

PENELAAHAN PENGARUH WAKTU PENGKONDISIAN DAN PENGUNAAN PARAFIN PADA CONTOH UJI TERHADAP EMISI FORMALDEHIDA KAYU LAPIS^{*)}

*(Evaluating the effect of conditioning duration and the use of paraffin
on the formaldehyde emission from the investigated plywood samples)^{*)}*

Oleh/By

Adi Santoso & Paribotro Sutigno

Summary

In determining formaldehyde emission from plywood, the difference in its sample preparation can result in different emission value. This paper discussion the effect of conditioning duration and paraffin uses as implemented in the procedures of determining plywood formaldehyde emission.

The result show that conditioning duration and paraffin uses affected significantly the formaldehyde emission. The longer the conditioning duration the lower the emission. The relationship between conditioning duration (X) and formaldehyde emission (Y) can be expressed in regression equation, with significant correlation coefficient (r) as follows:

- being without paraffin,

$$Y = 5.81 - 0.52X \quad (r = - 0.9246); \text{ US standard}$$

$$Y = 10.93 - 1.32 X \quad (r = - 0.9433); \text{ Japan standard}$$

- being with paraffin,

$$Y = 4.83 - 0.43X \quad (r = - 0.9756); \text{ US standard}$$

$$Y = 9.01 - 0.9X \quad (r = - 0.9824); \text{ Japan standard}$$

There is a reduction in formaldehyde emission from the plywood sample when it was sealed with paraffin composed to the one without paraffin. The reduction in about 0.69 µg/ml (16.6 %) when the emission in measured according to American Standard. Meanwhile, the reduction in 0.57 µg/ml (8.5 %) when measured using Japan standard.

Key words : Plywood, conditioning duration, paraffin, formaldehyde emission

Ringkasan

Pada penetapan emisi formaldehida dari kayu lapis berdasarkan Standar Amerika dan Standar Jepang, perbedaan dalam persiapan contoh uji dapat menyebabkan nilai emisi formaldehida yang diperoleh berbeda pula. Dalam tulisan ini dikemukakan tentang pengaruh waktu pengkondisian (conditioning) dan penggunaan parafin pada contoh uji terhadap emisi formaldehida kayu lapis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengkondisian dan penggunaan parafin pada contoh uji terhadap emisi formaldehida kayu lapis adalah sangat nyata. Semakin lama waktu pengkondisian, makin rendah emisi formaldehida kayu lapis, sementara untuk kayu lapis yang diberi parafin menghasilkan emisi formaldehida yang lebih rendah daripada yang tanpa parafin. Hubungan antara waktu pengkondisian (X) dengan emisi formaldehida (Y) dapat dinyatakan dengan persamaan regresi, dengan koefisien korelasi nyata (r) sebagai berikut:

^{*)} Penelitian ini dibantu oleh teknisi (*This research assisted by*): Eman Suherman dan Enen Edriana

- tanpa parafin

$Y = 5,1 - 0,52X$ ($r = - 0,9246$); menurut Standar Amerika

$Y = 10,93 - 1,32X$ ($r = - 0,9433$); menurut Standar Jepang

- dengan parafin,

$Y = 483 - 0,43X$ ($r = - 0,9756$); menurut Standar Amerika

$Y = 9,01 - 0,9X$ ($r = - 0,9824$); menurut Standar Jepang

Dalam hal ini terjadi penurunan emisi formaldehida dari contoh kayu lapis bila diberi parafin dibandingkan dengan tanpa parafin. Nilai rata-rata emisi formaldehida pada kayu lapis yang diberi parafin berkurang sebanyak 0,69 $\mu\text{g/ml}$ (16.6 %) daripada tanpa parafin menurut Standar Amerika, dan 0.57 $\mu\text{g/ml}$ (8.5 %) menurut Standar Jepang.

Kata kunci : kayu lapis, waktu pengkondisian, parafin, emisi formaldehida

I. PENDAHULUAN

Industri kayu lapis di Indonesia sampai saat ini pada umumnya masih menggunakan perekat urea formaldehida (UF). Salah satu kelemahan dari perekat ini adalah terjadinya emisi formaldehida pada produk rekatan kayu (termasuk kayu lapis) yang dibuat dengan perekat UF, sehingga dikhawatirkan akan mencemari lingkungan berupa gangguan terhadap kesehatan bila digunakan dalam ruangan yang relatif tertutup. Beberapa negara telah mengeluarkan peraturan mengenai cara pengujian emisi formaldehida dan menetapkan kadar maksimum dari emisi formaldehida yang diperbolehkan.

Perbedaan cara pengujian emisi formaldehida dapat menyebabkan terjadinya perbedaan nilai emisi formaldehida yang diperoleh dari suatu produk kayu lapis. Selain itu pada satu macam standar masih dimungkinkan adanya perbedaan perlakuan yang juga dapat menyebabkan perbedaan nilai emisi formaldehida. Sebagai contoh dapat dikemukakan, bahwa pada Standar Amerika (Anonim, 1983) disebutkan waktu pengkondisian selama 7 hari dan pemakaian parafin pada bagian tepi contoh uji (minimal 2 x pencelupan) meskipun masih diperkenankan waktu pengkondisian kurang dari 7 hari dan tanpa pemakaian parafin, yaitu dalam hal pengendalian kualitas pabrik. Pada Standar Jepang (Anonim, 1982) tidak dikemukakan lamanya waktu pengkondisian dan tidak ditegaskan mengenai pemakaian lapisan parafin.

Pada penelitian mengenai pengaruh bahan penangkap terhadap emisi formaldehida papan partikel telah diteliti hubungan antara emisi formaldehida menurut Standar Amerika dan Standar Jepang (Sutigno dan Santoso, 1996). Ternyata terdapat hubungan di antara keduanya. Sementara Roffael (1993) telah melakukan penelitian tentang emisi formaldehida dari kayu lapis, papan partikel dan panel kayu lainnya seperti wafer board, oriented strand board (OSB) dengan menggunakan beberapa macam metode.

Berpedoman pada hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian tentang penetapan emisi formaldehida dari kayu lapis berdasarkan Standar Amerika dan Standar Jepang pada beberapa macam perlakuan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pengkondisian dan pemakaian parafin pada contoh uji terhadap emisi formaldehida kayu lapis berdasarkan Standar Amerika dan Standar Jepang. Sasarannya adalah untuk memperoleh informasi tentang hubungan antara nilai emisi formaldehida berdasarkan kedua standar pengujian tersebut.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah kayu lapis berupa tripleks dengan tebal sekitar 4 mm yang diperoleh dari pasar. Bahan lain yang dipergunakan adalah parafin, air suling (distilled water), asam khromotropik, H_2SO_4 p.a; formaldehida 37 %, H_2SO_4 1 M; HCl 0,1 N, indikator timolfalin 0,01 %, larutan asetil aseton, amonium asetat, larutan Iod 0,01 N; KOH 5 N dan indikator kanji.

B. Metode

Kayu lapis dibagi menjadi potongan uji berukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm dan setiap potongan uji diberi nomor urut. Hal ini untuk memudahkan melakukan pengacakan. Dari setiap panel kayu lapis diperoleh 24 potongan uji.

Macam perlakuan adalah lama waktu pengkondisian (0, 1, 3, 5 dan 7 hari) dan pemberian parafin pada bagian tepi contoh uji, yaitu pemberian parafin dengan cara dua kali pencelupan dan tanpa parafin. Pengujian emisi formaldehida dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan cara Standar Amerika (Anonim, 1983) dan Standar Jepang (Anonim, 1982). Jumlah kombinasi perlakuan dengan demikian adalah $5 \times 2 \times 2 = 20$, di mana 5 adalah taraf lama pengkondisian; 2 adalah pemberian parafin dan tanpa parafin; dan 2 adalah cara pengujian emisi formaldehida. Dengan unsur seluruh pengamatan (ulangan) diperlukan sebanyak 20 contoh panel kayu lapis. Banyaknya ulangan yang digunakan untuk percobaan ini adalah 4 buah, dengan demikian untuk setiap kombinasi perlakuan diperlukan 4 buah contoh panel kayu lapis. Secara keseluruhan diperlukan sebanyak $20 \times 4 = 80$ buah contoh panel kayu lapis.

Pada Standar Amerika, contoh uji berada dalam desikator selama 2 jam, sedangkan pada Standar Jepang 24 jam. Alat yang dipakai untuk menetapkan emisi formaldehida adalah spektrofotometer UV-VIS.

Untuk menelaah adanya pengaruh waktu pengkondisian, pemberian parafin dan tanpa parafin, dan cara pengujian emisi formaldehida (Standar Amerika dan Standar Jepang) terhadap emisi formaldehida tersebut digunakan rancangan acak lengkap dengan pola faktorial. Bila ada faktor yang nyata, penelaahan dilanjutkan dengan uji jarak beda nyata jujur menurut prosedur Tukey (Steel dan Torrie, 1989).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ikhtisar hasil penetapan emisi formaldehida tercantum pada Tabel 1. Persyaratan emisi formaldehida untuk kayu lapis menurut Standar Amerika adalah $0,33 \mu\text{g/ml}$ (Anonim, 1986) menurut cara desikator. Ada rencana ketentuan tersebut akan diturunkan menjadi $0,165 \mu\text{l/ml}$ atau bahkan $0,041 \mu\text{g/ml}$. Hasil penelitian yang tercantum pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semua kayu lapis yang diuji tidak memenuhi syarat Standar Amerika. Sementara bila mengacu pada persyaratan Standar Jepang (Tabel 2), kayu lapis yang diteliti ini termasuk ke dalam klasifikasi

F₃ karena nilai rata-rata emisi formaldehidanya tidak lebih dari 16,5 µg/ml atau 10 µg/ml dan nilai maksimum emisi formaldehidanya kurang dari 19,8µg/ml atau 12 µg/ml (Anonim, 1982).

Tabel 1. Emisi formaldehida dari kayu lapis (µg/ml)¹⁾
Table 1. Formaldehyde emission from plywood (µg/ml)¹⁾

Lama pengondisian, hari (Conditioning duration, days)	Standar (Standard)	
	Amerika (American)	Jepang (Japanese)
A. Tanpa parafin (Without paraffin)		
0	6,62 (5,23 - 7,80)	12,77 (12,43 - 12,97)
1	4,80 (3,98 - 5,82)	8,07 (7,97 - 8,13)
3	3,61 (3,55 - 3,92)	6,24 (5,59 - 7,20)
5	3,16 (3,01 - 3,35)	3,94 (3,47 - 4,37)
7	2,59 (2,24 - 2,81)	2,49 (2,24 - 3,00)
B. Dengan parafin (With paraffin)		
0	5,14 (4,31 - 6,70)	9,09 (7,11 - 10,24)
1	4,25 (3,94 - 4,49)	7,55 (6,32 - 9,01)
3	3,35 (3,04 - 3,69)	6,79 (5,75 - 7,61)
5	2,50 (2,07 - 2,98)	4,97 (4,81 - 5,07)
7	2,10 (1,64 - 2,53)	2,27 (1,93 - 2,74)

1) Rata-rata dari 4 ulangan (Average of 4 replication)

Tabel 2. Klasifikasi emisi formaldehida kayu lapis menurut Standar Jepang
Table 2. Clasification of plywood formaldehyde emission according to Japan Standard

Klasifikasi (Classification)	Rata-rata (Average)	Maksimum (Maximum)
F ₁	≤ 0,5 mg/L	0,7 mg/L
F ₂	≤ 5 mg/L	7 mg/L
F ₃	≤ 10 mg/L	12 mg/L

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu, yang mengemukakan bahwa sebagian besar kayu lapis dari beberapa tingkat ketebalan yang diperoleh dari beberapa industri kayu lapis yang ada di Indonesia, nilai emisi formaldehidanya tidak memenuhi persyaratan Standar Amerika untuk kayu lapis kelas I karena nilainya lebih dari 1 mg/L (Kliwon, 1988). Hasil serupa juga dikemukakan oleh Kurniah (1992), yang menyatakan bahwa kayu lapis yang diperoleh dari pasar (domestik), emisi formaldehidanya sebagian besar tidak memenuhi persyaratan Standar Amerika maupun Standar Jepang.

Secara keseluruhan, Standar Jepang memberikan nilai emisi formaldehida yang lebih besar daripada Standar Amerika. Hal ini wajar, karena menurut Standar Amerika contoh uji berada dalam desikator selama 2 jam (Anonim, 1983), sedangkan menurut Standar Jepang lama penyimpanan dalam desikator 24 jam (Anonim, 1982). Pada kayu lapis tanpa parafin nilai emisi formaldehida menurut

Standar Jepang 1,6 kali nilai emisi menurut Standar Amerika, sedangkan pada kayu lapis dengan parafin nilai tersebut adalah 1,8 kalinya. Bila di rata-rata, maka nilai emisi formaldehida pada kayu lapis menurut Standar Jepang adalah 1,7 kali atau bila dibulatkan adalah 2 x nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika. Bila ditelaah berdasarkan pada ketentuan masing-masing standar, dimana Standar Amerika mengharuskan adanya pelapisan parafin pada tepi contoh uji sedangkan pada Standar Jepang tidak demikian, maka nilai emisi formaldehida kayu lapis menurut Standar Jepang berkisar antara 1,2 -2,5 kali nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika. Hasil ini lebih rendah daripada hasil penelitian terdahulu yang mengisyaratkan bahwa nilai emisi formaldehida dari kayu lapis pasar menurut Standar Jepang adalah hampir 6 kali nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika (Kurniah, 1992). Berpedoman pada hal tersebut di atas dapat dikemukakan bahwa pemberian parafin pada tepi contoh uji menyebabkan nilai emisi formaldehida kayu lapis lebih rendah daripada tanpa parafin.

Untuk mengetahui pengaruh lama pengkondisian dan pemberian parafin terhadap emisi formaldehida dilakukan sidik ragam untuk masing-masing standar pengujian yang hasilnya tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Ikhtisar sidik ragam emisi formaldehida

Table 3. Summary of analysis of variance on formaldehyde emission

Sumber keragaman (Source of variation)	Standar Amerika (American Standard)	Standar Jepang (Japanese Standard)	Keterangan (Remarks)
Lama penyesuaian (Conditioning duration), A	2,92 *)	24,67 **)	*) Nyata (Significant)
Pelapisan (Lamination), B	160,37 **)	1120,10 **)	**) Sangat nyata
Interaksi (Interaction), AB	1,07	25,67 **)	(Highly significant)

Hasil sidik ragam pada Standar Amerika (Tabel 3) menunjukkan bahwa pengaruh lama pengkondisian terhadap emisi formaldehida kayu lapis adalah nyata, sedangkan pada Standar Jepang sangat nyata. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Roffael (1993) yang menunjukkan bahwa lamanya prakondisi dari contoh uji berpengaruh terhadap emisi formaldehida panel kayu. Makin lama prakondisi dilakukan, maka emisi formaldehida dari contoh uji semakin turun sampai pada batas tertentu. Sementara pemberian parafin pada contoh uji ternyata sangat berpengaruh terhadap emisi formaldehida, baik menurut Standar Amerika maupun Standar Jepang, tetapi interaksinya hanya berpengaruh sangat nyata pada Standar Jepang saja, sedangkan pada Standar Amerika tidak nyata. Nilai rata-rata emisi formaldehida pada kayu lapis yang diberi parafin berkurang 0,69 µg/ml (16,6 %) daripada tanpa parafin menurut Standar Amerika, sedangkan menurut Standar Jepang 0,57 µg/ml (8,5 %). Dengan adanya parafin maka pelepasan formaldehida dari kayu lapis terhambat.

Oleh karena pengaruh lama pengkondisian maupun pemberian parafin sangat nyata, maka dilakukan uji beda menurut prosedur Tukey yang hasilnya tercantum pada Tabel 4.

Standar Jepang 1,6 kali nilai emisi menurut Standar Amerika, sedangkan pada kayu lapis dengan parafin nilai tersebut adalah 1,8 kalinya. Bila di rata-rata, maka nilai emisi formaldehida pada kayu lapis menurut Standar Jepang adalah 1,7 kali atau bila dibulatkan adalah 2 x nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika. Bila ditelaah berdasarkan pada ketentuan masing-masing standar, dimana Standar Amerika mengharuskan adanya pelapisan parafin pada tepi contoh uji sedangkan pada Standar Jepang tidak demikian, maka nilai emisi formaldehida kayu lapis menurut Standar Jepang berkisar antara 1,2 -2,5 kali nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika. Hasil ini lebih rendah daripada hasil penelitian terdahulu yang mengisyaratkan bahwa nilai emisi formaldehida dari kayu lapis pasar menurut Standar Jepang adalah hampir 6 kali nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika (Kurniah, 1992). Berpedoman pada hal tersebut di atas dapat dikemukakan bahwa pemberian parafin pada tepi contoh uji menyebabkan nilai emisi formaldehida kayu lapis lebih rendah daripada tanpa parafin.

Untuk mengetahui pengaruh lama pengkondisian dan pemberian parafin terhadap emisi formaldehida dilakukan sidik ragam untuk masing-masing standar pengujian yang hasilnya tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Ikhtisar sidik ragam emisi formaldehida

Table 3. Summary of analysis of variance on formaldehyde emission

Sumber keragaman (Source of variation)	Standar Amerika (American Standard)	Standar Jepang (Japanese Standard)	Keterangan (Remarks)
Lama penyesuaian (Conditioning duration), A	2,92 *)	24,67 **)	*) Nyata (Significant)
Pelapisan (Lamination), B	160,37 **)	1120,10 **)	**) Sangat nyata
Interaksi (Interaction), AB	1,07	25,67 **)	(Highly significant)

Hasil sidik ragam pada Standar Amerika (Tabel 3) menunjukkan bahwa pengaruh lama pengkondisian terhadap emisi formaldehida kayu lapis adalah nyata, sedangkan pada Standar Jepang sangat nyata. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Roffael (1993) yang menunjukkan bahwa lamanya prakondisi dari contoh uji berpengaruh terhadap emisi formaldehida panel kayu. Makin lama prakondisi dilakukan, maka emisi formaldehida dari contoh uji semakin turun sampai pada batas tertentu. Sementara pemberian parafin pada contoh uji ternyata sangat berpengaruh terhadap emisi formaldehida, baik menurut Standar Amerika maupun Standar Jepang, tetapi interaksinya hanya berpengaruh sangat nyata pada Standar Jepang saja, sedangkan pada Standar Amerika tidak nyata. Nilai rata-rata emisi formaldehida pada kayu lapis yang diberi parafin berkurang 0,69 µg/ml (16,6 %) daripada tanpa parafin menurut Standar Amerika, sedangkan menurut Standar Jepang 0,57 µg/ml (8,5 %). Dengan adanya parafin maka pelepasan formaldehida dari kayu lapis terhambat.

Oleh karena pengaruh lama pengkondisian maupun pemberian parafin sangat nyata, maka dilakukan uji beda menurut prosedur Tukey yang hasilnya tercantum pada Tabel 4.

Tabel 5. Hubungan antara lama penyesuaian (X, hari) dengan emisi formaldehida (Y, µg/ml)

Table 5. Relationship between conditioning duration (X, days) and formaldehyde emission (Y, µg/ml)

Perlakuan (Treatment)		Hubungan (Relationship)	n	Fhitung ($F_{\text{calculation}}$)	R
Tanpa parafin (Without paraffin)	a	$Y = 5,81 - 0,52 X$	20	218,48 **	- 0,9245 **
	b	$Y = 10,93 - 1,32 X$	20	1224,22 **	- 0,9433 **
Dengan parafin (With paraffin)	a	$Y = 4,83 - 0,43 X$	20	149,34 **	- 0,9786 **
	b	$Y = 9,01 - 0,90 X$	20	569,11 **	- 0,9824 **

Keterangan (Remarks): ** = Sangat nyata (Highly significant)
 a = Standar Amerika (American Standard)
 b = Standar Jepang (Japanese Standard)
 n = Jumlah pasangan pengamatan (Number of paired observations (x,y))

Dari Tabel 5 dapat dilihat terdapat perbedaan persamaan regresi ($Y = a + bX$) hubungan antara lama pengkondisian (X) dengan emisi formaldehida (Y) antara Standar Amerika dan Standar Jepang baik untuk perlakuan tanpa parafin maupun perlakuan dengan parafin. Untuk tanpa parafin, melalui evaluasi analisis kedua persamaan regresi (Standar Amerika dengan Standar Jepang) diperoleh titik pertemuan di mana emisi formaldehida (Y) akan sama pada lama pengkondisian (X) 6,3 kali. Karena menurut hasil uji BNJ (Tabel 4) tak terdapat perbedaan nyata antara lama pengkondisian 5 dengan 7 hari terhadap emisi formaldehida, dengan demikian waktu 5 hari dapat dianggap sebagai lama pengkondisian maksimum untuk yang tanpa parafin.

Selanjutnya untuk yang menggunakan parafin, evaluasi analisis serupa terhadap kedua persamaan regresi (Standar Amerika dan Standar Jepang) diperoleh titik pertemuan pada lama pengkondisian (X) 8,8 hari. Tetapi dengan melihat hasil uji BNJ (Tabel 4) di mana nilai emisi formaldehida Standar Amerika dengan Standar Jepang tidak jauh berbeda pada lama pengkondisian 7 hari, maka waktu 7 hari tersebut dapat dipandang sebagai lama pengkondisian maksimum untuk penggunaan parafin.

Lebih lanjut keeratan hubungan antara nilai emisi formaldehida Standar Amerika (Y_1) dan Standar Jepang (Y_2) dapat diutarakan dengan koefisien korelasi ($r_{Y_1Y_2}$) yaitu berturut-turut + 0,9918 (tanpa parafin) dan + 0,9469 (dengan parafin).

IV. KESIMPULAN

Nilai emisi formaldehida yang diperoleh dari kayu lapis sangat dipengaruhi oleh faktor perlakuan terhadap contoh ujinya, dalam hal ini berupa lama pengkondisian (conditioning) dan pemberian (lapisan) parafin pada setiap sisi contoh uji. Hubungan antara lama pengkondisian dengan emisi formaldehida dapat dinyatakan dengan persamaan garis regresi linear. Semakin lama waktu pengkondisian, makin rendah emisi formaldehida kayu lapis, sementara untuk kayu lapis yang diberi parafin menghasilkan emisi formaldehida yang lebih rendah daripada tanpa parafin.

Nilai rata-rata emisi formaldehida pada kayu lapis yang diberi parafin berkurang sebanyak 0,69 µg/ml (16,6 %) daripada tanpa parafin menurut Standar Amerika, dan 0,57 µg/ml (8,5 %) menurut Standar Jepang.

Terdapat hubungan yang nyata antara nilai emisi formaldehida (y) dengan waktu pengkondisian (X) baik menurut Standar Amerika maupun menurut Standar Jepang, yang dinyatakan dalam bentuk persamaan regresi ($Y = a + bX$). Persamaan regresi tersebut menunjukkan perbedaan emisi antara Standar Amerika dan Standar Jepang, tetapi perbedaan tersebut menjadi tidak nyata pada waktu pengkondisian tertentu (7 hari untuk yang diberi parafin, dan 5 hari untuk yang tanpa parafin). Dengan demikian waktu 5 dan 7 hari tersebut masing-masing dapat digunakan untuk menduga nilai emisi formaldehida menurut Standar Amerika menggunakan persamaan regresi Standar Jepang, dan sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982. The Test Method for The Evaporated Amount of Formaldehyde in The Japanese Agricultural Standard for Ordinary Plywood, Plywood for Special Use and Flooring Plywood – Japanese Standards Association, Tokyo.
- , 1983. Small Scale Test Method for Determining Formaldehyde Emissions from Wood Products Two-Hour Desicator Test (FTM. I). National Particleboard Association (NPA), Hardwood Plywood Manufacturer Association (HPMA), Formaldehyde Institute (FI), Washington DC.
- Kliwon, S. 1988. Emisi gas formaldehida dari beberapa tingkat ketebalan kayu lapis. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 5(3): 128 – 130.
- Roffael, E. 1993. Formaldehyde Release from Particleboard and Other Wood Based Panels. *Malayan Forest Records* No. 37. FRIM. Kepong, Kuala Lumpur.
- Steel, R.G.D dan J.H Torrie. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika, Suatu Pendekatan Biometrik*. Terjemahan PT. Gramedia. Jakarta.
- Sudjana, 1991. *Disain dan Analisis Eksperimen*. Tarsito. Bandung
- Sutigno, P. dan A. Santoso. 1996. Pengaruh penambahan urea dan melamin pada perekat urea formaldehida terhadap emisi formaldehida dan sifat fisis-mekanis papan partikel. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* Vol. 14(5) : 178 – 191.