yang diteliti, kayu Merbau memiliki kualitas pengeringan terbaik meskipun BJ-nya termasuk tinggi (BJ 0.82), bahkan tertinggi diantara keempat jenis lainnya. Sebagaimana diketahui makin tinggi suatu BJ kayu biasanya makin sulit kayu tersebut dikeringkan. Kesulitan dalam hal ini adalah mudah mengalami kerusakan sewaktu dikeringkan. Namun demikian menurut Casin *et al.* (1980) ada beberapa kekecualian, dimana tidak selamanya kayu dengan BJ tinggi lebih sulit dikeringkan dibandingkan kayu dengan BJ rendah karena ada juga faktor lain yang mempengaruhinya. Kayu Merbau meskipun BJ-nya tinggi, namun nilai penyusutannya rendah dan hampir berbanding antara penyusutan pada arah tangensial dan arah radialnya (Martawijaya *et al.* 2005). Hal ini yang menyebabkan kayu tersebut bila dikeringkan hampir tidak mengalami cacat. Faktor utama yang mendukung kayu Merbau mudah dikeringkan adalah struktur anatominya; antara lain memiliki jari-jari homoseruler dan multiseriat, arah serat kayunya kebanyakan lurus dan tipe parenkimnya paratrakeal berbentuk selubung lengkap dan apotrakeal berbentuk pita serta porinya hampir tidak berisi tilosis. Struktur anatomi kayu yang demikian menurut Panshin dan de Zeeuw (1969) dapat memudahkan air keluar dari dalam kayu. Dengan memiliki sifat pengeringan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 6, maka suhu dan kelembaban minimum-maksimum kayu Merbau berada pada kisaran 66°C ~ 88°C dan 29% ~ 75%.

Kayu Sonokembang memiliki kualitas pengeringan sangat baik sampai baik untuk kualifikasi pecah dalam dan agak baik untuk cacat bentuk serta retak/pecah ujung dan permukaan. Faktor yang mendukung kayu Sonokembang agak mudah dikeringkan adalah BJ-nya yang termasuk sedang, memiliki ukuran pori agak besar dan parenkimnya termasuk tipe paratrakeal dan apotrakeal berbentuk

pita (Martawijaya 2005), sehingga cukup membantu air keluar dari dalam kayu. Berdasarkan sifat pengeringannya, maka suhu dan kelembaban minimum-maksimum kayu Sonokembang berada pada kisaran 58°C ~ 83°C dan 25% ~ 78%.

Jadwal Pengeringan

Berdasarkan data sifat pengeringan dan mengacu pada standar jadwal yang dikeluarkan oleh *Forest Products Laboratory Madison* (Torgeson 1951 dalam Basri *et al.* 2000) yang dimodifikasi, maka dari 5 jenis kayu yang diteliti dapat dikelompokkan ke dalam 5 jadwal pengeringan dasar dari yang terkeras sampai yang terlunak (Tabel 8 ~ 12). Kayu dengan kecenderungan cacat yang tinggi hanya bisa diminimalkan kerusakannya dengan pemilihan jadwal pengeringan yang tepat.

Jadwal terkeras dengan kisaran suhu 65°C ~ 85°C dan kelembaban 29% ~ 74% hanya dapat digunakan untuk mengeringkan kayu Merbau, sedangkan jadwal terlunak dengan kisaran suhu 40°C ~ 70°C dan kelembaban 30% ~ 83% digunakan untuk kayu Mangium. Jika jadwal kayu Merbau dipakai untuk mengeringkan kayu Mangium maka kayu tersebut akan mengalami kerusakan yang sangat parah, sebaliknya jika jadwal kayu Mangium digunakan untuk mengeringkan kayu Merbau maka waktu yang digunakan terlalu lama.

Pada Tabel 8 ~ 12, tampak suhu awal pengeringan masih tetap dipertahankan rendah sampai kayu mencapai kadar air titik jenuh serat (KA. 30%). Setelah itu suhu dinaikan secara bertahap sampai kayu mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan. Titik aman untuk menaikkan suhu pada proses pengeringan kayu adalah pada keadaan dimana air bebas sudah tidak ada lagi dalam rongga sel. Untuk mengeluarkan air bebas dalam rongga sel relatif mudah pada suhu kamar dibandingkan dengan mengeluarkan air yang terikat pada dinding sel. Sehingga, selain dapat mempertahankan kualitas kayu kering juga bisa menghemat biaya pengeringan karena hampir 80% kebutuhan energi dari suatu industri pengolahan kayu adalah untuk kegiatan pengeringan kayu (Reeb 2007).

Table 8. Basic drying schedule for Merbau wood.

| Moisture content, % | Temperature °C | Relative humidity, % |
|---------------------|----------------|----------------------|
| Green/Wet ~ 50 | 65 | 74 |
| 50 ~ 40 | 65 | 67 |
| 40 ~ 30 | 65 | 54 |
| 30 ~ 25 | 70 | 40 |
| 25 ~ 20 | 75 | 37 |
| 20 ~ 15 | 80 | 31 |
| < 15 | 85 | 29 |

Table 9. Basic drying schedule for Sonokembang wood

| Moisture content, % | Temperature °C | Relative humidity, % |
|---------------------|----------------|----------------------|
| Green/Wet ~ 50 | 60 | 82 |
| 50 ~ 40 | 60 | 73 |
| 40 ~ 30 | 60 | 52 |
| 30 ~ 25 | 65 | 45 |
| 25 ~ 20 | 70 | 39 |
| 20 ~ 15 | 75 | 33 |
| < 15 | 80 | 25 |

Table 10. Basic drying schedule for Mendaharan wood

| Moisture content, % | Temperature, °C | Relative humidity, % |
|---------------------|-----------------|----------------------|
| Green/Wet ~ 70 | 55 | 83 |
| 70 ~ 60 | 55 | 78 |
| 60 ~ 50 | 55 | 72 |
| 50 ~ 40 | 55 | 68 |
| 40 ~ 35 | 55 | 64 |
| 35 ~ 30 | 55 | 60 |
| 30 ~ 25 | 60 | 52 |
| 25 ~ 20 | 65 | 45 |
| 20 ~ 15 | 70 | 35 |
| < 15 | 80 | 30 |

Table 11. Basic drying schedule for Tarua wood

| Moisture content, % | Temperature °C | Relative humidity, % |
|---------------------|----------------|----------------------|
| Green/Wet ~ 50 | 50 | 80 |
| 50 ~ 40 | 50 | 73 |
| 40 ~ 30 | 50 | 58 |
| 30 ~ 25 | 55 | 50 |
| 25 ~ 20 | 60 | 43 |
| 20 ~ 15 | 65 | 33 |
| < 15 | 80 | 29 |

Table 12. Basic drying schedule for Mangium wood

| Moisture content, % | Temperature, °C | Relative humidity, % |
|---------------------|-----------------|----------------------|
| Green/Wet ~ 70 | 40 | 83 |
| 70 ~ 60 | 40 | 77 |
| 60 ~ 50 | 40 | 72 |
| 50 ~ 40 | 40 | 62 |
| 40 ~ 35 | 45 | 56 |
| 35 ~ 30 | 45 | 52 |
| 30 ~ 25 | 50 | 47 |
| 25 ~ 20 | 55 | 40 |
| 20 ~ 15 | 60 | 33 |
| < 15 | 70 | 30 |

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian sifat pengeringan lima jenis kayu Papua Barat menunjukkan bahwa setiap jenis kayu memiliki respon yang berbeda terhadap perlakuan suhu tinggi. Dalam hal ini tidak ada relevansi antara BJ dengan sifat pengeringan kayu tapi banyak ditentukan oleh struktur anatominya. Dari kelima jenis kayu tersebut, kayu Merbau yang memiliki BJ tertinggi memiliki sifat pengeringan terbaik, sedangkan kayu Mangium yang terburuk.

Berdasarkan sifat pengeringan tersebut dan mengacu pada standar jadwal yang dikeluarkan oleh *Forest Products Laboratory Madison* yang telah dimodifikasi, maka dari kelima jenis kayu yang diteliti dapat dimasukkan ke dalam 5 kelompok jadwal pengeringan dari yang terkeras sampai yang terluak.

Titik aman untuk menaikkan suhu pada proses pengeringan kayu adalah ketika rongga sel kayu sudah tidak lagi berisi air (KA. \pm 30%). Hal ini, selain dapat mempertahankan kualitas kayu kering juga bisa menghemat biaya pengeringan.

Mengingat contoh uji untuk penelitian di atas terbatas pada ukuran dimensi 20 cm x 10 cm x 2 cm, maka disarankan dalam mengaplikasikan jadwal tersebut pada skala operasional perlu melakukan modifikasi dengan mempertimbangkan faktor umur dan kualitas fisik kayu. Pemberian perlakuan di awal dan di akhir pengeringan juga diperlukan sesuai kebutuhan kayu.

Daftar Pustaka

- Bramhall, G. and R.W. Wellwood. 1976. Kiln Drying of Western Canadian Lumber. Canadian Forestry Service. Western Forest Products Laboratory Vancouver, British Columbia.
- Basri, E.; K. Hayashi; N. Hadjib and H. Roliadi. The Qualities and Kiln Drying Schedules of Several Wood Species from Indonesia. Proceedings of the Third International Wood Science Symposium, November 1 – 2, 2000 in Kyoto Japan. pp. 43-48.
- Casin, R.F.; M.G. Laxamana and G.Y. Tamayo. 1980. Kiln Drying Schedules of Some Philippine Commercial Wood Species. The Philippine Lumberman, Vol. 26 (3): 14-26.
- Reeb, J.E. 2007. Drying Wood. <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for55/for55.htm>. 13 Februari 2007.
- Kobayashi, Y. 1986. Cause of Collapse in Western Red-cedar. Mokuzaï Gakkaishi 32 (10): 846-847. Japanese Wood Research Society, Tokyo.
- Martawijaya, A.; I. Kartasujana; K. Kadir dan S.A. Prawira. Tahun? Atlas kayu Indonesia Jilid I: 142-145. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor.

- Martawijaya, A.; I. Kartasujana; K. Kadir dan S.A. Prawira. Tahun? Atlas kayu Indonesia Jilid II: 91-95. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor.
- Panshin, A.J. dan C. De Zeeuw. 1969. Text Book of Wood Technology, 3rd. McGraw-Hill Book Co., New York. pp 150-197.
- Pratt, G.H. 1974. Timber Drying Manual. Department of the Environment, Building Research Establishment. Princes Risborough Laboratory. Her Majesty's Stationery Office, London, United Kingdom.
- Rasmussen, E.F. 1961. Dry Kiln Operator's Manual. U.S. Department of Agriculture. Agric. Handbook 188.
- Simpson, W.T. 1992. Drying Technology Issues in Tropical Countries. Proceeding of All-division 5"Forest Products" IUFRO Conference, August 23-28, 1992 in Nancy France. Pp. 497-507.
- Terazawa, S. 1965. An Easy Methods for the Determination of Wood Drying Schedule. Wood Industry 20 (5), Wood Technological Association of Japan.
- Waluyo, H. 2003. Struktur Anatomi dan Dimensi serat Kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd.). Fakultas Kehutanan, Universitas Winayamukti. Bandung. Skripsi (Tidak diterbitkan).
- Wang, Z.; E.T. Choong and V.K. Gopu. 1994. Effect of Pre-steaming on Drying Stresses of Red-oak Using A Coating and Bending Method. Wood and Fiber Science 26 (4): 527-535.

Makalah masuk (*received*) : 07 Maret 2007
 Diterima (*accepted*) : 02 Mei 2007
 Revisi terakhir (*final revision*) : 23 Agustus 2007

Efrida Basri
 Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
 (*Research and Development Center for Forest Products Technology*)
 Jl. Gunung Batu 5, PO. BOX 182 Bogor
 Telepon: 0251-633378
 E-mail: denvig@yahoo.com

R. N. G Triantoro
 Balai Penelitian Kehutanan Manokwari
 (*Forestry Research Institute Manokwari*)
 Inamberi, Pasirputih. PO.BOX. 59 Manokwari
 E-mail: richard_gnt@yahoo.com

Wahyudi
 Jurusan Teknologi Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Universitas Papua
 (*Depart. Of Forest Product and Wood Science, the State University Papua, Manokwari*)