

PENGARUH PENGERJAAN AKHIR TERHADAP STABILITAS DIMENSI KAYU (The effect of finishing on wood dimensional stability)

Oleh/By

Jamal Balfas

Summary

This study was designed to determine the ability of six commercial exterior finishes (2 clear coats and 4 opaque coats) in protecting wood from dimensional changes. Two wood species, *jabon* (*Anthocephalus cadamba* Miq.) and *mangium* (*Acacia mangium* Willd.) were used in this study. Samples were seasoned to air-dry condition (moisture content of 15-17%) and then divided into groups on the basis of treatments and grain orientation (radial and tangential). Application of each exterior finish was undertaken according to procedures suggested by the finish manufacturer. The effectiveness of treatments to dimensionally stabilize wood was determined by measurements of wood swelling within 72-hours immersion and calculation of anti-swelling efficiency (ASE). Results of observations made to this stage showed that the effect of finishing on wood dimensional stability varied according to wood species, grain orientation and type of finish coat. Finishing had a greater dimensional stabilizing effect on *jabon* than *mangium*. Reduction of swelling due to finishing was greater in tangential compared to radial boards. The use of clear coats significantly gave less protection on wood stability than that of opaque coats. Anti-swelling efficiency of all treatments markedly decreased with increasing period of immersion.

I. PENDAHULUAN

Pengerjaan akhir (finishing) kayu secara umum memiliki dua manfaat, yaitu memberikan proteksi pada kayu dan menghasilkan nilai dekoratif. Dari kedua manfaat tersebut, aspek perlindungan dan ketahanan penampakan permukaan kayu memperoleh perhatian yang lebih besar. Suatu perlakuan pengerjaan akhir yang efektif dapat melindungi kayu dari perubahan dimensi dan bentuk sebagai akibat dari perubahan kelembaban udara di atmosfir, artinya pengerjaan akhir dapat mencegah terjadinya gradien kadar air yang tajam di dalam kayu. Namun demikian, bahan-bahan pengerjaan akhir bukanlah bahan yang bersifat impermiabel terhadap air dalam arti mampu memberikan proteksi permanen terhadap perubahan kadar air kayu. Menurut Gibbia (1981) apabila kayu yang telah diberi perlakuan pengerjaan akhir disimpan pada kondisi basah dalam tempo yang cukup lama, maka kayu tersebut akan menyerap air sama banyaknya dengan kayu yang tidak diberi perlakuan finishing.

Dalam lingkup pengerjaan kayu (wood working), kegiatan pengerjaan akhir dapat dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu *clear coating* dan *opaque coating*. Istilah *clear coating* digunakan untuk semua perlakuan pelapisan permukaan kayu yang menggunakan bahan transparan atau semi transparan, sehingga corak serat kayu masih dapat dilihat dengan jelas walaupun warnanya mungkin berubah. Bahan yang digunakan dalam proses ini terdiri

dari bahan pewarna (stains), pengisi (fillers), penyumbat (sealers), dan bahan lapisan luar (coatings) seperti shell-lac, varnish, lacquer, atau lilin. Sebaliknya *opaque coating* adalah proses pelapisan permukaan kayu dengan bahan cat yang dalam pengerasannya membentuk suatu lapisan tidak transparan (opaque film), sehingga corak dan warna kayu tidak tampak dari luar. Baik *clear coating* maupun *opaque coating* keduanya digunakan secara luas oleh masyarakat, baik untuk keperluan di dalam naungan (indoor) maupun di luar naungan (outdoor). Perbedaan kualitas antara kedua kelompok *coating* tersebut sukar ditentukan karena sangat beragam menurut komposisi bahan.

Salah satu kriteria yang digunakan dalam evaluasi kualitas bahan pengerjaan akhir adalah keteguhan rekat, yaitu kekuatan adhesi antara bahan tersebut dengan permukaan kayu. Efektivitas adhesi inilah yang digunakan sebagai pengukur keawetan bahan pengerjaan akhir pada permukaan kayu. Variabel ini dapat juga digunakan sebagai pengukur kemampuan proteksi bahan pengerjaan akhir terhadap stabilitas dimensi kayu. Menurut Frank (1988) efektivitas adhesi bahan pengerjaan akhir pada permukaan kayu dipengaruhi oleh struktur kayu, arah orientasi serat dan jenis bahan. Selain ketiga faktor tersebut, komposisi kimia (terutama pada permukaan kayu) merupakan faktor penting yang secara langsung dapat bereaksi dengan bahan pengerjaan akhir.

Berdasarkan tujuan pakainya, bahan pengerjaan akhir biasa dibedakan dengan istilah *indoor* dan *outdoor*,

masing-masing berarti penggunaan pada material yang berada di dalam dan di luar naungan. Keawetan pengrajan akhir pada material *indoor* umumnya dapat bertahan dalam tempo yang panjang, yaitu selama puluhan atau bahkan ratusan tahun. Sebaliknya keawetan pengrajan akhir pada material *outdoor* umumnya memiliki tempo yang terbatas, yaitu sekitar satu sampai dua tahun, bahkan dalam kondisi atmosfer tertentu hanya dapat bertahan dalam beberapa bulan. Kenyataan ini dapat dengan mudah diperoleh contohnya di sekitar rumah atau bangunan. Permasalahan kinerja pengrajan akhir pada material yang tidak terlindung dari radiasi sinar matahari dan perubahan kelembaban (kadar air) merupakan masalah internasional yang saat ini secara intensif sedang diupayakan penyempurnaannya.

Secara teoretis penyempurnaan kinerja pengrajan akhir dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada komposisi bahan, modifikasi pada permukaan material, atau kombinasi keduanya. Dalam studi ini dilakukan penelitian tahap awal mengenai kinerja bahan pengrajan akhir exterior (*outdoor*) yang secara komersil tersedia di pasaran nasional. Tujuan penelitian ini pada dasarnya adalah menentukan kemampuan bahan pengrajan akhir komersial di Indonesia dalam hal proteksi dimensi dan fisik kayu. Laporan ini memuat hasil penelitian tahap pertama, yaitu pengujian pengaruh pengrajan akhir terhadap stabilisasi dimensi kayu. Penelitian lebih lanjut mengenai pengaruhnya terhadap ketahanan cuaca akan dilaporkan kemudian setelah proses ekspose contoh uji terhadap cuaca (selama 2 tahun) selesai diamati.

II. BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian terdiri dari kayu dan bahan pengrajan akhir. Bahan kayu yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu jalon (*Anthocephalus cadamba* Miq) dan mangium (*Acacia mangium* Willd), sedangkan bahan pengrajan akhir yang diuji terdiri dari 6 bahan komersial, yaitu 2 jenis politur dan 4 jenis cat sintetis.

A. Persiapan contoh uji

Kayu gelondongan (logs) dari masing-masing jenis digergaji secara acak untuk menghasilkan sortimen utama berukuran tebal 30 mm dan lebar 100 mm. Sortimen kayu gergajian pada masing-masing jenis dipilah menurut orientasi seratnya, yaitu radial dan tangensial. Sortimen ini kemudian dikeringkan di dalam ruangan laboratorium penggergajian hingga mencapai kadar air kering udara. Masing-masing sortimen selanjutnya diserut ke arah tebal dan lebarnya hingga mencapai ukuran akhir 20 x 80 mm, dan panjangnya berukuran 600 mm. Di samping contoh uji ini, dibuat contoh uji berukuran kecil, yaitu tebal 10

mm, lebar 10 mm dan panjang 80 mm. Dimensi panjang pada contoh uji kecil dibedakan menurut arah orientasi serat, yaitu radial dan tangensial. Contoh uji kecil ini dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator sebelum diberi perlakuan pengrajan akhir. Jumlah ulangan untuk masing-masing kelompok pengujian terdiri dari 10 contoh uji.

B. Pengrajan akhir

Dalam penelitian ini dipilih 6 jenis bahan pengrajan akhir exterior komersial yang terdiri dari 2 jenis politur polyurethane (clear coat) dan 4 jenis cat enamel sintetis (opaque coat). Pengrajan akhir pada contoh uji yang diberi perlakuan politur diawali dengan pelapisan permukaan kayu dengan bahan pengisi (wood filler), kemudian dikeringkan dan diampas secara manual dengan menggunakan kertas amplas alumini-um oxide, Grit-180. Kelompok contoh uji yang diberi perlakuan cat dilapisi dengan plamur, kemudian dikeringkan dan diampelas sebelum dilapisi dengan cat. Pengrajan politur dan cat dilakukan dua kali dengan selang waktu 24 jam. Setelah pengrajan akhir, contoh uji dibiarkan selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian.

C. Pengujian

Pengujian terhadap kinerja bahan pengrajan akhir exterior terdiri dari dua bagian, yaitu pengujian ketahanan terhadap penetrasi air dan pengujian terhadap cuaca (weathering test). Contoh uji yang berukuran kecil digunakan untuk pengujian daya tahan terhadap penetrasi air, yaitu dengan merendam contoh uji dalam bejana yang berisi air dan mengukur dimensi panjangnya dengan caliper setelah perendaman selama 0,5, 1, 4, 24, 48 dan 72 jam. Efektivitas daya tahan bahan pengrajan akhir terhadap penetrasi air ditentukan berdasarkan nilai Efisiensi Anti Pengembangan, yaitu dihitung dengan formula berikut :

$$\text{Efisiensi Anti Pengembangan (Anti Swelling Efficiency)} = \frac{\frac{\% \text{ Pengembangan pada kontrol}}{\% \text{ Pengembangan pada perlakuan}} - \frac{\% \text{ Pengembangan pada perlakuan}}{\% \text{ Pengembangan pada kontrol}}}{\frac{\% \text{ Pengembangan pada kontrol}}{\% \text{ swelling of control}} - \frac{\% \text{ swelling of control}}{\% \text{ Pengembangan pada kontrol}}}$$

Contoh uji yang berukuran besar digunakan untuk pengujian ketahanan kayu pada cuaca, yaitu dengan cara membiarkan contoh uji tidak terlindung dari cuaca pada rak besi yang dipasang di atas bangunan terbuka setinggi 9 meter. Pengamatan pada contoh uji ini dilakukan secara periodik, yaitu pada minggu pertama setiap bulan selama dua tahun.

D. Pengolahan Data

Rancangan percobaan dalam penelitian ini terdiri dari 3 faktor, yaitu jenis kayu, arah orientasi serat, dan jenis

bahan pengrajan akhir. Pengaruh masing-masing faktor dan interaksi antar faktor dianalisa dengan menggunakan model analisis 3 faktor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kadar air pada contoh uji dengan menggunakan metode tanur (oven) menunjukkan bahwa kadar air rata-rata pada kayu jabon dan mangium masing-masing adalah 15,2% dan 16,3%. Perbedaan kadar air antara dua jenis kayu tersebut mungkin berkaitan dengan perbedaan kerapatan struktur kayu, di mana kayu mangium memiliki kerapatan yang lebih tinggi sehingga tersedia tempat ikatan molekul air yang lebih banyak pada dinding sel.

Hasil pengukuran terhadap perubahan dimensi kayu menurut arah orientasi serat selama proses rendaman dalam air disajikan dalam Tabel 1. Pengujian statistik menunjukkan bahwa jenis kayu dan arah orientasi serat memiliki pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap perubahan dimensi kayu. Kayu mangium memiliki nilai prosentase pengembangan yang lebih besar dari pada kayu jabon, baik dalam arah radial maupun tangensial. Perbedaan ini lazim dijumpai dalam perbandingan sifat fisik antar jenis kayu.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1985) kayu yang memiliki kerapatan struktur lebih tinggi memiliki berat komponen (kimia) kayu yang lebih besar, sehingga mampu menyerap air lebih banyak daripada kayu yang memiliki kerapatan lebih rendah. Namun demikian kerapatan kayu bukan merupakan faktor tunggal yang menentukan terhadap sifat perubahan dimensi kayu. Sebagai contoh, perbedaan kandungan ekstraktif antar jenis kayu dapat menyebabkan hasil yang sebaliknya (Choong dan Achmadi, 1991).

Tabel 1. Persentase penambahan dimensi kayu selama proses perendaman dalam air

Table 1. Percentage of wood dimensional increase during immersion in water

Jenis kayu dan arah serat (Wood species and grain direction)	Penambahan dimensi (%) setelah rendaman selama (jam) (Dimensional increase (%) after immersion, hours)					
	0.5	1.0	4.0	24.0	48.0	72.0
Jabon						
- Radial	1.21	1.82	2.64	2.96	2.98	2.98
- Tangential	2.28	3.40	4.73	5.06	5.10	5.10
Mangium						
- Radial	1.08	1.80	3.89	4.43	4.45	4.45
- Tangential	1.50	2.49	4.88	6.11	6.14	6.14

Pertambahan dimensi kayu pada arah radial bernilai lebih rendah daripada arah tangensial. Perbedaan ini

merupakan kaedah umum dari sifat anisotropis kayu. Faktor struktur anatomis kayu dianggap sebagai penyebab utama perbedaan tersebut. Faktor ini meliputi adanya perbedaan kandungan sel jari-jari pada arah radial, jumlah noktah yang lebih banyak pada dinding radial dominasi kayu akhir pada arah tangensial, dan perbedaan jumlah komponen dinding sel antara radial dan tangensial. Dalam Tabel 1 tampak jelas adanya perbedaan laju perubahan dimensi kayu antara jabon dan mangium. Kayu jabon mengembang lebih cepat dibandingkan kayu mangium. Alasan yang tepat mengenai perbedaan laju pengembangan tersebut tidak diketahui, namun perbedaan kerapatan struktur dan kandungan ekstraktif antara dua jenis kayu tersebut mungkin berpengaruh terhadap laju pengembangan kedua jenis kayu.

Hasil pengamatan terhadap perubahan dimensi kayu yang diberi perlakuan pengrajan akhir disajikan dalam Tabel 2. Analisa statistik pada kelompok data ini menunjukkan adanya pengaruh nyata ($p < 0,05$) faktor jenis kayu, arah serat dan jenis bahan pengrajan akhir. Interaksi antar faktor tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan dimensi kayu. Perubahan dimensi kayu selama perendaman dalam air berbeda menurut jenis kayu. Pengembangan dimensi pada kayu jabon ternyata lebih besar dibandingkan dengan kayu mangium. Hal ini berarti bahwa perlakuan pengrajan akhir memberikan pengaruh daya tolak air yang lebih besar pada kayu mangium. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh faktor struktur kayu yang berbeda antara jabon dan mangium. Ukuran sel pembuluh yang lebih besar pada kayu mangium memungkinkan penetrasi bahan pengrajan akhir yang lebih besar, sehingga akses penetrasi air pada kayu ini menjadi lebih rendah dibandingkan dengan kayu jabon.

Pengembangan dimensi kayu yang diberi perlakuan pengrajan akhir juga berbeda menurut arah orientasi serat. Pengembangan dimensi pada arah radial adalah

lebih kecil daripada arah tangensial. Hal ini adalah sesuai dengan sifat anisotropis kayu sebagaimana dibahas

terdahulu pada contoh uji kontrol (tanpa perlakuan penggerjaan akhir).

pengaruh daya tolak air yang berbeda. Politur B lebih besar pengaruhnya daripada politur A, sedangkan cat B

Tabel 2. Nilai rata-rata pertambahan dimensi kayu (%) selama perendaman dalam air
Table 2. Average of wood dimensional increases (%) after immersion in water

Jenis kayu dan arah serat (Wood species and grain direction)	Waktu rendaman (jam) (Immersion time, hours)	Bahan finishing (Finishing material)					
		Politur (Clear coat)		Cat (Opaque coat)			
		A	B	A	B	C	D
Jabon							
Radial	0.5	0.73	0.51	0.15	0.13	0.23	0.25
	1.0	1.21	0.73	0.21	0.23	0.55	0.41
	4.0	1.46	1.13	0.27	0.33	0.76	0.62
	24.0	1.70	1.33	0.47	0.57	0.94	0.76
	48.0	1.84	1.71	0.72	0.81	1.13	0.96
	72.0	2.11	1.85	1.54	1.39	1.61	1.37
Tangential	0.5	0.85	0.55	0.29	0.31	0.40	0.31
	1.0	1.43	0.90	0.36	0.53	0.63	0.48
	4.0	1.74	1.31	0.62	0.72	0.76	0.75
	24.0	1.89	1.70	0.78	0.99	1.15	0.98
	48.0	2.30	2.06	1.29	1.37	1.49	1.46
	72.0	2.44	2.25	2.02	1.94	2.23	2.13
Mangium							
Radial	0.5	0.07	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04
	1.0	0.12	0.10	0.08	0.09	0.13	0.08
	4.0	0.75	0.21	0.27	0.24	0.36	0.21
	24.0	1.26	0.64	0.56	0.44	0.70	0.72
	48.0	1.48	1.14	0.76	0.65	1.09	1.09
	72.0	1.91	1.80	1.13	1.02	1.15	1.43
Tangential	0.5	0.11	0.09	0.06	0.05	0.08	0.07
	1.0	0.24	0.16	0.11	0.09	0.15	0.13
	4.0	0.86	0.35	0.32	0.27	0.34	0.28
	24.0	1.59	1.08	0.66	0.52	0.82	0.75
	48.0	2.09	1.68	0.93	0.81	1.10	0.99
	72.0	2.15	1.90	1.35	1.14	1.60	1.39

Perubahan dimensi kayu secara nyata berbeda menurut jenis bahan penggerjaan akhir. Kelompok bahan politur (clear coat) memiliki pengaruh daya tolak air yang lebih rendah dibandingkan kelompok bahan cat (opaque coat). Perbedaan pengaruh ini terutama disebabkan oleh perbedaan sifat polimer (resin) yang digunakan sebagai komponen pokok dari kedua kelompok bahan penggerjaan akhir tersebut. Resin polyurethane pada bahan politur memiliki kerapatan molekul yang lebih rendah dibandingkan dengan synthetic enamel (resin) pada bahan cat, sehingga bahan finishing politur lebih mudah ditembus oleh molekul air selama proses rendaman. Perbedaan komposisi antar bahan penggerjaan akhir juga memberikan

memberikan pengaruh daya tolak air yang paling besar di antara enam bahan finishing exterior yang diuji dalam penelitian ini.

Efektivitas penggerjaan akhir dalam stabilisasi dimensi kayu dapat dilihat dari nilai efisiensi anti pengembangan sebagaimana dimuat dalam Tabel 3. Seperti nilai perubahan dimensi dalam Tabel 2, nilai efisiensi anti pengembangan diperkuat oleh faktor jenis kayu, arah serat dan jenis bahan penggerjaan akhir. Perlakuan penggerjaan akhir pada kayu jabon memiliki efektivitas yang lebih rendah daripada kayu mangium. Efisiensi anti pengembangan pada arah serat radial lebih rendah daripada arah tangensial. Hal ini berarti bahwa penggerjaan akhir

memiliki pengaruh stabilisasi dimensi yang lebih besar pada kayu tangensial.

apabila disimpan pada kondisi basah dalam tempo yang cukup lama.

Tabel 3. Nilai efisiensi anti pengembangan menurut perbedaan waktu perendaman
Table 3. Anti-swelling efficiencies due to different immersion time

Jenis kayu dan arah serat (Wood species and grain direction)	Waktu rendaman (jam) (Immersion time, hours)	Bahan finishing (Finishing material)					
		Politur (Clear coat)		Cat (Opaque coat)			
		A	B	A	B	C	D
Jabon							
Radial	0.5	35.75	57.85	87.60	89.26	80.99	79.34
	1.0	33.52	59.89	88.46	87.36	69.78	77.47
	4.0	44.70	57.20	89.77	87.50	71.21	76.52
	24.0	42.57	55.07	84.12	80.74	68.24	74.32
	48.0	38.26	52.62	75.84	72.82	62.08	67.79
	72.0	29.19	37.92	48.32	53.36	45.97	54.03
Tangential	0.5	62.72	75.88	87.28	86.40	82.46	86.40
	1.0	57.94	73.53	89.41	84.41	81.47	85.88
	4.0	63.21	72.30	86.89	84.78	83.93	84.14
	24.0	62.65	66.40	84.58	80.43	77.27	80.63
	48.0	54.90	59.61	74.71	73.14	70.78	71.37
	72.0	52.16	55.88	60.39	61.96	56.27	58.24
Mangium							
Radial	0.5	93.52	95.37	97.22	96.30	95.37	96.30
	1.0	93.33	94.44	95.56	95.00	92.78	95.56
	4.0	80.72	94.60	93.06	93.83	90.75	94.60
	24.0	71.56	85.55	87.36	90.07	84.20	83.75
	48.0	66.74	74.38	82.92	85.39	75.71	75.51
	72.0	57.08	59.55	74.61	77.08	74.16	67.87
Tangential	0.5	92.67	94.00	96.00	96.67	94.67	95.33
	1.0	88.35	93.57	95.58	96.39	93.98	94.78
	4.0	82.38	92.83	93.44	94.47	93.03	94.26
	24.0	67.39	82.32	89.20	91.50	86.58	87.73
	48.0	65.96	72.64	84.85	86.81	82.08	83.88
	72.0	64.98	69.06	78.01	81.43	73.94	77.36

Dalam Tabel 3 tampak jelas bahwa kelompok bahan politur memiliki pengaruh stabilisasi dimensi kayu yang lebih rendah daripada kelompok bahan cat. Secara umum kemampuan bahan penggerjaan akhir dalam mempertahankan dimensi kayu mengalami penurunan dengan perpanjangan waktu rendaman dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan bahan penggerjaan akhir dalam hal proteksi kayu dari perubahan dimensi hanya bersifat temporer. Perpanjangan waktu rendaman sampai dengan 120 jam (5 hari) menunjukkan nilai rata-rata efisiensi anti pengembangan kurang dari 50%. Berdasarkan nilai-nilai di atas dapatlah dimaklumi bahwa kayu yang diberi perlakuan penggerjaan akhir akan terus menyerap air

IV. KESIMPULAN

Kinerja penggerjaan akhir pada kayu jabon dan mangium menunjukkan efektivitas yang berbeda dalam hal proteksi terhadap penetrasi air dan stabilitas dimensi kayu. Penggerjaan akhir pada kayu jabon memiliki efektivitas yang lebih rendah daripada kayu mangium. Efektivitas ini juga dipengaruhi oleh arah orientasi serat dan jenis bahan penggerjaan akhir. Pengaruh penggerjaan akhir pada kayu tangensial umumnya lebih besar daripada kayu radial. Kelompok bahan cat secara konsisten memberikan pengaruh yang lebih besar daripada kelompok bahan politur. Secara keseluruhan, cat B merupakan

bahan finishing yang memberikan pengaruh paling efektif. Sedangkan di antara bahan politur, politur B memberikan pengaruh yang lebih besar daripada politur A. Kemampuan bahan penggerjaan akhir dalam stabilisasi dimensi kayu bersifat sementara dan mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu eksposre terhadap air.

DAFTAR PUSTAKA

- Choong, E.T., and S.S. Achmadi. 1991. Effect of extractives on moisture sorption and shrinkage in tropical woods. *Wood and Fiber Science* 23 (2) : 185- 196.
- Frank, G. 1988. *Wood finishing with George Frank*. Sterling Publishing Co., New York.
- Gibbia, S.W. 1981. *Wood finishing and refinishing*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Haygreen, J.G., and J.L. Bowyer. 1985. *Forest Products and wood Science*. The Iowa state University Press, Ames.

BIODATA PENULIS



Sri Komarayati

Lahir di Bandung tanggal 17 September 1955.

Lulus Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pajajaran Jurusan Biologi tahun 1983. Bekerja di Pusat Litbang Hasil Hutan sejak tahun 1985 hingga sekarang sebagai Staf Peneliti dengan spesialisasi Kimia Kayu dan Energi Biomassa.



Djeni Hendra

Lahir di Tasikmalaya tanggal 8 Januari 1955.

Lulus Akademi Kimia Analisis Bogor tahun 1985, D-IV STTT Bandung tahun 1990. Bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan sejak tahun 1983 sampai sekarang dengan spesialisasi Kimia Kayu dan Energi Biomassa.



Hariyatno Dwiprabowo

Lahir di Semarang tanggal 30 Mei 1950.

Lulus Fakultas Kehutanan IPB tahun 1976, S2 dan S3 dari North Carolina State University, AS, dengan spesialisasi Operations Research.

Bekerja di Pusat Litbang Hasil Hutan sejak tahun 1977, sejak tahun 1989 menjadi Ajun Peneliti Madya dengan spesialisasi Ekonomi Kehutanan.



Dulsalam

Lahir di Sleman tanggal 22 Juli 1955

Lulus Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada tahun 1980. Mulai bekerja di Pusat Litbang Hasil Hutan sejak tahun 1981, sejak tahun 1989 hingga sekarang menjadi Ajun Peneliti Madya dengan spesialisasi Eksplorasi Hutan.



Tjutju Nurhayati Syahri

Lahir di Bogor tanggal 16 Oktober 1944

Lulus Akademi Kimia Analis tahun 1979, Diploma IV Kimia tahun 1989 mulai bekerja di Pusat Litbang Hasil Hutan sejak tahun 1965, sejak tahun 1987 — sekarang menjabat sebagai Peneliti Muda, dengan spesialisasi Kimia Kayu dan Energi Biomassa.



Jamal Balfas

Lahir di Bogor pada tanggal 4 Juni 1958

Lulus Fakultas Kehutanan IPB tahun 1983, dan Master of Science (S2) di Australian National University, Canberra, tahun 1993. Bekerja di Pusat Litbang Hasil Hutan sejak tahun 1984 dan menjadi Ajun Peneliti Muda dengan spesialisasi Teknologi Kayu.

PETUNJUK BAGI PENULIS

BAHASA : Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia dengan ringkasan dalam bahasa Inggris atau dalam bahasa Inggris dengan ringkasan bahasa Indonesia.

FORMAT : Naskah diketik di atas kertas kuarto putih pada satu permukaan dengan 2 spasi. Pada semua tepi kertas disisakan ruang kosong minimal 3,5 cm.

JUDUL : Judul dibuat tidak lebih dari 2 baris dan harus mencerminkan isi tulisan. Nama penulis dicantumkan di-bawah judul.

RINGKASAN : Ringkasan dibuat tidak lebih dari 200 kata berupa intisari permasalahan secara menyeluruh, dan bersifat informatif mengenai hasil yang dicapai.

TABEL : Judul tabel dan keterangan yang diperlukan ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan jelas dan singkat. Tabel harus diberi nomor.

GAMBAR GARIS : Grafik dan ilustrasi lain yang berupa gambar garis harus kontras dan dibuat dengan tinta hitam. Setiap gambar garis harus diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

FOTO : Foto harus mempunyai ketajaman yang baik, diberi judul dan keterangan seperti pada gambar.

DAFTAR PUSTAKA : Daftar pustaka yang dirujuk harus disusun menurut abjad nama pengarang dengan mencantumkan tahun penerbitan, seperti teladan berikut :

- Allan, J.E. 1961. The determination of copper by atomic absorption spectrophotometry. *Spectrochim. Acta*, 17, 459 — 466.
- FAO. 1974. Logging and Log Transport in Tropical High Forest. FAO Forestry Development Paper No. 18, Rome.
- Jane, F.W. 1955. The Structure of Wood. 1st ed. p. 328. London : Black.

NOTES FOR AUTHORS

LANGUAGE : Manuscripts must be written in Indonesian with English summary or vice versa.

FORMAT : Manuscripts should be typed double spaced on one face of A4 white paper. A 3.5 cm margin should be left on all sides.

TITLE : Title must not exceed two lines, and should reflect the content of the manuscript. The author's name follows immediately under the title.

SUMMARY : Summary must not exceed 200 words, and should comprise informative essence of the entire content of the article.

TABLE : Title of tables and all necessary remarks must be written in Indonesian and English. Tables should be numbered.

LINE DRAWING : Graphs and other line drawing illustrations must be drawn in high contrast black ink. Each drawing must be numbered, titled and supplied with necessary remarks in Indonesia and English.

PHOTOGRAPH : Photographs submitted should have high contrast, and must be supplied with necessary information as in line drawing.

REFERENCE : References must be listed in alphabetical order of author's name with their year of publications as in the following example :

PERCETAKAN
c.v. *Bina Karya* ^{PT}