

Effects of Wood Species and Log Diameter on Veneer Recovery

B. Kewilaa

Abstract

The total plywood production depends on veneer production due to log consumption. The ratio of veneer volume to log volume was stated as veneer recovery. The veneer recovery was affected by wood species and log diameter. Three wood species of *Shorea selanica*, *Terminalia catapa* and *Duabanga moluccana* were used in this experiment with four levels of log diameters. This experiment used the split block design and orthogonal polynomial analyses for equal space. The statistical analysis shows that wood species, log diameter and their interaction gave significance to highly significant effects on veneer recovery. The regression model for effect of log diameter (X) on veneer recovery (Y) by orthogonal polynomial analysis was $Y = 34.373 + 0.429 X$, with $R^2 = 0.7366$.

Key words: wood species, log diameter, veneer recovery.

Introduction

Forest industries were once regarded as the biggest contributor to the Indonesian economy (Prana *et al.* 2002). But that was not going on for long since it was soon realized that there was not enough raw materials to support the industries. The development of industrial timber plantations, which has been launched for a decade, could not save the industries from being collapsed. One of the major problems has been insufficient supply of raw materials. Recently many countries prefer to use woods from plantation forest rather than from natural forest due to the issues of decreasing the quality of global ecosystem.

Plywood, one of wood based panels, is produced from veneer. Veneers are manufactured from logs by a peeling process. Usually the veneer volume production is smaller than the logs volume; it is indicated as the percentage recovery. The recovery was affected by variation properties on wood species and log diameter. Wood species with higher specific gravity were more difficult to peel than species with lower specific gravity. It correlates to minimize the recovery (Kamil 1970). On the other hand wood species and logs diameter give significant affect on recovery (Sastrodiharjo 1977; Rachman and Karnasudirja 1978). It means that the bigger the diameter, the bigger the recovery (Rine 1952 in Kainama 1997).

The most important task of plywood producing industry is to estimate equivalent consumption of logs and main species being utilized (FAO 1966). Haygreen and Bowyer (1982) state that woods are grouped in four classes by stiffness and strength properties. Red meranti is grouped in the second class. For most plywood grades, the group is determined by the species of the face and back veneer. The inner veneer may be of a lower class.

Almost any species of wood can be peeled and converted to plywood (FAO 1966). Even so, the well-

known principal wood species can give the biggest proportional contribution to the raw material requirement of plywood industry. The higher yield of veneer can be obtained from the good quality log (Haygreen and Bowyer 1982). FAO (1966) states, it is essential that before any species can be accepted for plywood veneer, that it should be peeled and sliced satisfactorily. Generally, most timber can be peeled satisfactorily and the veneer quality and percentage recovery are largely a matter of determining the proper manufacturing conditions consistent with characteristic of wood raw material. The range of timbers which can be successfully peeled are thus very large and cover a wide range of densities, from quite light timber to species that are heavier. Very low density wood can be difficult to peel except when the moisture content is high and the cell are filled with water; this gives mechanical support to the cell wall during cutting.

FAO (1966) states that log size and quality for plywood manufacture can vary widely from country to country depending upon whether the logs are required for local manufacture or for export. The minimum diameter requirements for plywood logs usually exceed those acceptable for sawn timber. Much, however, depends upon the natural limit of growth for specific timber species and whether logs are destined for local conversion or for export markets. The minimum diameter for most tropical species is usually about 0.45 m (FAO 1966). But Ackay *et al.* (2005) state that many forest stands in numerous underdeveloped countries are over stacked with small diameter trees. Avery (1975) states that for most hardwood species, veneer log must have a minimum diameter of 35 cm; preferred length range from 1.83 to 4.88 m, plus trim allowance. Rotary cut veneers are obtained from good quality logs. Output can be closely estimated from the difference between two cylinders, one based on the diameter of the veneer bolt at the small end and the other based on a presumed core diameter.

FAO (1966) states that logs for peeling from 1.0 to 1.9 m are obtained by crosscutting. Although a relatively low percentage recovery of the total log volume is obtained for veneer manufacture in this way, the logs are of very high grade and produce virtually all clear veneer. The quality of logs that are acceptable will vary according to the cost of the logs at the plywood mill. If this is high from a combination of stumpage, felling and transport charges, then only selected qualities can usually be accepted, because the percentage recovery of plywood from the log become very important.

In production process of raw materials to produce any product the industry must be able to reduce wastes and cost. The method to reduce these is a part of efficiency principles. So it is important for developing nations to establish an efficient wood supply system because they have a large population (Amano 2001).

Via and Shupe (2005) state that in the forest product industry, very rarely do manufacturers share production number with suppliers. As a result procurement managers find it difficult to forecast log quantity and species needed by local mills and instead have to react to immediate market and environmental conditions during harvest. Such independence between forest resources and manufacturing can be confounded for industry that produce a range of product from various species and make forecasting for log demand a challenging task (Kallio 2001 in Via and Shupe 2005). Being able to predict the number of logs a mill might process at the same time would be useful for forest managers in prioritizing which number of log to harvest, but this can only be done if manufacturers share products number with suppliers. Ackay *et al.* (2005) state that every mills have always wanted to maximize yield in order to reduce waste and increase profit.

The efficiency of log used could be predicted by log diameter minus log core. The size of log core diameter depends on rotary spindle head (Surachman 1979). The veneer volume is affected by log diameter (Sastrodiharjo 1977) and the percentage recovery is affected by wood species and log diameter (Rachman and Karnasudirja 1978). The Philippines Council for Agriculture and Resources research (1979) states that for Dipterocarps, veneer yield from rotary cutting has a linear relationship with the interaction of both diameter and percentage utility volume.

Average efficiency level of forest yield processed for wood conversion on plywood industry was between 45-55% (Apkindo 2000). The aim of log conversion by peeling is to obtain high yield and high quality in veneer production.

The total industry production of PT. Jati Dharma Indah Plywood Industry was 82,961.246 m³ and plywood was 33,132.92 m³ in 1995/1996 (Anonymous 2000). The total plywood production depends on the number of

veneers that can be produced relatively to log consumption.

Shorea selanica, *Terminalia catapa* and *Duabanga moluccana* were selected because they are widely used at PT. Jati Dharma Indah Plywood Industry. Those species can be used to make veneer on data currently available, a list of wood species being used for veneer and plywood manufacturing (Martawijaya *et al.* 1981; Dumanauw dan Virsarany 1979; Nitihardjo 1985 and Sutisna *et al.* 1998). Large quantities of *Shorea spp* scatter in Seram, Buru, Obi, Sula and Halmahera Islands (Martawijaya *et al.* 1981) and *Duabanga moluccana* in the east region (Sutisna *et al.* 1998).

The specific gravity of *Shorea selanica* is between 0.39 ~ 0.52 (Martawijaya *et al.* 1981), *Terminalia catapa* is between 0.41 ~ 0.85 and *Duabanga moluccana* is between 0.27 ~ 0.51 (Dumanauw dan Virsarany 1979). Those species can be used for veneer making because the common range of air-dry density of plywood and veneer species is about 0.40 g/cm³ to 0.70 g/cm³ with preference for species about 0.50 g/cm³ to 0.55 g/cm³ (FAO 1966). A few species are used below the lower limit, but lower density wood has the disadvantage of being too soft for most uses (FAO 1966).

The purpose of this research is to know the effects of wood species and log diameter on veneer recovery and to fix regression model by orthogonal polynomial method on equal space (Steel and Torrie 1991) in order to estimate veneer recovery. The study specifically sought to determine if any unique variance in percentage recovery was explained by wood species and log diameters. The study emphasis was on recovery because many prior studies shown that recovery was influenced by wood species and log diameter (Kamil 1970; Sastradiharjo 1977; Rachman and Karnasudirja 1978; Kainama 1997). The overall goal of this study was to provide information that can be used by wood industry managers to predict the amount of veneer production due to the log consumption for plywood making.

Materials and Methods

Materials

Three wood species, *Shorea selanica*, *Terminalia catapa* and *Duabanga molucana*, were selected because they are mostly used in the Jati Dharma Indah Plywood Industry. A total of 36 pieces of fresh green logs 2.65 m in length with diameter between 50 ~ 89 cm, were brought to rotary lathe for peeling process.

Procedure

A total of 36 logs were brought to rotary lathe for peeling. Before peeling process the length and diameter of the logs were measured. The log volume was stated as input. The length, the width and the thickness of veneers were measured after peeling until veneer

preparation process fixed the veneer output volume and stated them as output. The ratio of output to input was stated as the recovery. The woods raw materials as base data consist of 36 logs. The detailed steps of processing to collect data were:

1. To measure diameter and length of logs, those are important to fix the log volume as the volume input.
2. To peel the logs at rotary lathe: the logs are brought to rotary lathe for peeling process. The yield of peeling process were core random veneers, face/back veneers and center core veneers.
3. To dry: the yields of this process were face/back veneer, back random veneer and random core veneer.
4. To prepare: this step is the end of veneer processing. The veneers yield were produced include face veneers, back veneers and core veneers. Their volumes were stated as volume output to fix the percentage veneer recovery.

The data of that process were used to fix the volume of logs as an input factor, and the veneer volume as an output factor using the following formulas:

$$V_{\log} = 0.7854 \times l \times d^2$$

$$V_{\text{vnr}} = Q \times L \times W \times T$$

$$\text{Recovery} = \text{Output/input} \times 100\%$$

Where:

V_{\log} = log volume (m³)

l = log length (m)

d = log diameter (m)

V_{vnr} = veneer volume (m³)

Q = veneer quantity

L = veneer length

W = veneer width (m)

T = veneer thickness (m)

Data Analysis

The experiment consists of two factors. The A factor was species with three levels, i.e. *Shorea selanica* (a₁), *Terminalia catapa* (a₂) and *Duabanga moluccana* (a₃). The B factor was log diameter with four levels, i.e. 50 ~ 59 cm (b₁), 60 ~ 69 cm (b₂), 70 ~ 79 cm (b₃) and 80 ~ 89 cm (b₄) with three replications for each or 36 unit experiments.

This experiment used a split block design analysis to determine the difference between the treatment means and orthogonal polynomial analysis in order to find regression model (Steel and Torrie 1991). In this experiment, wood species and log diameter represented the whole plots, the plots of each factor physically cross one another. The research consists of 12 unit experiments with three replications or 36 unit experiments.

Results and Discussions

Results of experiment are given in Table 1. The experiment data showed that recoveries ranged from 51.40 ~ 69.74% and the average recovery was 60.23% (Table 1). Table 2 shows that the average recovery data of combination factors between *Shorea selanica* and 50 ~ 59 cm log diameter gives the lowest, and combination between the same species and 80 ~ 89 cm log diameter gives the highest percentage of recovery.

While the average recovery on species level *Shorea selanica* was the highest (61.62%) and *Duabanga moluccana* was the lowest (58.49%). And on the diameter levels, the 80 ~ 89 cm level is the highest (65.75%) and the 50 ~ 59 cm level is the lowest (54.53%) as shown in Table 2.

Statistical analysis shows that wood species and log diameter give highly significant effect and their interaction gives a significant effect on the recovery (Table 3).

Table 1. Veneer recovery as influenced by woods species and log diameters (percent).

Species	Log Diameter (cm)	Replication			Total	Average
		1	2	3		
<i>Shorea selanica</i>	50 ~ 59	51.40	56.12	53.38	160.90	61.62
	60 ~ 69	56.65	58.31	59.27	174.23	
	70 ~ 79	67.36	63.80	68.87	200.03	
	80 ~ 89	69.74	65.38	69.18	204.30	
<i>Terminalia catapa</i>	50 ~ 59	52.81	57.55	57.13	167.49	60.56
	60 ~ 69	58.95	57.91	58.06	174.92	
	70 ~ 79	62.99	61.21	62.72	186.92	
	80 ~ 89	64.49	66.56	66.43	197.48	
<i>Duabanga moluccana</i>	50 ~ 59	52.93	53.75	55.74	162.42	58.49
	60 ~ 69	56.27	57.32	57.63	176.22	
	70 ~ 79	59.63	60.54	58.13	178.30	
	80 ~ 89	60.92	63.78	65.28	189.98	
Total				2168.19	60.23	

Table 2. The sub total of veneer recovery as influenced by wood species and log diameter.

Species	Log diameter (cm)				Total	Average
	50 ~ 59	60 ~ 69	70 ~ 79	80 ~ 89		
Sub total veneer recovery (%)						
<i>Shorea selanica</i>	160.90	174.23	200.03	204.30	739.46	61.62
<i>Terminalia catapa</i>	167.49	174.92	186.92	197.48	726.81	60.56
<i>Duabanga moluccana</i>	162.42	171.22	178.30	189.98	701.92	58.49
Sub total	490.81	520.37	565.25	591.76	2168.19	-----
Average	54.53	57.81	62.81	65.75	-----	60.23

Table 3. Analysis of variance

Source of Variation	Df	SS	MS	F _c	F _t	
					5%	1%
Block	2	13.06	6.53	2.03	3.89	6.93
Species (A)	2	60.80	30.40	27.39**	6.94	18.00
Error (a)	4	4.43	1.11			
Log diameter (B)	3	678.32	226.11	66.31**	4.76	9.78
Error (b)	6	20.44	3.41			
Int. AB	6	63.74	10.62	3.31*	3.00	4.82
Error (c)	12	38.53	3.21			
Total	35	879.32				

Notes: Df = degrees of freedom, SS = sum of squares, MS = mean square, F_c = f computed, F_t = f table
 * = Significant, ** = Highly Significant

Table 4. The description of SS log diameter by orthogonal polynomial method

Effect	Diameter				Q	rΣCi ²	SS	Fc	F _{Table}	
	50 cm up 490.81	60 cm up 520.37	70 cm up 565.25	80 cm up 591.76					5 %	1 %
l	- 3	- 1	+ 1	+ 3	347.73	9 (20)	671.76	197**	5.99	13.75
q	+ 1	- 1	- 1	+ 3	-3.05	9 (4)	0.26	< 1		
c	- 1	+ 3	- 3	+ 1	33.69	9 (20)	6.30	1.9		
							678.32			

Note : Q = Contrasts = ΣCiYi ; ΣCi are given in appendix (Table 6) for each comparison
 r = Equal space; SS = Sum Square ; Fc = Fcalculate

In that significant effect, the analysis can be continued by orthogonal polynomial analyses to fix the regression model. The result of orthogonal polynomial analysis is shown at Table 4, and then the regression model is:

$$\hat{Y} = \bar{y} + \beta_1 \lambda_1 \xi_1$$

$$= 60.23 + \frac{347.73}{9(20)} (2) \left[\frac{X - 60.23}{9} \right]$$

$$= 34.373 + 0.429 X \dots\dots\dots (1)$$

where :
 \hat{Y} = Veneer recovery prediction
 \bar{Y} = Avenge veneer recovery
 b_1 = Coeficiet regressian
 λ_1 are found in appendix (Table 6)
 ξ_1 = orthogonal plynomial for equal spaced x's are
 defined by $\xi_1 = \frac{x_i - \bar{x}}{d}$
 x = Log diameter
 \bar{x} = Average log diameter
 d = Equal space

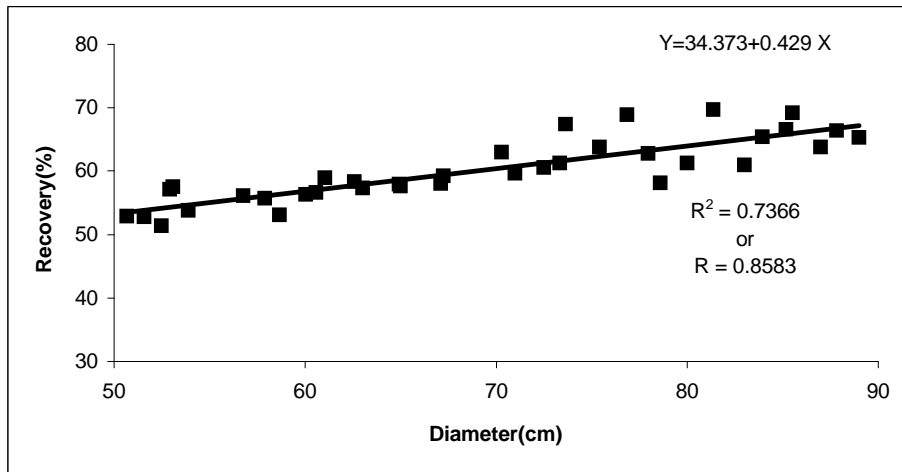


Figure 1. The relation between log diameters and veneer recoveries
 Note: ■ = Recovery data

The equation above simply means that percentage veneer recovery increases at a rate of 0.429% per unit increases in the value of log diameter. Following equation (1), the effect of diameter to recovery is by increased veneer volume out put. The polynomial equation was fitted to the 36 data point (Appendix 1) comprising Figure 1.

Equation (1) shows the result of the curve-fitting process. The equations fit the data well with a coefficient of determination of 73.66% for veneer recovery value. It means that 73.66% of variation in a veneer recoveries variable is explained by diameter variable. The coefficient of non-determination is given by $1 - R^2 = 26.34\%$. It means that 26.34% is unexplained proportion of total sum of squares. Usually, it makes the bases of an error term. The slope of the curves increases after the veneer recovery passed 34.373%. The pattern corresponds to the experimental result obtained by Sastrodiharjo (1977); Rachman and Karnasudirja (1978); Kainama (1997), who also found out that there was an increase in recovery when the log diameter increased. When the data were analyzed, there were statistically significant differences between recoveries through variation in log diameters, species and their interaction.

The correlation analyses found that $R = 0.858$. It means that the diameter data have a strong correlate with recovery data. The correlation coefficient measures the closeness with which the regression line fits observed point. Thus the correlation coefficient measures the effect of independent variable (X) on the depended variable (Y). For $R = 0.858$ or $R^2 = 0.7366$ it means that 73.66% of the variation in a dependent variable (veneer recovery) is explained by independent variable (log diameter). The coefficient of nondetermination is given by $1 - R^2 = 26.34$. It means that

26.34% is unexplained proportion of total sum of squares, usually as the bases of an error term.

The result of this research can support the forest yield through a parcel of data, information and science in order to strengthen the planning and problem solving; therefore can contribute a rational way in applying yield method to solve the industry problem especially on veneer making. The prediction of veneer recovery by equation is shown at Appendix (Table 5).

Conclusions

1. Wood species and log diameter separately give a highly significant effect and their interaction gives a significant effect on veneer recovery.
2. The highest veneer recovery was shown by interaction effect of *Shorea selanica* and 80 ~ 89 cm log diameter.
3. The regression model by orthogonal polynomial analysis for the effect of log diameter (X) on veneer recovery (Y) is: $Y = 34.373 + 0.429 X$; $R^2 = 0.7366$

Suggestions

1. The model can be used to predict the percentage veneer recovery especially on *Shorea selanica*, *Terminalia catapa* and *Duabanga moluccana*.
2. It is necessary to search for more other wood species and factors to find a highly recovery in veneer manufacturing.

References

- Ackay, H.; C. Eckelman and E. Hairarova. 2005. Withdrawal, Shear, and Bending Moment Capacities of Round Mortise and Tenon Timber Framing Point. *Forest Products Journal* 55(6): 60-67.
- Amano, M. 2001. Trend of Forest Resources in the World and their Relations with Global Warming. *Farming Japan* 35 (1): 10-19.
- Anonymous, 2000. Pengembangan Pengelolaan Beberapa Industri Hasil Hutan di Maluku. Laporan Penelitian Kanwil Departemen Kehutanan dan Perkebunan Kerjasama dengan Fakultas Pertanian Unpatti. Ambon.
- Apkindo. 2000. Teknik dan Sistem Manajemen Jaminan Mutu Industri Kayu Lapis. Pusat Penelitian Hasil Hutan Pusdiklat Departemen Kehutanan dan Perkebunan Bogor.
- Avery, T.E. 1975. Primary Wood Products. Natural Resources Measurements. Second Edition. New York, Aucland, Toronto. pp. 134-154.
- Dumanauw, J. F dan T. Virsarany. 1979. Mengenal Sifat-sifat Kayu Indonesia dan Penggunaannya. PIKA. Semarang.
- FAO. 1966. Plywood and Other Based Panel. Report of an International Consultation on Plywood and Other Wood-Based Panel Product. Rome. pp. 223.
- Haygreen, J. G. and J. L. Bowyer. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction. The Iowa State University Press/Ames.
- Kainama, E. 1997. Pengaruh Kualita dan Diameter Dolog terhadap Rendemen Volume Finir pada PT. Artika Optima Inti. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Pattimura Ambon.
- Kamil, R.N. 1970. Kayu Agathis sebagai Bahan Baku Kayu Lapis. Lembaga Penelitian Hasil Hutan No. 96. Bogor.
- Martawijaya, A.; I. Kartasujana; K. Kadir and S.A. Prawira. 1981. Atlas Kayu Indonesia. Jilid I. Bogor.
- Nitihardjo, S. 1985. Mengenal Tiga Puluh Jenis Kayu. Departemen Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan.
- Philippines Council for Agriculture and Resources Research. 1979. The Philippines Recommends for Dipterocarps. Veneer and Plywood. Los Banos, Laguna, Philippines.
- Prana, M. S.; J. Kartasubrata; N.W. Soetjipto and A. Afandi. 2002. Alternative Species as Raw Materials for Wood-Based Industries in Indonesia. Proceedings of the Fourth International Wood Science Symposium. Serpong, Indonesia. pp. 283-286.
- Rachman, O. dan Karnasudirja. 1978. Telaah Kasus tentang Limbah. Lembaga Penelitian hasil Hutan No. 121. Bogor.
- Sastrodiharjo. 1977. Persyaratan Bahan Baku Logs dan Pengaruhnya Terhadap Rendemen Eksport Kayu Jati Gergajian. Proceedings Diskusi Umum. Manajemen Industri Penggajian. Kelembagaan Penelitian Hasil Hutan Bogor. Indonesia Sawmill Association, Persatuan Sarjana Kehutanan Indonesia. Bogor.
- Steel R.G.D dan J.H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika. Suatu Pendekatan Biometrika. Penerbit PT. Gramedia. Pustaka Utama, Jakarta.
- Surachman. 1979. Penelitian Persentase Limbah Pabrik Kayu Lapis di Pontianak dan Kemungkinan Pemanfaatannya. Fakultas Pertanian Jurusan Kehutanan Universitas Tanjung Pura Afiliasi Fakultas Kehutanan IPB.
- Sutisna, U; T. Kalima and Purnadjaja. 1998. Seri Manual. Pedoman Pengenalan Pohon Hutan di Indonesia. Prosea Network Office. Yayasan Prosea-Bogor.
- Via, B.K. and T.F. Shupe. 2005. Relationship of Species and Season to Sawmill by Product Production. A Case Study. *Forest Products Journal*. 55(7/8): 35-41.

Received : 09 Nopember 2005

Accepted : 25 April 2006

Final revision : 28 Mei 2007

B. Kewilaa
Fakultas Pertanian Universitas Pattimura
(Faculty of Agriculture, Pattimura University)
Jl. Achmad Yani, Batu Gajah, Ambon
Telp. 0911-315984
Appendix

Table 5. The effect of diameter on veneer recovery.

No.	Wood Species	Log Diameter (cm)	Recovery data (%)	Fitted (%)
1.	<i>Shorea selanica</i>	52.48	51.40	56.88
2.	<i>Shorea selanica</i>	56.75	56.12	58.71
3.	<i>Shorea selanica</i>	58.66	53.12	59.53
4.	<i>Shorea selanica</i>	60.58	56.65	60.36
5.	<i>Shorea selanica</i>	62.60	58.31	61.22
6.	<i>Shorea selanica</i>	67.23	59.27	63.21
7.	<i>Shorea selanica</i>	73.64	67.36	65.96
8.	<i>Shorea selanica</i>	75.40	63.80	66.71
9.	<i>Shorea selanica</i>	76.85	68.87	67.34
10.	<i>Shorea selanica</i>	81.38	69.74	69.28
11.	<i>Shorea selanica</i>	83.95	65.38	62.42
12.	<i>Shorea selanica</i>	85.51	69.18	71.05
13.	<i>Terminalia catapa</i>	51.58	52.81	56.50
14.	<i>Terminalia catapa</i>	53.08	57.55	57.14
15.	<i>Terminalia catapa</i>	52.92	57.15	57.07
16.	<i>Terminalia catapa</i>	61.03	58.95	60.55
17.	<i>Terminalia catapa</i>	64.92	57.91	62.22
18.	<i>Terminalia catapa</i>	67.11	58.06	63.16
19.	<i>Terminalia catapa</i>	70.28	62.99	64.52
20.	<i>Terminalia catapa</i>	73.33	61.21	65.83
21.	<i>Terminalia catapa</i>	77.94	62.72	67.80
22.	<i>Terminalia catapa</i>	80.00	61.21	68.69
23.	<i>Terminalia catapa</i>	85.17	66.56	70.91
24.	<i>Terminalia catapa</i>	87.84	66.43	72.05
25.	<i>Duabanga moluccana</i>	50.66	52.93	56.10
26.	<i>Duabanga moluccana</i>	53.87	53.75	57.48
27.	<i>Duabanga moluccana</i>	57.91	55.74	59.21
28.	<i>Duabanga moluccana</i>	60.05	56.27	60.13
29.	<i>Duabanga moluccana</i>	63.03	57.32	61.41
30.	<i>Duabanga moluccana</i>	64.99	57.63	62.25
31.	<i>Duabanga moluccana</i>	71.00	59.63	64.83
32.	<i>Duabanga moluccana</i>	72.48	60.54	65.46
33.	<i>Duabanga moluccana</i>	78.58	58.13	68.08
34.	<i>Duabanga moluccana</i>	82.99	60.92	69.97
35.	<i>Duabanga moluccana</i>	87.00	63.78	71.69
36.	<i>Duabanga moluccana</i>	88.99	65.28	72.54

Table 6. Coefficients and divisors for orthogonal comparisons in regression: equally spaced treatments

Treatments	Degree of Polynomial	Treatment Totals						Divisor = $\sum c_i^2$	λ
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆		
2	1	-1	+1					2	2
3	1	-1	0	+1				2	1
	2	+1	-2	+1				6	3
4	1	-3	-1	+1	+3			20	2
	2	+1	-1	-1	+1			4	1
	3	-1	+3	-3	+1			20	10/3
5	1	-2	-1	0	+1	+2		10	1
	2	+2	-1	-2	-1	+2		14	1
	3	-1	+2	0	-2	+1		10	5/6
	4	+1	-4	+6	-4	+1		70	35/12
6	1	-5	-3	-1	+1	+3	+5	70	2
	2	+5	-1	-4	-4	-1	+5	84	3/2
	3	-5	+7	+4	-4	-7	+5	180	5/3
	4	+1	-3	+2	+2	-3	+1	28	7/12
	5	-1	+5	-10	+10	-5	+1	252	21/10

Source: Steel and Torrie (1991).

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 perkeruan 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 perkeruan,

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*)

Pengembangan Formula Bahan Infeksi Cendawan sebagai Alternatif Biokontrol Rayap Tanah *Coptotermes* sp.

*Development of Infection Material Formula for Fungi as Bio-Control Alternative to Subterranean Termites *Coptotermes* sp.*

Titik Kartika, Sulaeman Yusuf, Didi Tarmadi, Arief Heru Prianto dan Ikhsan Guswenrivo

Abstract

Utilization of fungal entomopathogen as biological control agent has been developed in several country, but not in Indonesia. Therefore, the use of biological control agent to control termite need to be done in order that diminish chemical insecticide hazard. In this research, the ability of fungal entomopathogen (Hyphomycetes) identified as *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria* sp. and *Humicola* sp. to infect Subterranean termite will be evaluated. The fungi were isolated from Indonesia. The research methods are (i) to sporulate fungi in rice culture media; (ii) to formulate fungal entomopathogen being infection materials; (iii) bioassay of fungal entomopathogen against Subterranean termite by contact method. The result of bioassay show that the three fungi (*Humicola*, *M. anisopliae* and *Beauveria*) are able to kill termite in 14 days of observation day. Primarily, *M. anisopliae* has generate termite's mortality almost similar to *Humicola* sp. i.e higher than 60 %, in other side *Beauveria* just affect termite's mortality lower than 60 %.

Key words: fungal entomopathogen, Subterranean termite, biological control

Pendahuluan

Laju peningkatan populasi penduduk yang tinggi berimplikasi secara tidak langsung terhadap kebutuhan papan untuk permukiman penduduk. Fenomena ini berdampak pada tingginya permintaan kayu sebagai bahan dasar papan. Namun persediaan kayu di alam sangat terbatas sehingga tidak dapat memenuhi semua kebutuhan untuk pembangunan gedung dan perumahan. Kondisi ini diperburuk dengan terjadinya pelapukan dan kerusakan material berbahan dasar kayu pada gedung dan perumahan sehingga kebutuhan kayu semakin meningkat. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan pemanfaatan kayu dan pemeliharaan gedung dan bangunan, misalnya dengan meminimalisasi atau menghilangkan faktor penyebab kerusakan. Rayap merupakan salah satu jenis serangga yang berperan penting dalam kerusakan kayu di dunia. Rayap tanah Subterranean (*Coptotermes* sp.) adalah jenis rayap yang memberi kontribusi penting terhadap kerusakan kayu (Culliney dan Grace 2000). Organisme ini merusak kayu dengan cara membuat liang kembara pada kayu dan menjadikannya sebagai tempat tinggal sekaligus sumber nutrisi koloni rayap sehingga kayu menjadi keropos dan hancur.

Pengendalian populasi rayap sangat perlu dilakukan sebagai upaya meminimalisasi kerusakan yang lebih parah. Dewasa ini pengendalian rayap dilakukan secara kimiawi yaitu menggunakan pestisida kimia antara lain golongan organofosfat dan piretroid, namun meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan. Kondisi ini mendorong peneliti untuk mengembangkan

solusi alternatif sebagai pengganti pestisida konvensional sehingga evaluasi pada beragam agen biokontrol terhadap rayap (misalnya *Coptotermes*) terus dilakukan. Cendawan memiliki potensi untuk dikembangkan dalam pengendalian serangga (Butt 2000); misalnya cendawan *Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *M. flavoviride*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Paecilomyces fumosoroseus* dan *Lagenidium giganteum* dapat dikembangkan sebagai biokontrol (Burgess 1998; Butt *et.al.* 1999). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Kartika *et.al.* 2006) yang mengujikan kemampuan patogen beberapa cendawan kelas Hyphomycetes terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. diketahui bahwa cendawan *Humicola* sp. menyebabkan kematian rayap sampai 100% pada hari ke-6 pengujian, oleh sebab itu cendawan *Humicola* sp. diduga berpotensi dikembangkan sebagai biokontrol rayap sehingga penelitian lanjutan mengenai penanganan *Humicola* sp. sebagai biokontrol perlu dilakukan.

Dalam penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut mengenai formulasi bahan infeksi cendawan *Humicola* sp. sehingga dapat dikembangkan sebagai salah satu alternatif dalam pengendalian rayap, khususnya rayap tanah. Sebagai pembanding dalam penelitian ini digunakan juga cendawan *M. anisopliae* dan *Beauveria* sp. *Metarhizium* dan *Beauveria* telah dikembangkan secara komersial sebagai cendawan entomopatogen yang efektif untuk mengendalikan hama serangga (Lacey *et al.* 2001). *M. anisopliae* dikembangkan sebagai insektisida mikroba untuk pengendalian rayap, sedangkan *Beauveria bassiana* dikembangkan untuk

biokontrol kumbang/*stem borers* (Langenwald dan Cherry 2000). Dalam penelitian ini, cendawan ditumbuhkan pada media padat beras kemudian diformulasikan dalam bentuk padat dan cair untuk digunakan sebagai bahan infeksi.

Bahan dan Metode

Mikroorganisme

Humicola sp. dan *Beauveria* sp. adalah isolat koleksi UPT BPP Biomaterial yang diperoleh melalui proses isolasi dari tubuh rayap mati, sedangkan isolat *M. anisopliae* merupakan koleksi Koleksi Kultur Mikroba, Pusat Penelitian Biologi LIPI dengan nomor koleksi: 622. Ketiga isolat cendawan tersebut ditumbuhkan di media *Potato Dextrose Agar* (PDA) miring pada suhu ruang selama 7 hari untuk bersporulasi.

Media Kultur Beras (MKB)

MKB disiapkan dengan cara menambahkan 6 ml akuades ke dalam labu Erlenmeyer volume 100 ml yang berisi 10 g beras. Kemudian labu Erlenmeyer ditutup dengan sumbat kapas dan didiamkan selama 2 jam. Selanjutnya, MKB disterilisasi menggunakan *autoclave* selama 15 menit. MKB yang disiapkan disesuaikan dengan jumlah cendawan dengan menggunakan ulangan sebanyak tiga kali.

Penyiapan Inokulum

Setelah 7 hari, kultur masing-masing cendawan yang telah bersporulasi di media PDA dalam tabung reaksi dibuat menjadi suspensi dengan menambahkan 10 ml akuades steril ke dalam tiap biakan cendawan. Cendawan dilepaskan dari media dengan cara menggores biakan cendawan dengan jarum inokulasi, lalu suspensi cendawan tersebut dipindahkan ke dalam tabung reaksi steril. Selanjutnya diperoleh tiga sumber inokulum, yaitu inokulum *M. anisopliae*, *Beauveria* dan *Humicola* sp.

Produksi Spora pada MKB

Sebanyak 1 ml inokulum cendawan ditambahkan ke dalam MKB yang telah disiapkan. Satu jenis inokulum cendawan menggunakan tiga ulangan MKB sehingga dibutuhkan 12 MKB untuk tiga sumber inokulum dan kontrol. Selanjutnya MKB diinkubasi selama 10 hari pada suhu ruang untuk memproduksi konidia.

Penghitungan Konidia Cendawan pada MKB

Di akhir masa inkubasi, konidia yang diproduksi pada semua unit MKB dihitung menggunakan *Haemocytometer*. Sebelumnya ke dalam MKB yang telah dikolonisasi cendawan ditambahkan 50 ml akuades steril, kemudian dihomogenkan menggunakan pengaduk magnetik. Selanjutnya dilakukan pengenceran serial (10^{-1} , 10^{-2} dan seterusnya). Hasil dari pengenceran ini

dihitung dengan bantuan *Haemocytometer* dan diamati di bawah mikroskop cahaya.

Produksi Bahan Infeksi

Di akhir masa inkubasi MKB, masing-masing media yang telah dikolonisasi cendawan dibagi menjadi dua bagian. Satu bagian dicampur secara merata menjadi tepung, sedangkan bagian yang lain diekstrak dengan air dan disaring sehingga diperoleh ekstrak kasar cendawan. Kedua bagian ini untuk selanjutnya disebut bahan infeksi.

Uji Patogenitas

Pengujian dilakukan menggunakan metode kontak. Sebanyak 50 ekor rayap pekerja disemprot dengan masing-masing bahan infeksi. Rayap yang tidak mendapat perlakuan dijadikan sebagai kontrol. Setiap satu unit percobaan dibuat tiga ulangan. Selanjutnya masing-masing unit percobaan diinkubasi selama 14 hari pengamatan pada kondisi gelap, suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) di dalam cawan Petri \varnothing 5 cm dan dijaga kelembabannya. Parameter yang diamati selama pengamatan adalah persentase kematian (mortalitas) rayap.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengamatan pertumbuhan ketiga cendawan entomopatogen pada seluruh MKB menunjukkan bahwa proses kolonisasi menyeluruh MKB terjadi setelah 8-10 hari setelah inokulasi. Hasil serupa telah dilaporkan sebelumnya dimana *M. anisopliae* yang diinokulasikan ke media beras di dalam kantong plastik membutuhkan waktu 10-12 hari pada suhu inkubasi $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Jenkins *et.al.* 1998). Beberapa penelitian di tahun yang berbeda melaporkan bahwa beberapa jenis substrat padat dapat digunakan untuk produksi massa cendawan, namun beras putih merupakan jenis substrat yang sering digunakan untuk produksi konidia cendawan (Jenkins *et.al.* 1998). Beras yang dimasak juga digunakan untuk memproduksi konidia dan spora *Rhizopus oligosporus* sebagai inokulum dalam pembuatan tempe (Rusmin dan Ko 1974). Cendawan ini mengkolonisasi substrat beras dalam waktu 1-2 hari. Perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk mengkolonisasi substrat ditentukan oleh perbedaan karakter cendawan dalam bersporulasi dan jenis substrat. Kolonisasi cendawan terhadap substrat mengindikasikan tingkat pertumbuhan cendawan. Pertumbuhan cendawan dipengaruhi oleh faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen merupakan faktor yang berasal dari dalam cendawan yang meliputi genetika dan hormonal sedangkan faktor eksogen merupakan faktor yang berasal dari luar (lingkungan), antara lainnya adalah nutrisi. Dalam pertumbuhannya, cendawan membutuhkan elemen-elemen penting, seperti karbon (C), nitrogen (N), sulfur (S), vitamin dan mineral penting (mangan, besi dan

kalsium). Serealia seperti beras dapat dipergunakan sebagai substrat karena mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh cendawan untuk pertumbuhannya sehingga dapat mengkolonisasi substrat dengan mudah.

Pada saat masa inkubasi cendawan di MKB berakhir, dilakukan penghitungan konidia cendawan. Ini bertujuan untuk mengetahui tingkat sporulasi atau jumlah konidia yang merupakan *propagule* untuk mengawali proses infeksi terhadap inang. Proses infeksi terhadap inang umumnya terjadi melalui eksternal integumen, namun infeksi melalui saluran pencernaan masih mungkin terjadi. Konidia menempel pada kutikula inang, melakukan germinasi dan penetrasi kutikula. Di dalam haemocoel, hifa cendawan bermultiplikasi dan bercabang membentuk massa miselium di dalam tubuh inang

Dalam penelitian ini, tingkat sporulasi atau jumlah propagul dilihat dari konsentrasi konidia per gram media

yang dihitung menggunakan *haemocytometer*. *Haemocytometer* biasa digunakan untuk menghitung jumlah propagul per unit volume atau berat. Hasil penghitungan konidia menunjukkan bahwa *M. anisopliae* bersporulasi lebih bagus, yaitu dengan konsentrasi konidia $8.5.10^8$ /gram media beras, diikuti oleh *Beauveria* sp. dengan konsentrasi konidia $1.70.10^8$ /gram dan *Humicola* sp. memiliki konsentrasi konidia $7.50.10^7$ /gram media beras. Adanya perbedaan dalam hal kemampuan sporulasi cendawan dipengaruhi oleh banyak faktor meliputi genetika, hormonal, nutrisi dan lingkungan (Moore-Landecker 1996). Dalam penelitian ini, perbedaan tingkat sporulasi ketiga cendawan dikaitkan dengan faktor endogen, yaitu genetika dan hormonal masing-masing cendawan sehingga mempengaruhi tingkat konsumsi substrat dan sporulasi.

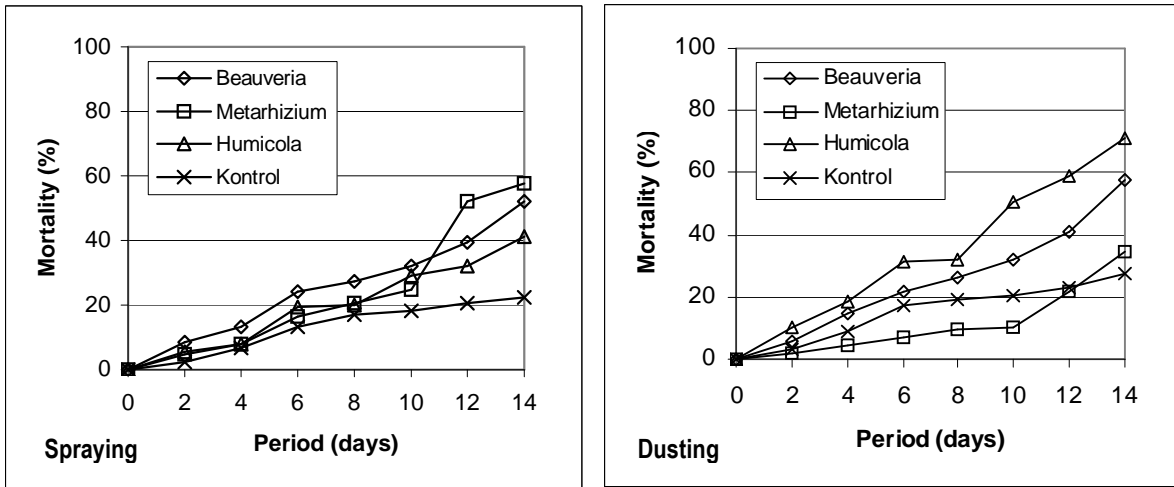


Figure 1. Termite's mortality by conidial powder formulation

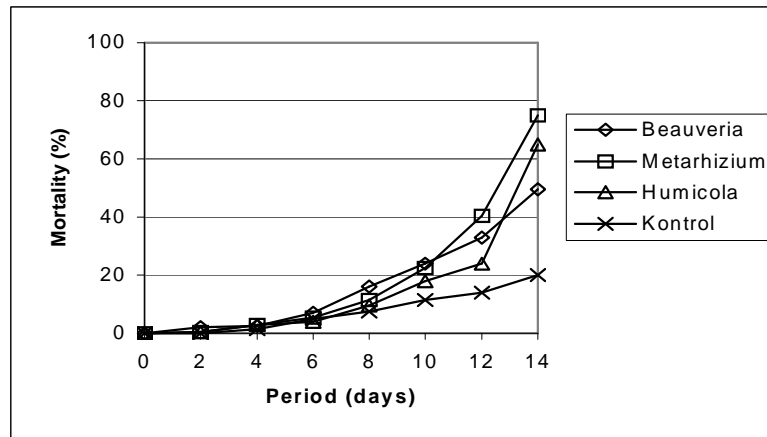


Figure 2. Termite's mortality by fungal crude extract

Hasil pengujian daya patogenitas cendawan *Humicola* sp., *M. anisopliae* dan *Beauveria* sp. terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. dengan aplikasi dua macam bahan infeksi dapat menyebabkan kematian rayap dengan mortalitas di atas kontrol. Aplikasi bahan infeksi formula tepung cendawan dengan aplikasi *spraying* dan *dusting* pada umumnya menyebabkan mortalitas rayap dibawah 60% (Gambar 1), kecuali untuk *Humicola* sp. dengan aplikasi *dusting* yaitu menyebabkan mortalitas rayap 70.91%. Pengujian bahan infeksi formula ekstrak kasar cendawan secara umum menyebabkan mortalitas rayap di atas 60% (Gambar 2) kecuali untuk cendawan *Beauveria* sp.

Dalam penelitian ini, cendawan *Metarhizium* dan *Humicola* memiliki kemampuan patogenik yang hampir sama yaitu dapat menyebabkan mortalitas rayap diatas 60%, terutama untuk bahan infeksi berupa ekstrak kasar cendawan, sedangkan *Beauveria* tidak menyebabkan mortalitas rayap yang cukup baik, yaitu hanya di bawah 60%. *Metarhizium* dan *Beauveria* sudah diidentifikasi sebagai cendawan entomopatogen dari kelas Hyphomycetes. Cendawan *Metarhizium* telah digunakan untuk pengendalian rayap dan serangga-serangga lainnya, sedangkan *Beauveria* biasanya digunakan untuk serangga pelubang kayu/*stem borers* (Langenwald dan Cherry 2000). Di dalam ARSef (USDA-ARS Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures), *Humicola* terdaftar sebagai cendawan entomopatogen dengan inang Lepidoptera: Lymantriidae (Humber dan Hansen 2005). Selain itu hifa atau miselium *Humicola grisea* dilaporkan dapat mendekomposisi kitin dan menyerang keratin, sedangkan ekstrak miseliumnya bersifat toksik terhadap udang laut (Domsch *et.al.* 1980).

Mortalitas rayap yang lebih dari 60% pada aplikasi formula tepung dengan teknik *spraying* dan formula ekstrak kasar cendawan kemungkinan berhubungan dengan kemampuannya untuk mendegradasi kitin. Oleh karena itu, karakteristik cendawan *Humicola* perlu dievaluasi lebih lanjut untuk mengetahui kemampuannya sebagai cendawan entomopatogen terhadap rayap sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam pengendalian rayap yang ramah lingkungan.

Dalam proses infeksi terhadap inang, konidia atau massa cendawan merupakan propagul yang memiliki peran penting untuk mengawali terjadinya infeksi. Produksi konidia dari suatu cendawan akan dimulai pada saat media atau substrat mulai mengalami penurunan nutrisi sehingga pertumbuhan fase vegetatif cendawan (hifa) akan berpindah ke fase generatif (spora/konidia). Berdasarkan hasil pengamatan hubungan konidia dengan daya patogenitas cendawan dapat ditarik suatu asumsi bahwa jumlah konidia tidak berbanding lurus dengan kemampuan patogen cendawan terhadap rayap. Hal ini ditunjukkan secara jelas oleh cendawan *Beauveria* yang memiliki konidia yang lebih banyak dibandingkan *Humicola*, namun secara umum

kemampuan patogennya terhadap rayap tidak lebih tinggi daripada *Humicola* akan tetapi menunjukkan nilai mortalitas dibawah 60%. Begitu juga dengan *Metarhizium* pada aplikasi formula tepung dengan teknik *dusting* yang memiliki nilai mortalitas paling kecil walaupun memiliki jumlah konidia paling banyak. Pada dasarnya sifat patogen cendawan tidak dipengaruhi oleh kuantitas konidia tetapi kualitas konidia yang berperan dalam proses infeksi.

Kesimpulan

Cendawan *Metarhizium* dan *Humicola* memiliki kemampuan patogenik yang hampir sama yaitu dapat menyebabkan mortalitas rayap diatas 60%, terutama untuk bahan infeksi berupa ekstrak kasar cendawan, sedangkan *Beauveria* tidak menyebabkan mortalitas rayap yang cukup baik, yaitu hanya di bawah 60%. Dalam proses infeksi cendawan terhadap rayap, kuantitas konidia tidak berbanding lurus dengan mortalitas rayap.

Daftar Pustaka

- Burges, H.D. 1998. Formulation of Microbial Pesticides. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Butt, T.M.; M.S. Goettel; B. Papierok. 1999. Directory of Specialists Involved in the Development of Fungi as Biocontrol Agents. Warley, West Midlands. Colin Butt Design & Print.
- Butt, T.M. 2000. Fungal Biological Control Agents. The Royal Society of Chemistry.
- Culliney, T.W.; J.K. Grace. 2000. Prospects for the Biological Control of Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae), with Special Reference to *Coptotermes formosanus*. Bulletin of Entomological Research. Vol. 90 (1): 9-21.
- Domsch, K.H.; W. Gams; T.H. Anderson. 1980: Compendium of Soil Fungi. Volume 1. Academic Press London.
- Humber, R.A.; K.S. Hansen. 2005. ARSEF Index: Host by Fungus. Ithaca, NY: USDA-ARS Plant Protection Research Unit - US Plant, Soil & Nutrition Laboratory.
- Jenkins, N.E.; G. Hevief; J. Langewald; A. Cherry; C.J. Lomer. 1998. Development of Mass Production Technology for Aerial Conidia for Use as Mycopesticides. Biocontrol News and Information. Vol. 19 (1): 21N-31N.
- Kartika, T.; S. Yusuf; E. Sukara; I. Guswenrivo; D. Tarmadi. 2006. Comparative Study on Seven Different Entomopathogenic Fungi on the Mortality of *Coptotermes* sp. Proceedings of The Third Conference of Pasific Rim Termite Research Group. Guangzhou, P. R. China, 6 & 7 March 2006.

Lacey, L.A.; R. Frutos; H.K. Kaya; P. Vails. 2001. Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They Have a Future?. *Biological Control* 21: 230-248.
Langenwald, J.; A. Cherry. 2000. Prospects for Microbial Pest Control in West Africa. *Biocontrol News and Information*. Vol. 21 (2): 51N-56N.

Moore-Landecker, E. 1996. *Fundamentals of the Fungi*. New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc.
Rusmin, S.; S. Djien Ko. 1974. Rice-grown *Rhizopus oligosporus* inoculum for tempeh fermentation. *Applied Microbiology*. Vol. 28 (3): 347-350.

Makalah masuk (*received*) : 06 Februari 2007
Diterima (*accepted*) : 30 April 2007
Revisi terakhir (*final revision*) : 13 Agustus 2007

Titik Kartika, Sulaeman Yusuf, Didi Tarmadi, Arief Heru Prianto dan Ikhsan Guswenrivo
UPT BPP Biomaterial - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
(*Research and Development Unit for Biomaterials – Indonesian Institute of Sciences*)
Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor
Tel : 021-87914511
Fax : 021-87914510
E-mail : titik_kartika@yahoo.com

**Keefektifan Beberapa Spesies Cendawan Entomopatogen untuk
Mengendalikan Rayap Tanah *Coptotermes gestroi* WASMANN (Isoptera:
Rhinotermitidae) dengan Metode Kontak dan Umpan**
*Effectiveness of Some Entomopathogenic Fungi Species as Bio-control Agent to
Subterranean Termite *Coptotermes gestroi* WASMANN (Isoptera: Rhinotermitidae)
Using Contact and Baiting Methods*

Desyanti, Yusuf Sudo Hadi, Sulaeman Yusuf dan Teguh Santoso

Abstract

Species of entomopathogenic fungi, i.e. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Metarhizium brunneum* Petch, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, *Fusarium oxysporum* Link and *Aspergillus flavus* Link were tested their effectiveness as bio-control against to subterranean termite *Coptotermes gestroi* Wasmann. Pure culture of each fungal species was stored in 4°C. Before used, those fungi were recultured in Sabouraud Dextrose Agar with Yeast Extract (SDAY) media and incubated in 24°C and RH 95% for 3 weeks. The series of conidial density has been used (0, 10⁷, 5x10⁶, 10⁶, 5x10⁵ and 10⁵ conidia/ml) for pathogenicity test. The LC₉₅ of *M. brunneum* was used for contact and baiting methods and the bioassay was repeated four times. The data was analyzed using ANOVA and with DNMRT. The lethal concentration (LC) and lethal time (LT) were calculated using probit analysis. The results revealed that increase of conidial density of each fungi species caused more mortality of *C. gestroi*. All fungi species could cause mortality of *C. gestroi* more than 80% even with the density of 5x10⁶ conidia/ml, however *M. brunneum* could causing mortality more than 80% at density of conidia as low as 5x10⁵ conidia/ml. Based on the probit analysis, the value of LC₅₀ and LT₅₀ with contact method were calculated at 1.8 x 10⁵ conidia/ml and 2.01 (1.52 ~ 2.40) days respectively.

Key words: bio-control, entomopathogenic fungus, LC, LT, contact and baiting methods, *Coptotermes gestroi*

Pendahuluan

Penggunaan agens hayati cendawan entomopatogen merupakan suatu upaya untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik yang selama ini banyak menyebabkan masalah lingkungan, dan diharapkan dapat menjadi suatu solusi disamping dapat menggali potensi sumber daya hayati lokal yang diperkirakan keberadaannya berlimpah di alam Indonesia. Menurut Boucias dan Pendland (1998) tingkat patogenisitas masing-masing spesies *Aspergillus*, *Beauveria*, *Fusarium* dan *Metarhizium* yang termasuk ke dalam Kingdom Mychota, Filum Deuteromycota, Klas Hypomycetes dan Ordo Moniliales ditentukan oleh interaksi berbagai faktor seperti jenis inang, metode aplikasi dan faktor lingkungan. Adapun kemampuan dasarnya ditentukan oleh spesies cendawan itu sendiri yang dapat menyebabkan kematian inang dengan cepat atau sebaliknya.

Pada penelitian terdahulu beberapa spesies cendawan entomopatogen dari berbagai inang atau sumber inokulum di alam ternyata efektif dimanfaatkan sebagai agens pengendalian rayap tanah *Coptotermes* sp. (Desyanti *et al.* 2005). Pada uji Laboratorium, sejumlah 16 isolat (10 spesies) cendawan entomopatogen yang diuji tingkat patogenisitasnya terhadap rayap tanah, ternyata 14 isolat (9 spesies)

dapat menyebabkan mortalitas rayap *C. gestroi* lebih dari 60%, dan 6 spesies diantaranya yaitu: *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Metarhizium brunneum* Petch, *Fusarium oxysporum*.Link., *Aspergillus flavus* Link. dan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin dapat menyebabkan mortalitas 100% setelah 6 hari inokulasi.

Untuk dapat memanfaatkan cendawan entomopatogen sebagai bahan dasar agens hayati secara optimal, perlu dilakukan pengujian secara mendalam tentang keefektifan beberapa spesies cendawan yang mempunyai sifat patogen yang tinggi. Kebanyakan cendawan entomopatogen mempunyai sifat spesifik terhadap inang tertentu yang kemampuan alamnya untuk menginfeksi serangga bervariasi. Pada banyak kasus, spesifikasi cendawan pada inang adalah mempunyai karakteristik yang fleksibel dan dipengaruhi oleh metode perlakuan seperti dosis dan metode aplikasi.

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan cendawan entomopatogen perlu diketahui kerapatan konidia secara optimal (konidia/ml) sebagai formulasi bio-termitisida. Dengan mendapatkan *Lethal Concentration* (LC) yang optimal dalam aplikasi, diharapkan akan dapat mengendalikan rayap tanah *C. gestroi* sesuai yang diinginkan.

Menurut Edwards dan Mill (1986) dalam Eaton dan Hale (1993), berdasarkan pengamatan ada 4 metode

aplikasi pengendalian rayap, yaitu memasukkan pestisida ke dalam kayu, sistem pengumpanan, metode fisik dan pengendalian hayati. Di Indonesia metode aplikasi pengendalian rayap telah berkembang dengan baik diantaranya metode kontak langsung dan pengumpanan. Menurut Jones *et al.* (1996), efikasi umpan tergantung pada keberhasilan penyampaian agens kontrol dengan aksi bioaktif lambat ke seluruh koloni. Patogen serangga adalah calon umpan yang menarik sebab mampu berbiak secara alami dan aman bagi serangga non target. Patogen serangga dalam jumlah yang sedikit dapat menyebar keseluruh koloni sebelum terdeteksi. Interaksi sosial (*grooming* dan berbagi makanan) diharapkan dapat menyebarkan inokulum.

Berdasarkan hal tersebut di atas, telah dicoba penelitian menggunakan berbagai tingkatan kerapatan konidia beberapa spesies cendawan entomopatogen dari berbagai sumber dan metode aplikasi di laboratorium. Tujuan percobaan ini untuk mendapatkan kerapatan konidia yang efektif dari masing-masing spesies cendawan entomopatogen dan metode yang sesuai untuk aplikasi mengendalikan rayap tanah *C. gestroi*.

Bahan dan Metode

Jenis Rayap yang Digunakan

Jenis rayap yang digunakan pada penelitian ini adalah rayap tanah jenis *C. gestroi* (Benson 2005) yang dipelihara pada UPT Biomaterial LIPI selama 3 tahun.

Persiapan Cendawan

Untuk persiapan cendawan dan proses perbanyakannya dilakukan dalam ruangan dengan kondisi suhu 24°C dan kelembaban relatif 95% di laboratorium Patologi Serangga Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Cendawan entomopatogen yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil uji tapis pada penelitian sebelumnya. Spesies yang digunakan adalah *M. anisopliae*, *M. brunneum*, *B. bassiana*, *F. oxysporum* dan *A. flavus* (Tabel 1.)

Prosedur Perbanyakkan. Perbanyakkan dilakukan pada media *Saboraud Dextrose Agar with Yeast Extract* (SDAY) dengan komposisi dekstrosa 10 g, pepton 2.5 g, ekstrak khamir 2.5 g, agar 20 g dalam akuades 1 liter yang mengandung 250 ppm chloromphenicol (Samuels *et.al.* 2002), dengan cara menginokulasikan konidia kultur murni cendawan di dalam cawan Petri yang telah berisi SDAY. Biakan cendawan diinkubasikan selama 3 minggu dalam inkubator dengan suhu 24°C dan kelembaban relatif 95%.

Penyediaan Suspensi Konidia. Suspensi konidia dari masing-masing spesies cendawan disiapkan dengan kerapatan sebagai berikut: a). 10^7 konidia/ml, 5×10^6 konidia/ml, 10^6 konidia/ml, 5×10^5 konidia/ml, 10^5 konidia/ml untuk uji tingkat patogenisitas dan b). LC₉₅ dari *M. brunneum* (cendawan terseleksi pada uji tingkat patogenisitas) untuk uji metode kontak dan pengumpanan. Konidia dihitung menggunakan *haemocytometer*.

Table 1. Species of entomopathogenic fungus originated from some inoculum sources in Java island.

Isolates	Isolates hosts / Source	Host stage	Species of fungi	Geographic origin (year)
Ma-RI	Pod-sucking bug (<i>Riptortus. Linearis</i> L.) (Hemiptera:Alydidae)	Imago	<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorokin.	Probolinggo (2003)
Mb-Ps	Pasir	-	<i>Metarhizium brunneum</i> Petch	Bogor (2004)
Bb-Lo	Rice bug (<i>L. oratorius</i> F.) (Hemiptera : Coreidae)	Imago	<i>Beauveria bassiana</i> (Bals) Vuillemin	Probolinggo (2003)
Fu-SI	Army worm (<i>Spodoptera. Litura</i> F.) (Lepidoptera : Noctuidae)	Larva	<i>Fusarium oxysporum</i> Link.	Cibodas (2004)
As-Co	Subterranean termite (<i>C. curvignathus Holmgren</i>) (Isoptera : Rhinotermitidae)	Larva	<i>Aspergillus flavus</i> . Link	Bogor (2004)

Uji Patogenisitas Mortalitas. Suspensi konidia dari masing-masing spesies cendawan disiapkan seperti diterangkan sebelumnya; 80 ekor *C. gestroi* kasta pekerja dan 8 ekor kasta prajurit dicelupkan ke dalam 0.50 ml suspensi konidia masing-masing spesies

cendawan selama 4 detik. Kemudian larva dikeringkan dengan cara menempatkan ke dalam cawan petri yang telah diberi alas kertas saring sebagai sumber makanan. Rayap uji terdiri dari 20 ekor rayap kasta pekerja dan 2 ekor kasta prajurit untuk setiap unit percobaan. Semua

unit percobaan dipelihara pada suhu ruangan berkisar antara 26~28°C dan kelembabab relatif 70% ~ 95% dengan kondisi gelap. Mortalitas rayap dihitung setiap hari selama 6 hari.

Uji Lethal Concentration (LC). *Lethal Concentration* adalah konsentrasi yang dapat membunuh populasi organisme sejumlah tertentu yang dinyatakan dalam persen (%). Untuk mengetahui hubungan regresi kerapatan konidia/ml dengan mortalitas (LC) dilakukan dengan menggunakan analisis probit (Finney 1971).

Uji Metode Kontak dan Umpan di Laboratorium

Mortalitas. Suspensi konidia cendawan *M. brunneum* disiapkan seperti diterangkan sebelumnya. Kemudian untuk perlakuan metode kontak, 200 ekor rayap *C. gestroi* kasta pekerja dan 20 ekor kasta prajurit dicelupkan ke dalam 1 ml suspensi konidia cendawan *M. brunneum*. Kontrol hanya dicelupkan dalam aquades steril yang telah mengandung 0.05% Triton X-100. Rayap dikeringkan dengan cara menempatkan 50 ekor kasta pekerja dan 5 ekor prajurit untuk setiap unit percobaan yang telah diberi alas kertas saring sebagai sumber makanan (Laboratorium Pengawetan kayu UPT Biomaterial LIPI, 2004). Metode ini merupakan cara penginfeksian, secara umum cendawan entomopatogen dari klas Hypomycetes yang dapat menginfeksi serangga dengan cara yang sama, sehingga cara penginfeksian cukup diwakili oleh satu jenis cendawan yang paling efektif saja yaitu *M. brunneum*.

Untuk perlakuan metode umpan kertas saring yang telah diwarnai dengan 0.05% Nile blue A untuk makanan rayap dicelupkan ke dalam suspensi konidia cendawan *M. brunneum*, kemudian dikering anginkan dan ditempatkan di dalam cawan petri berdiameter 9 cm. Sejumlah 50 ekor rayap pekerja dan 5 ekor prajurit untuk setiap ulangan dipelihara di dalamnya. Semua unit percobaan dipelihara pada suhu ruangan berkisar antara 26~28°C dan kelembabab relatif 70~95% dengan kondisi gelap, mortalitas rayap dihitung setiap hari selama 6 hari.

Lethal Time (LT). *Lethal Time* adalah waktu yang diperlukan untuk membunuh suatu populasi sejumlah tertentu yang dinyatakan dalam persen (%). Untuk mengetahui hubungan regresi waktu aplikasi dengan mortalitas (LT) dilakukan dengan menggunakan analisis probit (Finney 1971).

Analisis Data

Data pengamatan mortalitas pada uji patogenisitas dianalisis berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dua faktor dan pada uji metode aplikasi dianalisis berdasarkan RAL satu faktor dengan uji sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji DNMR (Steel dan Torrie 1993). Sedangkan untuk mengetahui

hubungan regresi waktu aplikasi dan kerapatan konidia/ml dari masing-masing spesies cendawan dengan mortalitas (LT dan LC) dilakukan dengan analisis probit.

Hasil dan Pembahasan

Uji Patogenisitas

Mortalitas. Pada pengujian keefektifan, *B. bassiana*, *F. oxysporum* dan *A. flavus* setelah 6 hari penginfeksian dapat menyebabkan mortalitas rayap *C. gestroi* lebih dari 80% pada perlakuan kerapatan konidia sama dan lebih dari 5×10^6 konidia/ml. Mortalitas yang sama dicapai oleh *M. anisopliae* pada perlakuan kerapatan konidia 10^6 konidia/ml dan oleh *M. brunneum* pada kerapatan yang lebih rendah (5×10^5 konidia/ml). Hal ini menunjukkan bahwa semua spesies cendawan yang diuji pada penelitian ini sangat efektif sebagai agens pengendalian rayap tanah dan spesies *M. brunneum* paling tinggi tingkat patogenisitasnya dibanding spesies lainnya (Gambar 1).

Laju mortalitas *C. gestroi* sangat dipengaruhi oleh tingkatan kerapatan dan jenis cendawan entomopatogen, hal ini terlihat pada perbedaan bentuk grafik yang dihasilkan. Setiap jenis cendawan sesuai dengan tingkat patogenisitasnya, membutuhkan tingkat kerapatan konidia tertentu untuk dapat efektif sebagai agens hayati pengendalian rayap *C. gestroi*.

Neves dan Alves (2004) menyatakan bahwa waktu kematian serangga dipengaruhi oleh dosis aplikasi dan virulensi dari masing-masing isolat. Tingkat patogenisitas cendawan patogen untuk dapat menyebabkan penyakit ditentukan oleh berbagai faktor, termasuk oleh sifat fisiologi dari inang seperti mekanisme pertahanan dari inang dan sifat fisiologi dari cendawan seperti faktor viabilitas, laju pertumbuhan, kemampuan bersporulasi dan metabolisme sekunder yang dihasilkan yaitu berupa kemampuan menghasilkan enzim dan toxin serta pengaruh lingkungan (Butt *et al.* 2001). Hal lainnya tentang patogenisitas spesies cendawan diduga terkait dengan kemampuan menghasilkan enzim dan mycotoxins selama berjalannya proses infeksi pada serangga seperti pada saat kontak dengan kutikula dan di dalam hemosol (Tanada & Kaya 1993). Hal ini terlihat pada perilaku serangga yang terinfeksi.

Menurut Boucias dan Pendland (1998), tingkat patogenisitas cendawan entomopatogen ditentukan oleh berbagai interaksi faktor. Ada beberapa genus cendawan yang terdiri dari beberapa spesies yang masing-masingnya mempunyai kemampuan dasar yang dapat menyebabkan cepat atau lambatnya kematian inang. Selain hal tersebut patogenisitas juga tergantung pada berbagai karakteristik dari potensi serangga inang dan lingkungan disekelilingnya.

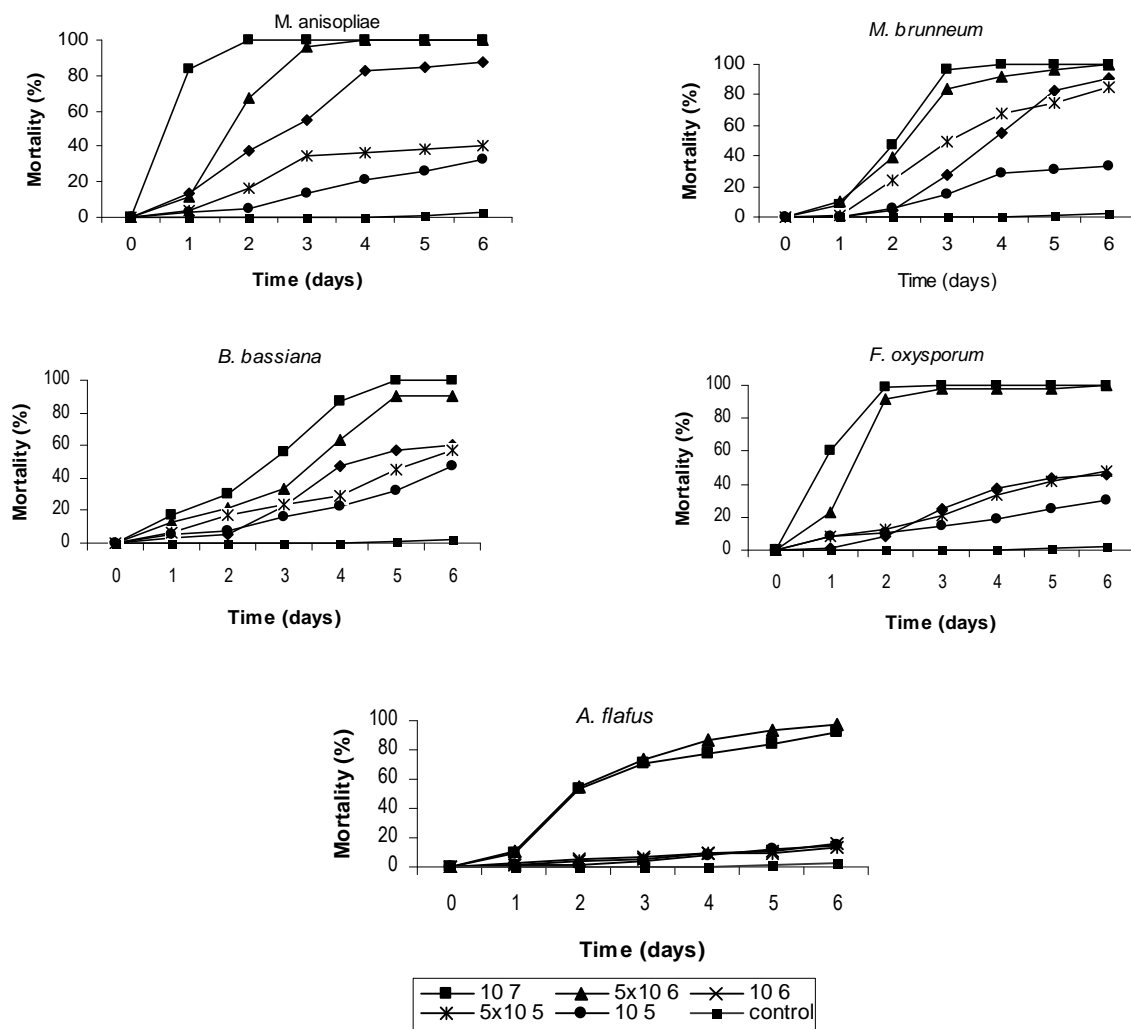


Figure 1. Mortality of subterranean termite *Coptotermes gestroi* Wasmann after 6 days inoculated by level variation of conidia concentration (10^7 , 5×10^6 , 10^6 , 5×10^5 , 10^5 conidia/ml) some species of entomopathogenic fungus.

Dalam penelitian ini hanya ada dua spesies yg tergolong dalam satu genus (*M. anisopliae* dan *M. brunneum*) sedangkan jenis yang lain termasuk ke dalam genus yang berbeda. Ternyata masing-masingnya mempunyai kemampuan dasar berbeda untuk mematikan inang, hal ini ditunjukkan oleh LC dari masing-masing cendawan yang dihasilkan. Berdasarkan LC_{50} , semakin rendah nilai LC_{50} menunjukkan semakin tinggi tingkat kemampuan cendawan untuk menyebabkan kematian inang. Pada penelitian ini tingkat kemampuan tertinggi di dalam menyebabkan kematian rayap ditunjukkan oleh jenis cendawan *M. brunneum* (1.80×10^5 konidia/ml) kemudian diikuti oleh *M. anisopliae* (3.20×10^5 konidia/ml), *B. bassiana* ($3.9 \times$

10^5 konidia/ml), *F. oxysporum* (6.78×10^5 konidia/ml) dan *A. flavus* (1.97×10^6 konidia/ml)].

Untuk setiap spesies cendawan yang diuji pada penelitian ini, tingkat kerapatan konidia memperlihatkan reaksi yang nyata terhadap mortalitas rayap *C. gestroi*. Secara umum ada korelasi antara tingkat kerapatan konidia dengan mortalitas, semakin tinggi kerapatan konidia yang di perlakukan juga menunjukkan tingkat mortalitas rayap *C. gestroi* yang tinggi (Gambar 2). Dalam hal ini diperkirakan bahwa semakin tinggi kerapatan konidia/ml yang diaplikasikan terhadap rayap, memungkinkan kontak konidia dengan tubuh rayap dalam jumlah yang lebih banyak. Keadaan ini memberi peluang yang lebih baik bagi konidia untuk menempel,

berhasil berkecambah dan berpenetrasi ke dalam tubuh rayap *C. gestroi*.

Penelitian lain oleh Yoshimura & Takahashi (1998), kerapatan konidia pada pembentukan formulasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan termitisida *B. brongniartii*, hasil penelitiannya menghasilkan pada kontak selama satu menit dengan formulasi berkerapatan konidia tinggi ($3,3 \times 10^8$ konidia/cm³) menghasilkan 100% mortalitas serangga uji dalam waktu 5 hari, sedangkan dengan formulasi konidia berkerapatan rendah kontak selama satu hari hanya menghasilkan 50% mortalitas dalam waktu yang sama.

Korelasi antara mortalitas (probit) dengan kerapatan konidia (log) dari masing-masing jenis cendawan ditunjukkan oleh nilai $R^2 > 0.834$ kecuali untuk jenis *A. flavus* $R^2 = 0.742$ dan *B. Bassiana* $R^2 = 0.703$. Korelasi positif ini mengindikasikan, meningkatnya kerapatan konidia untuk setiap jenis cendawan pada penelitian ini dapat mempercepat terjadinya kematian rayap.

Lethal Concentration (LC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai $LC_{95, 50}$ dan LC_{25} dari cendawan *M. brunneum* paling rendah dibandingkan nilai LC dari spesies cendawan lainnya yang diuji pada penelitian ini, secara berurutan: $1,21 \times 10^6$ konidia/ml, $1,80 \times 10^5$ konidia/ml dan $8,60 \times 10^4$ konidia/ml. Hal ini mengindikasikan bahwa *M. brunneum* paling tinggi tingkat patogenesisnya dibandingkan spesies cendawan entomopatogen lainnya terhadap rayap tanah *C. gestroi* (Tabel 2).

Hasil penelitian Jones *et al.* (1996) dengan menggunakan 7 isolat *B. bassiana* dan *M. anisopliae* sebagai bio-kontrol rayap *Coptotermes formosanus*, menunjukkan bahwa umumnya strain *M. anisopliae* lebih virulen dengan nilai LT_{50} lebih rendah dibandingkan strain *B. bassiana*.

Masing-masing spesies cendawan entomopatogen mempunyai tingkat patogenesis dan cara untuk menyerang rayap; cendawan mempunyai karakter spesifik untuk menyerang inangnya (Gambar 3). *B. bassiana*, *M. brunneum*, *A. flavus* dan *F. oxysporum* menunjukkan karakter berbeda di dalam mengkolonisasi inangnya sedangkan *M. anisopliae* secara umum tidak berhasil mengkolonisasi inangnya secara nyata dan inang yang mati berwarna hitam, *B. bassiana* hanya bersporulasi pada sisi tertentu saja dari tubuh inang. Karakter cendawan didalam mengkolonisasi inang diduga juga berpengaruh pada tingkat patogenesis masing-masing spesies cendawan. Disamping itu, cendawan entomopatogen juga menghasilkan beberapa metabolit sekunder sebagai toxin untuk dapat melumpuhkan pertahanan inangnya.

Selain spesies cendawan *Metarhizium spp.*, *B. bassiana* juga lebih intensif digunakan sebagai agens pengendalian rayap dan juga telah diformulasi sebagai bio-termitisida komersil, hal ini disebabkan spesies *B. bassiana* mempunyai beberapa sifat keunggulan dibandingkan kelemahannya jika dipersiapkan sebagai formulasi bio-termitisida.

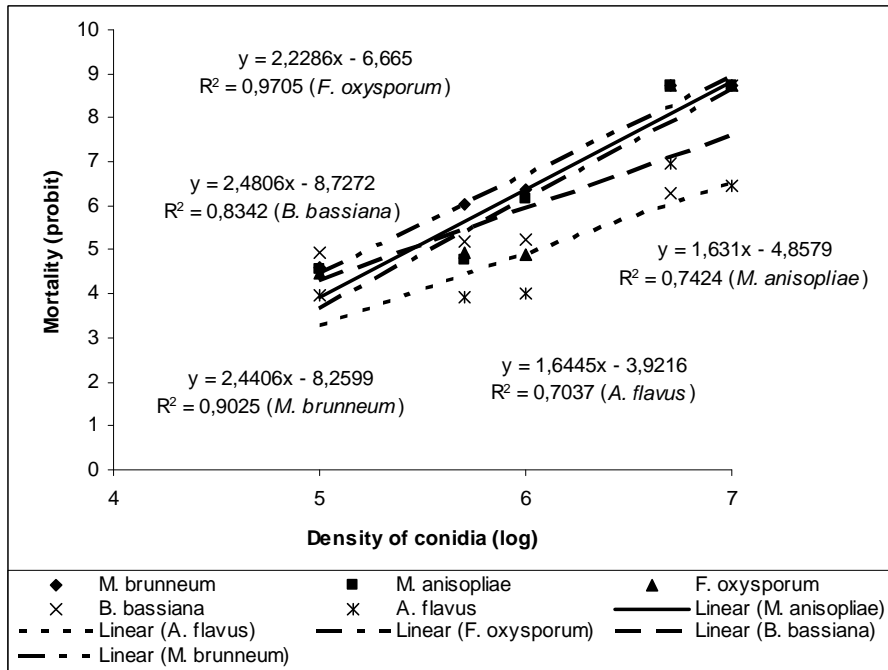


Figure 2. Correlations between mortality (probit) of subterranean termites *C. gestroi* with level variation of conidia density (conidia/ml: log) some entomopatogenic fungus species.

Table 2. Lethal concentration (LC) of some entomopatogenic fungus species to subterranean termites *C. gestroi*

Species of fungus	LC		
	95%	50%	25%
<i>M. anisopliae</i>	3.12×10^6	3.20×10^5	1.26×10^5
<i>M. brunneum.</i>	1.21×10^6	1.80×10^5	8.60×10^4
<i>B. bassiana</i>	1.08×10^7	3.9×10^5	9.40×10^4
<i>F. oxysporum</i>	5.76×10^6	6.78×10^5	2.80×10^5
<i>A. flavus</i>	7.85×10^6	1.97×10^6	1.10×10^6

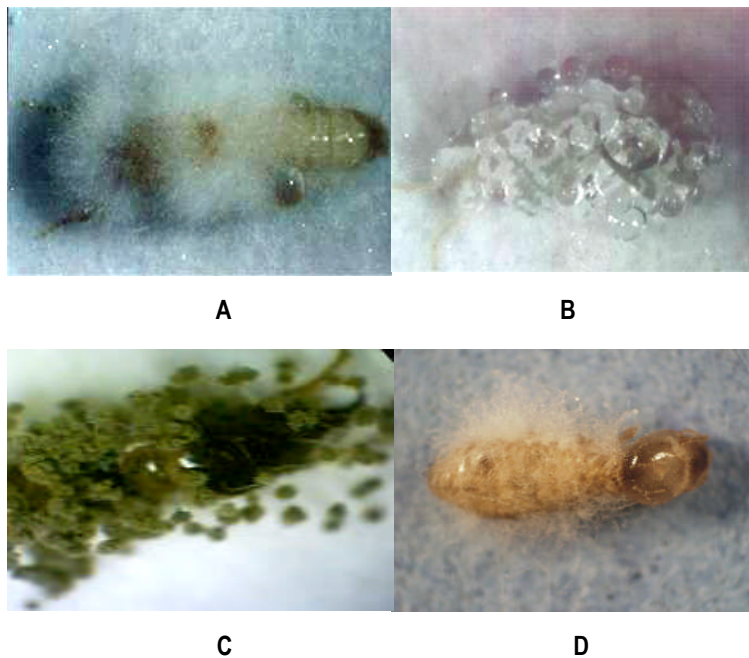


Figure 3. Subterranean termite *Coptotermes gestroi* colonized by *B. bassiana* (A), *M. brunneum* (B), *A. flavus* (C) and *F. oxysporum* (D).

Pada penelitian ini juga terlihat bahwa spesies cendawan *B. bassiana* pada penggunaan kerapatan konidia 10^5 konidia/ml dapat membunuh rayap lebih dari 40%; hasil ini tertinggi jika dibandingkan dengan spesies cendawan lainnya pada penggunaan kerapatan konidia yang sama. Disamping itu, *B. bassiana* lebih stabil sesuai dengan penurunan kerapatan konidia, mortalitas menurun secara berimbang seiring rendahnya kerapatan konidia yang diaplikasikan namun berbeda nyata dengan kontrol (Gambar 1). Penelitian terdahulu tentang penggunaan 5 isolat *B. bassiana* dari inang yang berbeda [*Coptotermes curvignathus* (Bb-Co), *Crocidolomia pavonana* (Bb-Cp), *Leptocorisa oratorius* (Bb-La), *Spodoptera litura* (Bb-Sl) dan tanah perkebunan kubis (Bb-Soil)] sebagai bio-control untuk rayap tanah

Coptotermes sp. menunjukkan bahwa masing-masing isolat dengan kerapatan 10^8 konidia/ml dapat membunuh 100% rayap dalam waktu 6 hari setelah aplikasi, kecuali isolat *B. bassiana* dari ulat grayak. Isolat *B. bassiana* dari walang sangat memperlihatkan pertumbuhan yang lebih intensif pada permukaan tubuh rayap setelah 6 hari aplikasi. Bahkan pada kerapatan 10^7 konidia/ml isolat ini dapat membunuh 100% rayap. Berdasarkan analisis probit, nilai LC_{50} dan LT_{50} berturut-turut adalah $3,9 \times 10^5$ konidia/ml dan 2,06 hari (Desyanti *et al.* 2005)

Setelah spesies *M. brunneum* LC_{95} , secara berurutan diikuti oleh *M. anisopliae*, *F. oxysporum*, *A. flavus* dan *B. bassiana* namun hanya spesies *M. brunneum* yang memiliki nilai LC terendah dibandingkan spesies yang lainnya pada setiap tingkatan LC (LC_{95} , 50

dan ²⁵) sedangkan pada spesies cendawan lainnya terlihat tingkat LC₅₀ dan ²⁵ yang tidak konstan. Hal ini juga tercermin pada pola kurva yang berbeda untuk setiap spesies cendawan, dalam hal ini terlihat bahwa spesies cendawan yang hanya efektif pada kerapatan konidia tinggi akan memiliki nilai LC lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh spesies cendawan *A. flavus* dan *F. oxysporum* (Gambar 1)

Spesies cendawan *A. flavus* dan *F. oxysporum* selain tidak efektif pada tingkat kerapatan konidia yang lebih rendah juga mempunyai sifat yang merugikan, diduga hal ini sebagai penyebab kedua spesies cendawan ini tidak digunakan sebagai agens hayati untuk pengendalian hama. Sifat yang dapat merugikan terhadap pengguna, tanaman dan lingkungan hidup lainnya akan dapat menambah permasalahan baru. Tanada dan Kaya (1993) menyatakan cendawan entomopatogen *Aspergillus* terdiri dari banyak spesies seperti *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. tamari*, *A. ochraceus*, *A. fumigatus*, *A. repens* dan *A. versicolor*, cendawan ini umumnya sebagai saprofit akan tetapi dapat menginfeksi serangga pada rentangan jenis yang luas. Menurut Salleh (2005), spesies cendawan *Fusarium* secara umum bersifat sebagai penyebab penyakit pada tanaman (sebagai patogen tanaman), secara spesifik ia mengklasifikasikan cendawan *Fusarium* berdasarkan penyebarannya di alam: 94% sebagai penyebab penyakit tanaman atau berasosiasi dengan penyakit tanaman, 5% terdapat pada makanan, 1% pada sumber lainnya dan hanya 0,5% sebagai patogen pada hewan dan manusia. Spesies cendawan *F. oxysporum* umumnya bersifat sebagai patogen pada banyak tanaman dan pada banyak penelitian spesies *Fusarium* jarang digunakan sebagai agens hayati. Selanjutnya dinyatakan bahwa sejumlah besar *Fusarium* spp. yang bersifat entomopatogen; beberapa diantaranya bersifat lemah dan sebagai patogen fakultatif. Kусusnya pada ordo lepidoptera dan coleoptera, cendawan akan mengkolonisasi inangnya yang mati sebagai saprofit. Pada segolongan kecil kasus, tingkat patogenisitas *Fusarium* terhadap tanaman dan serangga oleh isolat yang sama juga ditemukan. Dan tingkat potensi isolat *Fusarium* yang menyebabkan mortalitas tinggi terhadap serangga juga memperlihatkan spesifik inang yang tinggi dan tidak berbahaya terhadap jenis tanaman.

Pada Tabel 2. juga terlihat bahwa, walaupun *B. bassiana* memiliki LC₉₅ tertinggi, namun memiliki LC₅₀ terendah setelah *M. brunneum* dan *M. anisopliae* serta LC₂₅ terendah setelah *M. brunneum*, dalam hal ini terlihat bahwa *B. bassiana* mampu mengendalikan rayap tanah *C. gestroi* sampai pada penggunaan LC yang lebih rendah dibandingkan spesies *A. flavus* dan *F. oxysporum*. Yoshimura *et al.* (1992), seperti diterangkan sebelumnya, respon cendawan terhadap kondisi lingkungan seperti temperatur, kelembaban relatif dan

kususnya pilihan terhadap serangga inang secara individu bervariasi tergantung strain, bermacam inang dan daerah asal isolat.

Uji Metode Kontak dan Pengumpanan di Laboratorium.

Metode ini merupakan cara penginfeksian, secara umum cendawan entomopatogen dari klas Hypomycetes dapat menginfeksi serangga dengan cara yang sama, sehingga cara penginfeksian cukup diwakili oleh satu jenis cendawan yang paling efektif saja yaitu *M. brunneum*.)

Mortalitas. Mortalitas rayap oleh cendawan entomopatogen *M. brunneum* dengan menggunakan metode aplikasi kontak dan umpan dapat dilihat pada Gambar 4. Metode aplikasi dengan metode kontak dapat menyebabkan mortalitas rayap 100% dalam waktu satu minggu, hal ini diperkirakan bahwa dengan metode kontak konidia cendawan langsung mengenai tubuh serangga dalam jumlah yang banyak dibandingkan dengan metode pengumpanan sehingga konidia dengan cepat dapat menempel, berkecambah dan berpenetrasi menembus kutikula serangga sehingga menyebabkan kematian.

Hasil penelitian menunjukkan pola yang sama dengan penelitian Trizelia (2005) bahwa mortalitas ulat krop kubis yang diinokulasi langsung dengan konidia *B. bassiana* lebih tinggi dibandingkan mortalitas larva yang makan atau berjalan pada daun yang disemprot konidia. Boucias *et al.* (1988) dalam Trizelia (2005) menyatakan bahwa dengan metode kontak langsung konidia akan dapat langsung menempel dan berkecambah pada tubuh serangga. Hasil penelitian Zoberi, 1995 dalam Bayon *et al.* (2000) di laboratorium dengan sistem pengumpanan dan kontak secara langsung menunjukkan bahwa kontaminasi rayap *R. flavipes* oleh *M. anisopliae* dengan menempatkan konidia cendawan pada rayap pekerja menghasilkan 100% mortalitas dalam waktu 5 hari dan 12 hari pada metode pengumpanan.

Lethal Time (LT). *Letal Time* (LT₂₅, 50, dan 95) cendawan entomopatogen pada perlakuan metode kontak lebih rendah dibandingkan pada metode pengumpanan (Tabel 3). Pada metode kontak konidia langsung dapat menempel, berkecambah dan penetrasi pada bagian antar ruas tubuh serangga yang kondisi kelembabannya sangat mendukung perkecambahan konidia, sedangkan pada metode pengumpanan konidia harus melewati saluran pencernaan yang kondisinya kurang menguntungkan untuk cepat berkecambah. Ada kemungkinan konidia tidak dapat berkecambah optimum dalam saluran makanan, karena lingkungan kurang mendukung.

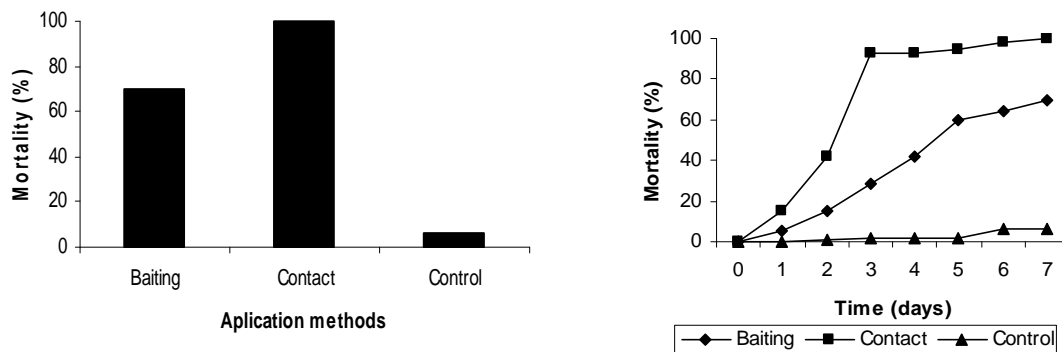


Figure 4. Mortality of *C. gestroi* treated by entomopathogenic fungi *M. brunneum* using contact and baiting methods (7 days after application).

Table 3 Lethal Time (LT) of entomopathogenic fungi *M. brunneum* using contact and baiting methods

Methods	Lethal Time (days)		
	95	50	25
Contact	4.37 (3.58 ~ 6.15)	2.01 (1.52 ~ 2.40)	1.46 (0.95 ~ 1.84)
Baiting	15.05 (12.81 ~ 18.64)	4.83 (4.56 ~ 5.13)	3.03 (2.77 ~ 3.26)

Penelitian sebelumnya oleh Tefera dan Pringle (2003), menemukan hal yang sama pada mortalitas *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) yang diinokulasi dengan *B. bassiana*. Pada perlakuan kontak dengan pencelupan menghasilkan LT_{50} terendah dengan waktu tersingkat. Amiri-Besheli *et al.* (2000) menyatakan patogen harus cocok dengan inangnya dan menghasilkan kombinasi enzim yang baik untuk dapat berpenetrasi ke dalam kutikula inang. Hal ini memberi kesan bahwa berhasilnya infeksi tergantung kepada beberapa faktor patogenisitas. Keberhasilan beberapa strain *M. anisopliae* mungkin lebih tergantung pada kandungan destruxin dibandingkan dengan faktor patogenisitas lainnya, dan ini memungkinkan strain *M. anisopliae* sering dilaporkan sebagai pembunuh inangnya sebelum terjadi kolonisasi intensif.

Dari hasil penelitian lapangan menggunakan 4 isolat cendawan *M. anisopliae* dengan perlakuan suspensi semprotan dan inokulum kering yang ditebar, Moslem *et al.* (1999) mendapatkan perlakuan dengan menggunakan suspensi secara ekonomi lebih menguntungkan dalam mengendalikan hama kelapa sawit *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). Delate *et al.* (1995) di dalam Yoshimura dan Takahashi (1998) mengevaluasi potensi penggunaan cendawan entomopatogen *B. bassiana* dan *M. anisopliae* dengan menggunakan metode pengumpanan. Semua rayap uji mati dalam waktu 4 hari untuk yang diperlakukan dengan *M. anisopliae*, yang diperlakukan dengan *B.*

bassiana memperlihatkan toxicitas yang lebih lambat dibandingkan dengan *M. anisopliae*.

Keberhasilan aplikasi cendawan entomopatogen dengan metode kontak, diperkirakan selain dapat dengan cepat menembus bagian antar ruas dan kutikula serta masuk ke dalam bagian internal serangga inang, cendawan juga dapat masuk melalui celah alami yang ada pada tubuh serangga inang. Menurut Yoshimura dan Takahashi (1998), *M. anisopliae* secara umum masuk ke tubuh serangga lewat spiracles dan pori-pori pada seluruh organ. Di dalam tubuh serangga, cendawan menghasilkan perpanjangan hifa secara lateral, yang akhirnya berkembang biak dan mengkonsumsi kandungan internal serangga. Pertumbuhan hifa berlanjut sampai serangga terisi dengan miselia. Bila kandungan internal serangga telah dikonsumsi, cendawan akan keluar melewati kutikula dan bersporulasi sehingga membuat serangga seperti berbulu halus. Sebagai tambahan, *M. anisopliae* dapat memperoleh nutrisi dari lemak pada kutikula.

Pada keadaan yang memungkinkan, kadang kala serangga juga dapat mencegah serangan cendawan entomopatogen walaupun konidia telah sempat menempel pada permukaan tubuh. Beberapa serangga mempunyai mekanisme fisiologi yang telah berkembang untuk mengurangi terjadinya infeksi oleh cendawan seperti *M. anisopliae*. Sebagai contoh, belalang gurun pasir memproduksi toxin anti cendawan yang dapat menghalangi perkecambah konidia. Selain hal tersebut serangga dapat menghindari infeksi dengan

berganti kulit dengan cepat atau mengembangkan integumen baru sebelum cendawan berpenetrasi ke kutikula (Boucias dan Pendland 1998).

Kesimpulan

Cendawan entomopatogen *M. brunneum* merupakan spesies cendawan paling efektif sebagai agens pengendalian rayap tanah *C. gestroi* karena tingkat patogenisitasnya paling tinggi dengan nilai LC₅₀ paling rendah (1,80 x 10⁵ konidia/ml) dibanding spesies *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *F. oxysporum* dan *A. flavus*. Pada uji metode aplikasi, metode kontak lebih efektif dan dapat menyebabkan mortalitas rayap *C. gestroi* lebih cepat dengan LT₅₀ 2,01 (1,52 – 2,40) hari dibandingkan metode pengumpanan dengan LT₅₀ 4,83 (4,56 – 5,13).

Daftar Pustaka

- Amiri-Besheli, B.; Khambay, B.; Cameron, S.; Deadman, M.L.; Butt, T.M. 2000. Inter-and Intra-Specific Variation in Destruxin Production by Insect Pathogenic *Metharhizium* spp., and Its Significance to Pathogenesis, Crop Protection Unit. University of Reading United Kingdom. *Journal of the Mycopathologia*, 104(4): 447-452
- Bayon, I.L.; Ansard, D.; Brunet, C.; Girardi, S.; Paulmier, I. 2000. Biocontrol of *Reticulitermes santonensis* by Entomopathogenic Fungi Improvement of the Contamination Process. Stockholm Sweden. IRG Secretariat KTH SE-100 44.
- Benson, E.P. 2005. Termites Identification on Workshop Urban Pests Management. Center for Integrated Pest Management (CIPM) Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture - Bogor Agricultural University Collaboration with Clemson University. Bogor, July 19th - 21st.
- Berretta, M.F.; Lecuona, R.E.; Zandomeni, R.O.; Grau, O. 1998. Genotyping Isolates of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* by RAPD with Fluorescent Labels. *Journal of the invertebr pathol* 71: 145–150.
- Boucias, D.G.; Pendland, J.C. 1998. *Principles of Insect Pathology*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Butt, T.M.; Jackson, C.; Magan, N. 2001. *Fungi as Biocontrol Agents: progress, problems and potential*. United Kingdom: CABI Publishing.
- Delate, K.M.; Grace, J.K.; Tome, C.H.M. 1995. Potential Use of Pathogenic Fungi in Baits to Control Formoson Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of the Appl Entomol* 119: 429-433.
- Desyanti,; Hadi, Y.S.; Yusuf, S.; Santoso, T. 2005. The Entomopathogenic Fungus from Various Hosts in Nature: Physiological Characterization, and Their Pathogenicity to Subterranean Termites *Coptotermes* sp., Proceedings of the 6th International Wood Science Symposium (IWSS). Bali, August 29th -31st.
- Desyanti,; Santoso, T.; Hadi, Y.S.; Yusuf, S. 2005. Virulence of Various Isolates of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill. Against Subterranean Termite *Coptotermes* sp.(Isoptera: Rhinotermitidae), Proceedings of 1st International Conference Crop Security (ICCS). Malang, September 19th - 22nd
- Eaton, R.A.; Hale, M.D.C. 1993. *Wood Decay, Pests and Protection*. London: Chapman & hall, 2-6 Boundary Row.
- Finney, DJ. 1971. *Probit Analisis*. Ed ke-3. Combridge: University Press.
- Jones, W.E.; Grase, J.K.; Tamashiro, M. 1996. Virulens of Seven Isolates of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Coptotermes formosanus* (Isoptera : Rhinotermitidae). *Journal of the biol contr* 25(2): 481-487.
- Laboratorium Pengawetan kayu UPT Biomaterial LIPI. 2004. Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Cendawan Entomopatogen untuk Pengendalian Rayap tanah *Coptotermes* sp. Cibinong.
- Moslem, R.; Wahid, M.B.; Kamarudin, N.; Sharma, M.; Ali, S.R.A. 1999. Impact of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) Applied by Wet and Dry Inoculum on Oil Palm Rhinoceros Beetles, *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of the Oil Palm Research II* (2): 25 - 40.
- Neves, P.M.O.J.; Alves, S.B. 2004. External events related to the infection process of *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae) by the Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of the Neotropical Entomol* 33(1): 051-056.
- Salleh, B. 2005. Plant Diseases Caused By *Fusarium* Species in the Tropics. Proceedings of 1st International Conference Crop Security (ICCS). Malang, September 19th - 22nd
- Samuels, R.I.; Corocini, D.L.A.; Santos, C.A.M.; dos. Gava, C.A.T. 2002. Infection of *Blissus antillus* (Hemiptera: Lygaeidae) eggs by entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Journal of the Biol contr* 23: 269-273.
- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistik: suatu pendekatan biometrik*. Sumantri B, penerjemah: Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tanada, Y.; Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Sandiogo: Academic Press, INC. Harcourt Brace Jovanovich Publisher.
- Tefera, T.; Pringle, K.L. 2003. Effect of Exposure Method to *Beauveria bassiana* and *Conidia* Concentration on Mortality, Mycosis, and Sporulation in Cadavers of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of the Invertebr Pathol* 84: 90-95.

- Yoshimura, T.; Tsunoda, K.; Takahashi, M.; Katsuda, Y. 1992. Pathogenicity of An Entomopathogenous Fungus, *Conidiobolus coronatus* TYRRELL. and MACLEOD, to *Coptotermes formosanus* SHIRAKI. Jpn. Journal of the Environ. Entomol. Zool 4(1): 11-16.
- Yoshimura, T.; Takahashi, M. 1998. Termiticidal Performance of An Entomogenous Fungus, *Beauveria brongniartii* (SACCARDO) PETCH in Laboratory Tests. Jpn. Journal of the Environ. Entomol. Zool 9(1): 16 – 22.
- Trizelia. 2005. Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes): keragaman genetic, karakterisasi fisiologis, dan virulensinya terhadap *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Disertasi Sekolah Pascasarjana IPB.

Makalah masuk (*received*) : 05 Maret 2007
Diterima (*accepted*) : 07 Mei 2007
Revisi terakhir (*final revision*) : 23 Agustus 2007

Desyanti

Mahasiswa Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dan staf pengajar pada Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (*Post graduate student of Bogor Agricultural University and lecture in Faculty of Forestry, Muhammadiyah University, West Sumatera*).
Jalan Pasir Kandang no 4 Koto Tengah Kodya Padang Sumatera Barat
Tel. : 0751-481777
Fax. : 0751-482274
E-mail : yan17122002@yahoo.com.

Yusuf Sudo Hadi

Staf pengajar Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan-Institut Pertanian Bogor (*Lecture of Forest Products Department, Faculty of Forestry - Bogor Agricultural University*)
Kampus IPB, Darmaga - Bogor.
E-mail : yshadi@indo.net.id.

Sulaeman Yusuf

UPT Balai Litbang Biomaterial - LIPI (*Research and Development Unit for Biomaterials - LIPI*)
Jalan Raya Bogor Km. 46, Komplek LIPI Cibinong.
Tel. : 62-21-87914511
Fax. : 62-21-87914510

Teguh Santoso

Staf Pengajar Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian - Institut Pertanian Bogor (*Lecture of Plant Protection Department, Faculty of Agriculture - Bogor Agricultural University*)
Kampus IPB, Darmaga - Bogor.

Kualitas Arang Kompos Limbah Industri Kertas dengan Variasi Penambahan Arang Serbuk Gergaji

The qualities of Compost Charcoal Manufactured from Paper-mill Waste with Varying Addition of Charcoal Sawdust

Sri Komarayati, Mustaghfirin dan Kurnia Sofyan

Abstract

The development of paper and pulp industry cause waste handling problem. A kind of waste that needs serious attention is sludge. Sludge handling by burning causes air pollution problem, while land filling need much more infestations and areas. Therefore, composting believed as the most effective way to handle sludge. The objective of this research is to increase sludge product utility and to know quality of compost charcoal from sludge. The materials used are sludge from PT Indah Kiat Pulp and Paper Tangerang, Banten, saw dust, saw dust charcoal, and particular bio- activators called OrgaDec were used to stimulate the decomposition of those materials. The methods used are total carbon, nitrogen, phosphor (P_2O_5), kalium (K_2O), magnesium (MgO), cation exchange capacity (CEC) and total Calcium (CaO). The best composting pH and temperature is treatment without charcoal addition. The treatment made pH and temperature goes down by charcoal addition. Analysis quality of compost charcoal show that charcoal addition will cause increasing of CEC and decreasing C/N ratio.

Key words: charcoal compost, sawdust, sludge.

Pendahuluan

Saat ini penanggulangan *sludge* di beberapa industri pulp dan kertas di Indonesia, sebagian besar hanya dibenamkan ke dalam tanah atau dibakar. Penanggulangan dengan cara ini mempunyai beberapa resiko, yaitu jika dibenamkan ke dalam tanah membutuhkan areal yang luas, sedangkan jika dibakar memerlukan biaya yang cukup besar dan dapat mencemari udara. *Sludge* masih mempunyai kandungan bahan organik yang cukup tinggi, sehingga *sludge* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Carter 1983 dan Alton 1991 dalam Rina *et.al.* 2002). Pengomposan dipandang sebagai alternatif penanganan yang paling baik, karena di samping tidak mencemari lingkungan, juga menghasilkan produk yang bermanfaat dengan investasi yang relatif murah. Karakteristik dari *sludge* adalah bersifat menyerap air, sehingga jika *sludge* ditumpuk pada saat proses pengomposan, rongga udara yang tercipta akan sedikit. Kondisi ini mengganggu proses pengomposan sehingga perlu bahan lain untuk menanggulangnya. Pada penelitian ini digunakan serbuk gergaji sebagai bahan pencampur. Untuk mempercepat proses pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos, maka perlu dilakukan penelitian pengaruh pemberian arang terhadap pengomposan. Tujuan penambahan arang pada proses pengomposan, selain meningkatkan kualitas kompos tersebut, juga diharapkan dengan adanya arang akan menambah jumlah dan aktivitas mikro-organisme yang berperan sehingga proses dekomposisi dapat berlangsung lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan

pemanfaatan *sludge* menjadi produk arang kompos dan mengetahui kualitas arang kompos dari *sludge*.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan kompos yang digunakan adalah *sludge* yang merupakan limbah industri dari PT. Indah Kiat Pulp dan Paper Tangerang, Banten, serbuk gergaji, dan arang serbuk gergaji. Sebagai pemacu proses pengomposan digunakan *Organic Decomposer* (OrgaDec). Bahan kimia yang digunakan untuk analisis kadar lignin yaitu alkohol 95%, benzen, air panas, kertas saring, asam sulfat 72%, es, dan air suling berdasarkan TAPPI T13 iod-74 (Anonim 1993). Analisis kualitas arang kompos mengacu pada beberapa standar. Kadar karbon (C) total (Harjadi *et.al.* 1974), kadar nitrogen (N) (Sukmana 1983), kadar pospor (P_2O_5), kalium (K_2O), MgO , dan kapasitas tukar kation (KTK) (Anonim 2002) dan CaO total (Saeni dan Latifah 1990).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas alat pengomposan, seperti bak pengomposan, karung, sekop, timbangan. Alat pengamatan selama pengomposan, seperti termometer, hygrometer, dan pH tester. Alat analisis lignin, seperti timbangan, blender, cawan berpori G2, tabung ekstraksi soklet, pengisap, gelas piala 500 ml, cawan penyaring, oven, pengaduk, erlemeyer 1000 ml, alat pemanas dan eksikator, serta alat analisis mutu arang kompos.

Metode Penelitian

Sebelum dilakukan pengomposan, terlebih dahulu dilakukan analisis kandungan *sludge* sebagai bahan baku utama untuk mengetahui kandungan rasio C/N dan unsur hara lainnya. Pengomposan dilakukan dengan mencampur bahan-bahan yang akan dikomposkan yaitu *sludge* 100 kg, serbuk gergaji 10 Kg, dan berbagai perlakuan penambahan arang yaitu 0 kg (perlakuan 1), 10 kg (perlakuan 2), 20 kg (perlakuan 3), dan 30 kg (perlakuan 4). Pada masing-masing perlakuan diberi starter OrgaDec 10 kg. Sebelum campuran bahan ditumpuk, ditambahkan air secukupnya untuk meningkatkan kelembaban campuran. Masing-masing perlakuan dihitung kadar airnya untuk mengetahui kadar air awal. Campuran bahan ditumpuk pada bak dengan ukuran panjang 95 cm, lebar 68 cm, dan tinggi 100 cm. Penumpukan diusahakan tidak terlalu padat sehingga ada ruang untuk keluar masuk udara. Pada bagian atas tumpukan ditutup dengan karung atau lembaran plastik warna hitam untuk mengurangi penguapan yang berlebihan. Setiap hari dilakukan pengamatan suhu, pH, dan kelembaban udara. Pada 10 hari pertama pengomposan, suhu akan meningkat. Jika suhu sudah tidak meningkat, maka dilakukan pengadukan dan peningkatan kelembaban dengan menambahkan air secukupnya. Proses pengadukan diperlukan untuk meratakan kontak substrat (*sludge*, arang, dan serbuk gergaji) dengan mikroba, serta menjaga kondisi kadar air, dan kontak tumpukan massa dengan udara. Pengadukan dilakukan secara teratur yaitu 2 minggu sekali. Penambahan air dilakukan untuk menjaga kelembaban agar mikro-organisme dapat bekerja secara maksimal, tetapi juga tidak boleh terlalu basah karena air yang terlalu banyak akan menutup rongga-rongga dan menyebabkan pengomposan menjadi terhambat. Analisis mutu kompos dilakukan pada akhir proses pengomposan meliputi kandungan C organik, N total, rasio C/N, kadar P₂O₅, kadar K₂O, kadar CaO, kadar MgO, pH, kadar air, KTK, dan unsur logam berat Pb, Zn dan Cd.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Bahan Baku

Hasil analisis bahan baku menunjukkan bahwa *sludge* memiliki rasio C/N cukup rendah yaitu 19.40 (Tabel 1). Bahan baku dengan rasio C/N 19.40 tidak akan membutuhkan waktu yang lama untuk menguraikannya. Kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti P₂O₅, K₂O, MgO dan CaO juga relatif tinggi. Logam berat yang terkandung rendah bila dibandingkan dengan logam berat dalam *sludge* pada pembuatan pupuk organik yang dilakukan oleh Komarayati dan Pasaribu (2005). Sedangkan pH netral.

Table 1. Nutrients in *sludge*.

Parameter	Value
pH (1 : 1)	7.10
Moisture content 105°C, %	23.42
C organik, %	14.36
N total, %	0.74
C/N ratio	19.40
P ₂ O ₅ total, %	0.64
CaO total, %	0.32
MgO total, %	0.16
K ₂ O total, %	1.4
Pb, ppm	0.06
Zn, ppm	0.12
CD, ppm	0.01
Lignin, %	3.29

Kandungan lignin dalam *sludge* sangat kecil yaitu 3.29%. Nilai inipun bukan semuanya lignin kayu yang ada pada bahan bakunya. Bahan baku berasal dari limbah pembuatan kertas dengan bahan baku pulp, sehingga sangat dimungkinkan adanya bahan-bahan kimia seperti lignosulfat yang tertinggal dalam *sludge*. Bahan-bahan kimia ini teridentifikasi sebagai lignin.

Kelemahan ini dapat diatasi dengan penambahan serbuk gergaji dalam campuran bahan baku arang kompos. Serbuk gergaji memiliki kadar lignin yang cukup tinggi, sehingga dapat menutupi kekurangan kandungan lignin dari *sludge*.

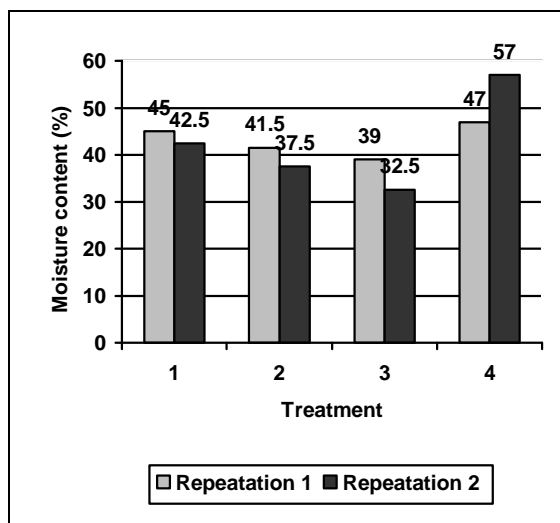


Figure 1. Moisture content before composting.

Remarks:

- 1: without added charcoal
- 2: with added charcoal 10 kg
- 3: with added charcoal 20 kg
- 4: with added charcoal 30 kg

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kadar air awal pengomposan tidak semua berada diatas 40% yaitu pada perlakuan 2 dan perlakuan 3. Kadar air yang optimal untuk proses pengomposan sekitar 40% ~ 60%. Keadaan ini menyebabkan proses dekomposisi yang terjadi tidak berjalan dengan baik. Oleh karena itu pada pengadukan pertama ditambahkan air untuk meningkatkan kadar air tumpukan.

Perubahan Suhu pada Proses Pengomposan

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama pengomposan untuk mengetahui lancar tidaknya proses pengomposan. Gambar 2 menunjukkan hasil pengamatan suhu saat proses pengomposan.

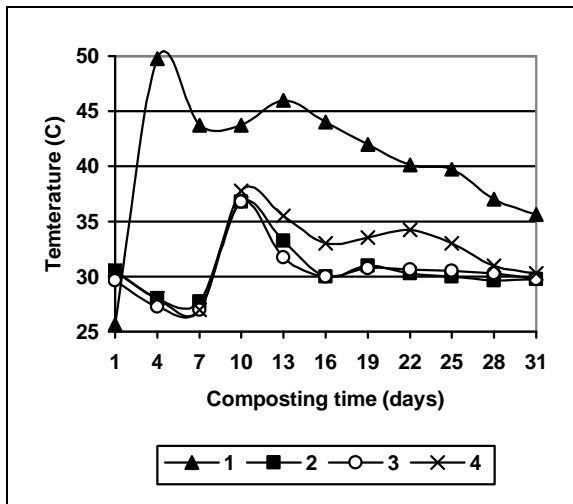


Figure 2. Composting temperature.
Remarks: see Figure 1

Pengamatan suhu pada proses pengomposan menunjukkan bahwa suhu kompos sangat bervariasi dari 25.56°C ~ 49.38°C dengan suhu rata-rata 35.68°C. Kenaikan suhu pada awal proses pengomposan menandakan bahwa proses pengomposan berjalan dengan baik.

Faktor yang menyebabkan rendahnya suhu rata-rata proses pengomposan adalah tumpukan yang terlalu pendek yaitu 30 cm ~ 70 cm. Tumpukan yang terlalu pendek menyebabkan panas cepat menguap yang disebabkan karena tidak ada bahan material yang digunakan untuk menahan panas dan menghindari pelepasan panas. Menurut Murbandono (2002), suhu ideal untuk proses pengomposan adalah 40°C ~ 50°C.

Rendahnya suhu yang dicapai perlakuan dengan penambahan arang, adalah akibat dari sifat arang yang menyimpan air. Pada akhir pengomposan suhu kompos mulai mendekati suhu lingkungan yaitu sekitar 25°C ~ 30°C.

Perubahan Derajat Keasaman

Kompos tanpa penambahan arang memiliki rata-rata pH 6.65; lebih tinggi dibanding kompos dengan penambahan arang. Makin banyak penambahan arang ke dalam campuran bahan baku, makin rendah nilai keasamannya.

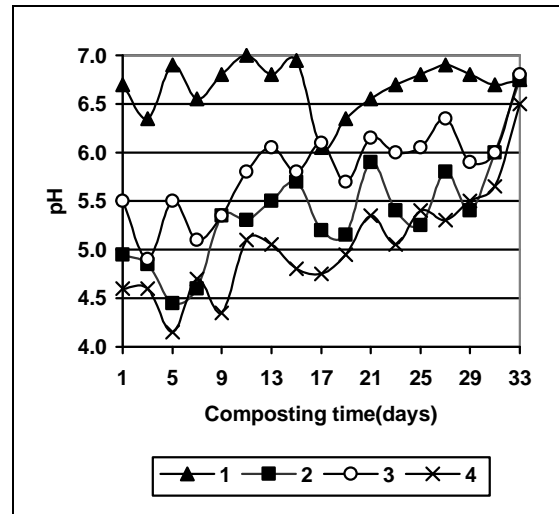


Figure 3. Composting pH
Remarks: see Figure 1

Pada Gambar 3 tidak terlihat adanya kenaikan nilai pH. Hal ini terjadi karena perubahan pH dipengaruhi oleh aktifitas mikro-organisme di dalam tumpukan. Pada proses pembuatan arang kompos, penambahan arang dapat merangsang berkembang biak mikro-organisme (Komarayati dan Indrawati 2003). Supriyanto (2002) menyatakan bahwa kondisi pH optimum untuk pertumbuhan bakteri pada umumnya antara 6.0 ~ 7.5 dan 5.5 ~ 8.0 untuk *fungi*. Dalam proses selanjutnya mikro-organisme jenis lainnya akan mengubah asam organik tersebut, menghasilkan gas CO₂ dan senyawa-senyawa volatil lain serta kation-kation basa sebagai hasil dari mineralisasi bahan organik sehingga menyebabkan nilai pH naik kembali.

Kelembaban Udara

Perubahan kelembaban udara di sekitar tempat pengomposan dapat mempengaruhi perubahan suhu di dalam tumpukan kompos. Tetapi pada perlakuan dengan penambahan arang, perubahan kelembaban tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan suhu pengomposan. Walaupun dalam kondisi hujan, dimana kelembaban udara di tempat pengomposan mencapai 100%, suhu tumpukan kompos tidak mengalami perubahan yang nyata.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa korelasi antar kelembaban dan suhu memiliki nilai negatif. Nilai ini dapat diartikan kelembaban makin naik pada ruang

pengomposan diikuti dengan penurunan suhu pengomposan. Penurunan yang nyata terjadi pada perlakuan tanpa penambahan arang, sedangkan pada perlakuan dengan penambahan arang penurunan yang terjadi tidak cukup nyata. Hal ini disebabkan peranan arang yang menjaga kestabilan suhu, sehingga walaupun kelembaban udara naik turun, suhu pengomposan tidak banyak terpengaruh (Komarayati *et al.* 2002).

Table 2. Corelation value between relative humiduty and temperature.

Treatment	Coeficient of Corelation	P-Value
1	-0.289	0.019
2	-0.136	0.277
3	-0.046	0.716
4	-0.240	0.053

Rasio C/N

Salah satu kriteria untuk mengukur kematangan kompos adalah rasio C/N. Rasio C/N yang paling baik untuk tanah adalah 10 ~ 20 (Murbandono 2002). Selama proses pengomposan, bakteri penghancur akan menggunakan N untuk berkembang biak. Oleh karena itu bahan yang mengandung rasio C/N tinggi, proses pengomposannya akan lama, karena rasio C/N harus diturunkan hingga mendekati rasio C/N tanah.

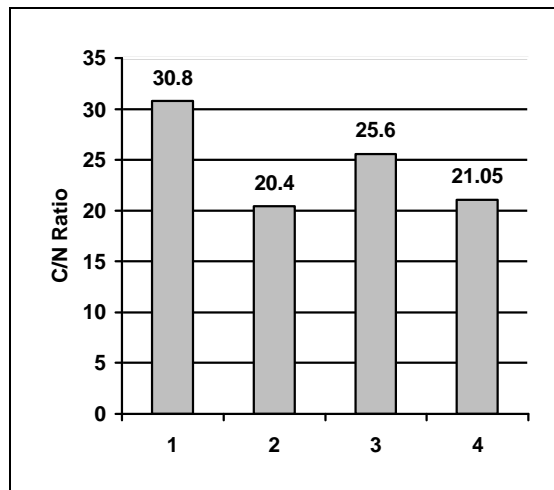


Figure 4. Treatment effects to C/N ratio of compost charcoal.

Remarks: see Figure 1

Pada Gambar 4 terlihat bahwa perlakuan pertama yang tanpa penambahan arang memiliki rasio C/N yang masih tinggi yaitu 30.80. Penambahan arang ternyata menambah unsur C ke dalam bahan baku kompos, sehingga rasio C/N awal menjadi sangat tinggi. Tetapi penambahan arang mampu menurunkan rasio C/N jauh

lebih cepat dibanding dengan bahan baku yang tanpa penambahan arang.

Perbedaan diakibatkan oleh penambahan arang dapat mempercepat proses pengomposan sehingga rasio C/N cepat turun. Tetapi penambahan arang juga menyebabkan rasio C/N bertambah, karena adanya penambahan C ke dalam bahan kompos. Pada perlakuan ke 3, penambahan arang menyebabkan rasio C/N naik dan kecepatan untuk menurunkan rasio C/N masih rendah, sehingga rasio C/N masih relatif tinggi dibanding dengan perlakuan ke 2 dan ke 4.

Kapasitas Tukar Kation

Parameter lain yang biasa digunakan untuk mengukur tingkat kematangan kompos adalah kapasitas tukar kation (KTK). KTK diperlukan oleh tanaman untuk mengikat unsur hara lainnya seperti Ca dan Mg.

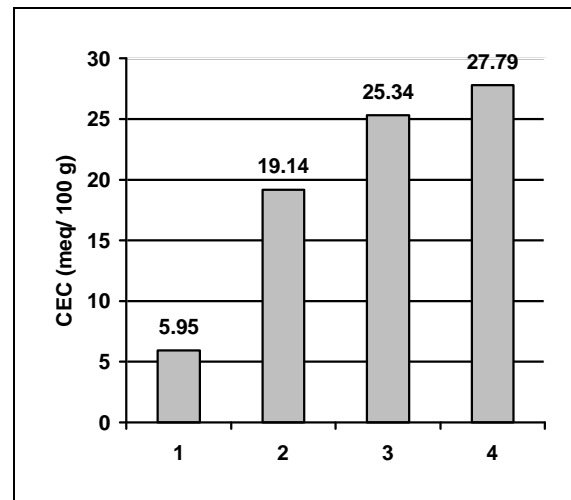


Figure 5. Treatment effects to Cation Exchange Capacity CEC ratio of compost charcoal.

Remarks: see Figure 1

Nilai KTK dari percobaan berkisar antara 5.94 sampai dengan 27.79 meq/100g. Hasil analisis menunjukkan nilai KTK tertinggi ada pada perlakuan ke 4 (27.79 meq/100 g).

Nilai KTK yang rendah ini terjadi karena kompos belum matang. Kompos yang telah matang akan memiliki KTK mendekati 100meq/100g (Murbandono 2002). Perbedaan KTK dalam kompos disebabkan karena perbedaan humus yang terbentuk akibat dekomposisi bahan organik selama pengomposan.

Kualitas Arang Kompos

Arang kompos yang baik mempunyai pH netral, yaitu mendekati 7. SNI memberi batasan pH kompos antara 6.8 ~ 7.49 (BSN 2004). Kondisi pH yang terlalu rendah (asam) akan membuat unsur hara makro tidak

Table 2. Nutrients of compost charcoal.

Parameter	Treatment				Guidelines**			SNI***	
	1	2	3	4	Low	Middle	High	Min	Max
pH (1 : 1)	7.25	6.95	7.20	7.05	6.60	7.30	8.20	6.8	7.49
Moisture content, %	28.93	29.00	27.70	25.40	24.90	35.90	52.60	-	50
C organik, %	20.94	9.18	13.19	13.87	14.50	19.60	27.10	9.8	32
N total, %	0.68	0.45	0.52	0.66	0.60	1.10	2.10	0.4	-
C/N ratio	30.80	20.40	25.60	21.05	<10	10-20	>20	10	20
P ₂ O ₅ total, %	0.68	0.34	0.42	0.50	0.30	0.90	1.80	0.1	-
CaO total, %	0.34	0.20	0.21	0.30	2.70	4.90	6.20	-	-
MgO total, %	0.21	0.25	0.24	0.30	0.30	0.70	1.60	-	-
K ₂ O total, %	1.46	1.40	1.09	2.00	0.20	0.60	1.40	0.20	*
KTK, meq/100g	5.95	19.14	25.34	27.79	20.10	30.00	45.00	-	-
Pb, ppm	0.05	0.03	0.04	0.05	-	-	-	*	150
Zn, ppm	0.12	0.18	0.21	0.35	513	1570	2015	*	500
Cd, ppm	0.01	Tu	Tu	Tu	-	-	-	*	3

Remarks: * = the value lower than minimum or smaller than maximum; ** = Guidelines for assessing the nutrient in compost (Anonim 2000); *** = Indonesian National Standard 19-7030-2004; Tu = not measurement.

dapat diserap tanaman, bahkan sebaliknya unsur hara mikro akan tersedia dalam jumlah yang berlimpah. Kelebihan unsur hara mikro dan kekurangan unsur hara makro akan sangat merugikan tanaman. Kondisi pH yang terlalu tinggi (basa) juga akan merugikan tanaman, karena unsur hara mikro menjadi tidak tersedia dan unsur hara makro berlimpah.

Kondisi pH arang kompos menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan arang memiliki pH yang paling tinggi disusul dengan perlakuan dengan penambahan arang 20 kg. Walaupun demikian, perbedaan ini tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas arang kompos yang dihasilkan, karena semua perlakuan memiliki pH yang mendekati 7 (netral). Kandungan pH semua perlakuan telah memenuhi SNI (BSN 2004).

Kadar air tidak berpengaruh secara langsung terhadap kualitas arang kompos, tetapi mempengaruhi penanganan arang kompos berikutnya seperti penyimpanan dan aplikasi akhir. Kadar air yang terlalu tinggi menyebabkan arang kompos tidak bisa disimpan lama karena ada resiko diserang oleh jamur dan cendawan. Jamur dan cendawan ini akan menurunkan kualitas arang kompos, bahkan dapat merubah kompos menjadi beracun.

Kadar air arang kompos hasil penelitian berada pada kisaran 25.40% ~ 29.00%. Kadar air ini telah memenuhi standar yang ditetapkan SNI yang mensyaratkan kadar air kompos maksimal adalah 50%. Kondisi kadar air yang kecil menunjukkan bahwa arang kompos hasil penelitian dapat diaplikasikan dengan aman dan dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama.

Unsur Hara Makro Primer

N adalah salah satu unsur yang keberadaannya sangat dibutuhkan oleh tanaman. Hasil analisis menunjukkan percobaan tanpa penambahan arang memiliki kandungan N paling tinggi dibanding dengan percobaan dengan penambahan arang. Pada percobaan dengan penambahan arang, makin tinggi penambahan arang makin tinggi pula kandungan N.

SNI mensyaratkan kandungan N total di dalam kompos minimal 0.4%. Semua hasil percobaan memiliki kandungan N diatas 0.4%, sehingga dapat disimpulkan semua perlakuan dalam percobaan memenuhi SNI (BSN 2004).

Percobaan tanpa penambahan arang memiliki kandungan P₂O₅ tertinggi (0.68%) dibanding dengan percobaan dengan penambahan arang. Hasil analisis laboratorium menunjukkan, makin banyak penambahan arang pada bahan kompos, tidak diikuti dengan makin tinggi kandungan unsur P₂O₅. Syarat minimal kandungan unsur P₂O₅ yang terdapat pada kompos menurut SNI adalah 0.1%.

Kandungan unsur K₂O terendah pada perlakuan ke 3 (1.09%) dan kandungan tertinggi pada perlakuan ke 4 (2.00%). Jika dibandingkan dengan SNI, yang mensyaratkan kandungan K₂O minimal yang harus ada pada kompos 0.2%, maka arang kompos hasil percobaan berada di atas standar.

Unsur Hara Makro Sekunder

Selain unsur hara makro primer (N, P, K), tanaman juga membutuhkan unsur sulfur (S), Ca, dan Mg. Menurut Leiwakabessy *et al.* (2003), Ca sangat dibutuhkan oleh tanaman tingkat tinggi untuk pembentukan pucuk dan ujung-ujung akar. Kekurangan unsur ini dapat mengganggu pembentukan protein.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan arang 30 kg tidak memberikan perbedaan bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan arang. Mengacu pada pengharkatan hara kompos dari BIOTROP (Anonim 2000), semua perlakuan percobaan termasuk dalam harkat rendah (0.20% ~ 0.34%).

Unsur Hara Mikro

Tanaman juga membutuhkan unsur-unsur hara lainnya selain unsur hara makro primer. Unsur ini terdiri atas 7 unsur, yaitu besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), boron (B), molibdenum (Mo), dan klor (Cl). Unsur-unsur ini biasa disebut unsur hara mikro sekunder. Penelitian ini hanya menganalisa satu unsur hara mikro, yaitu Zn. Zn dalam kadar kecil dapat bersifat racun.

Kandungan Zn dalam arang kompos hasil penelitian telah memenuhi SNI. Walau demikian kandungan Zn dalam arang kompos masih terlalu kecil. Menurut Leiwakabessy *et.al.* (2003), kadar normal Zn dalam bahan kering berkisar antara 25 ~ 150 ppm, kurang dari 25 ppm tanaman akan kekurangan Zn dan bila lebih dari 400 ppm tanaman akan keracunan.

Kandungan Logam Berat

Hasil analisis kualitas arang kompos menghasilkan kandungan timbal (Pb) dalam arang kompos hasil penelitian berkisar antara 0.02 ~ 0.05 ppm sedangkan kadmium (Cd) 0.01 untuk perlakuan tanpa penambahan arang dan untuk perlakuan dengan penambahan arang nilai kadmium di dalam arang kompos sangat kecil (tidak terukur). Uji sidik ragam terhadap timbal menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Perbedaan terjadi pada perlakuan 1 (0.05 ppm) dengan perlakuan 2 (0.02 ppm). Nilai ini masih jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI yaitu 150 ppm.

Aplikasi arang kompos hasil penelitian ini telah dicoba sebagai campuran media tanam anakan *Shorea* sp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kematian tanaman anakan yang ditanam pada kompos tanpa penambahan arang sangat tinggi, sedangkan anakan yang ditanam pada kompos dengan penambahan arang tumbuh dengan subur/persentase kematian tanaman sangat rendah.

Kesimpulan dan Saran

1. *Sludge* limbah industri pulp dan kertas dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku arang kompos.
2. Penambahan arang ke dalam campuran kompos dapat mempercepat proses dekomposisi selama pengomposan.
3. Kualitas arang kompos terbaik adalah arang kompos dengan penambahan arang 30 kg (perlakuan 4).

4. Arang kompos hasil penelitian, telah memenuhi standar mutu SNI 19-7030- 2004, kecuali rasio C/N.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1993. TAPPI Test Method. Atlanta, Georgia.
- Anonim. 2000. Pedoman Pengharkatan Hara Kompos. BIOTROP. Bogor.
- Anonim. 2002. Pengembangan Industri Pedesaan di Sekitar Hutan Tanaman Industri di Indonesia. Seameo-Biotrop Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional [BSN]. 2004. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. SNI 19-7030-2004.
- Harjadi, W; S. Saeni; H. Adijuwana; E. Djohan. 1974. Penuntun Praktikum Kimia Analitik. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Komarayati, S; Gusmailina; G. Pari. 2002. Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Kompos. Prosiding Seminar Nasional MAPEKI V. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan, tanggal 30 Agustus - 1 September 2002 di Bogor. pp 525 - 530.
- Komarayati, S; Gusmailina; G. Pari.. 2002. Peranan Arang pada Pembuatan Arang Kompos. Prosiding Seminar Nasional MAPEKI V. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan, tanggal 30 Agustus - 1 September 2002 di Bogor. pp 521 - 524.
- Komarayati, S. dan I. Indrawati. 2003. Isolasi dan Identifikasi Mikroorganisme dalam Arang Kompos. Buletin Penelitian Hasil Hutan. (21) 2: 251-258. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Leiwakabessy, F.M.; A. Sutandi; Wahyudin. 2003. Diktat Kuliah Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Murbandono, H.S. 2002. Membuat Kompos. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rina, S.S.; S. Purwati; H. Hardiani; A. Surahman. 2002. Pengaruh Kompos dari Limbah Lumpur IPAL Industri Kertas terhadap Tanaman dan Tanah. Prosiding Seminar Teknologi Selulosa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, 22 Oktober 2002 di Bandung.
- Saeni, S.M. dan D. Latifah. 1990. Panduan Praktikum Kimia Lingkungan. Jurusan Kimia.FMIPA IPB. Bogor.
- Sukmana, S. 1983. Evaluation of Unite Process in the Composting of City Waste. Fakulteit Van de Landbouwwetenschafen Laboratory Voor Bodenu Fysica. Boden conditioner an Tuinbouwbodem kunde.
- Supriyanto, A. 2001. Aplikasi Wastewater Sludge untuk Proses Pengomposan Serbuk gergaji. <http://sinergy-forum.net/zoa/paper/html/paperAgusSupriyanto.html> [2 Agustus 2005].

Makalah masuk (*received*) : 15 Maret 2007
Diterima (*accepted*) : 18 Mei 2007
Revisi terakhir (*final revision*) : 30 Mei 2007

Sri Komarayati
Pusat Penelitian Hasil Hutan
(*Research and Development Centre for Forest Products*)
Jl. Gunung Batu. PO.Box 182, Bogor
Tel. : 0251-633378
Fax. : 0251-633413.

Kurnia Sofyan dan Mustaghfirin
Laboratorium Kimia Hasil Hutan, Jurusan Teknologi Hasil Hutan,
(*Chemistry Laboratory, Dept of Forest Products Technology*)
Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
(*Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University*)
Kampus IPB Darmaga, PO Box 168, Bogor 16001
Tel. : 0251-621285; 621677
Fax. : 0251-621285; 621256

Kandungan Bahan Aktif Kayu Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) dan Masoi (*Cryptocaria massoia*)

*The Chemical Content of Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) and Masoi (*Cryptocaria massoia*) Wood*

Richard Gatot Nugroho Triantoro dan Cicilia Maria Erna Susanti

Abstract

The aim of the research is to determine chemical compound in Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) and Masoi (*Cryptocaria massoia*) woods. All chemical compounds were determined by GC-MS. Results shown that Ethanol extract from the heartwood of Kulilawang contains eugenol and safrol. While, massoilactone was isolated from the ethanol extract of Masoi's heartwood.

Key words: chemical compound, Kulilawang, Masoi, eugenol, safrol, massoilactone

Pendahuluan

Sumber bahan baku obat (*medicine*) hingga saat ini sebagian besar masih berasal dari alam, baik nabati maupun asal hewan. Tidak kurang dari 1260 jenis tumbuhan yang terdapat di hutan hujan tropika Indonesia merupakan kekayaan sumberdaya alam hayati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat-obatan, baik untuk obat tradisional maupun untuk bahan baku obat modern (Zuhud *et.al.* 1994 dalam Zuhud dan Yuniarsih 1995) Menurut Jafarsidik (1987) dalam Komarayati *et.al.* (1995), di Indonesia terdapat kurang lebih 85 jenis pohon hutan yang berguna sebagai bahan baku obat.

Kebutuhan obat yang berasal dari tumbuhan semakin meningkat. Hal ini tidak terlepas dari upaya-upaya masyarakat untuk kembali mengkonsumsi obat-obat yang berasal dari alam (*back to nature*). Kecenderungan ini pula akan berdampak pada peningkatan pemanenan terhadap bahan penghasil obat dari alam yang sekaligus menurunkan ketersediaannya di alam. Dengan demikian pemanfaatan tumbuhan berkhasiat obat dari alam yang tidak disertai dengan upaya konservasi akan berakibat hilangnya jenis-jenis tumbuhan penghasil obat tersebut.

Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) dan Masoi (*Cryptocaria massoia*) merupakan jenis tumbuhan yang selama ini sudah digunakan oleh masyarakat lokal Papua sebagai obat tradisional. Bagian yang dimanfaatkan dari kedua tumbuhan ini adalah kulit yang diekstraksi untuk menghasilkan minyak. Beberapa penelitian etnobotani pada masyarakat lokal Papua memberikan informasi bahwa minyak Kulilawang biasa digunakan untuk sakit tulang dan obat kuat (mengembalikan stamina) oleh masyarakat suku Maibrat di Kampung Sembaro Distrik Ayamaru Kabupaten Sorong (Howay *et.al.* 2003) dan suku Meyakh di Kampung Mojuwteb Mandopi Gunung

Manokwari (Tuharea 2001). Sementara itu minyak Kulilawang juga dimanfaatkan oleh masyarakat Tandia di Wasior, Kabupaten Teluk Wondama, dengan cara membakar bagian kulitnya untuk dijadikan sebagai minyak gosok (Worabai *et al.* 2001). Kulit Masoi sendiri diambil minyaknya dan digunakan sebagai bahan jamu, obat cacing dan kejang perut (Komarayati *et.al.* 1995).

Pemanfaatan Kulilawang dan Masoi oleh masyarakat lokal selama ini belum optimal karena bagian yang dimanfaatkan hanya kulitnya saja sementara kayunya dibiarkan lapuk dan membusuk. Hal tersebut akan memberikan dampak yang sangat merugikan dari sisi konservasi karena secara tidak langsung menyebabkan berkurangnya populasi pohon Kulilawang dan Masoi di alam. Dampak lainnya adalah bagi masyarakat sendiri dimana masyarakat harus berjalan jauh ke dalam hutan hanya untuk mencari dan mengambil kulitnya.

Dengan mempertimbangkan masalah di atas, maka perlu dicari cara agar pemanfaatan kayu dari pohon Kulilawang maupun Masoi dapat dioptimalkan. Salah satu cara untuk mengoptimalkan kedua kayu tersebut adalah memanfaatkan kayunya sebagai bahan obat karena selama ini kulitnya sudah digunakan sumber bahan obat pula. Pemanfaatan tersebut dengan cara mengetahui kandungan bahan aktif yang terkandung dalam kayu, terutama senyawa-senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan obat alami. Namun sejauh ini, informasi tentang kandungan bahan aktif berpotensi obat yang terkandung di dalam kayu dari kedua jenis tersebut masih sangat kurang.

Didasarkan permasalahan di atas maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan bahan aktif yang terdapat di dalam kayu Kulilawang dan Masoi.

Bahan dan Metode

Kayu Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) dan Masoi (*Cinnamomum culilawane* Bl.), diambil dari hutan alam di Wasior, Kabupaten Teluk Wondama, Papua Barat. Diameter kayu Kulilawang yang diambil adalah 32 cm sedangkan diameter kayu Masoi adalah 27 cm. Bagian kayu yang diambil adalah pada bagian pangkal dan ujung. Kayu bagian pangkal diambil pada ketinggian setinggi dada dan bagian ujung diambil tidak lebih dari bebas cabang pertama. Ekstrak kasar untuk bahan bioaktif dilakukan di laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Negeri Papua (UNIPA), sedangkan analisis GC-MS (*Chromatography Gas-Spectrometer Massa*) dilakukan di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), Bandung.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi serbuk kayu Kulilawang dan Masoi dari bagian teras dengan ukuran 40 dan 80 mesh, etanol 96%, dan kertas saring.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat peralatan *hammer mill*, seperangkat peralatan soklet, seperangkat peralatan gelas, dan labu pemisah.

Prosedur kerja untuk ekstrak kayu dalam pelarut etanol mengikuti acuan Browning (1966). Serbuk kayu ukuran 40 ~ 80 mesh dimaserasi menggunakan etanol 96% dengan perbandingan 1:5 (w/w) selama 48 jam. Maserasi dilakukan berulang sampai mendapatkan larutan yang bening. Hasil ekstraksi kemudian dievaporasi menggunakan alat destilasi di atas *waterbath* pada suhu 40°C untuk meminimalkan pelarutnya (sepertiga bahan pelarut telah hilang). Fraksi

etanol yang sudah siap dianalisis, kemudian disimpan dalam botol tertutup.

Identifikasi komponen bahan aktif dilakukan pada F etanol dari bagian pangkal teras dan ujung teras kayu Kulilawang dan kayu Masoi, dengan menggunakan metode GC-MS (Syafii 2001). Spesifikasi alat yang digunakan adalah merk Shimadzu, GC : gc17a, MS : 5050qp, kolom : DB5MS.

Parameter GC meliputi *oven temperature* 60°C, *oven equilibrium time* 0.50 menit, *injector temperature* 300°C, *interface temperature* 330°C, *column length* 30 m, *column diameter* 0.25 mm, *column pressure* 100 kPa, *column flow* 1.6 ml/min, *linear velocity* 46.4, *split ratio* 20, dan *total flow* 36.6 ml/min, dengan *program time* 38 menit. Sedangkan parameter MS meliputi *mass range* mulai M/Z 34 dan berakhir M/Z 600, *scan interval* 0.5 (sec.), *threshold* 600, *scan speed* 2000 (amu/sec), *detector volts* 1 kV.

Hasil dan Pembahasan

Kayu Kulilawang (*Cinnamomun culilawane* Bl.)

Hasil analisis GC-MS, fraksi etanol (F etanol) kayu Kulilawang bagian pangkal teras terdiri dari 18 komponen kimia, dengan 6 senyawa utama disajikan pada Gambar 1. Sedangkan ke 6 senyawa utama dari F etanol disajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa sebaran kandungan senyawa utama di kayu Kulilawang bagian pangkal teras berkisar antara 2.13% ~ 66.23%. Kadar senyawa tertinggi adalah eugenol sedangkan senyawa yang terendah adalah dimetoksifenol.

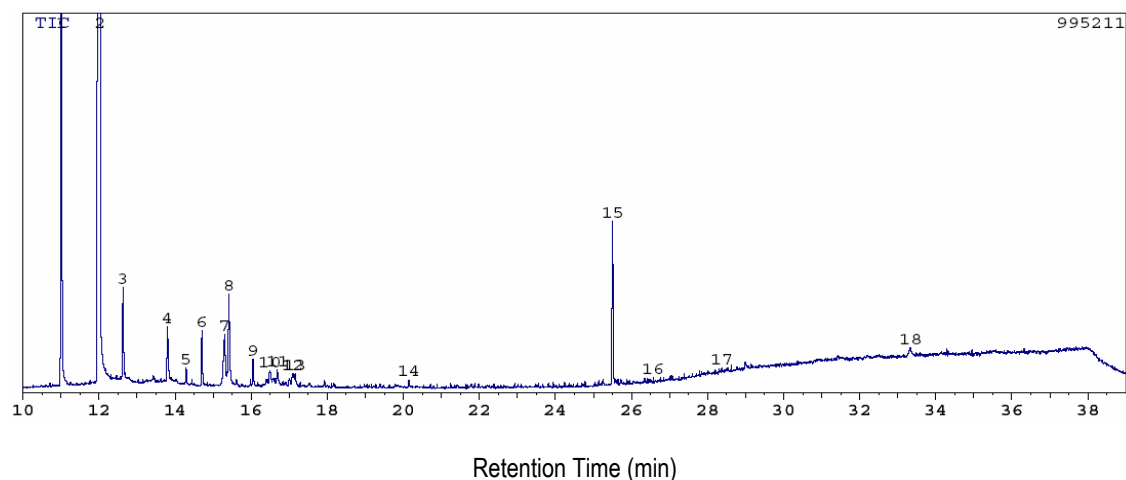


Figure 1. Chromatogram for Ethanol extract of the bottom part of heartwood of Kulilawang (*Cinnamomun culilawane* Bl.)

Table 1. Chemical compound and retention time from Ethanol extract of bottom part of heartwood of Kulilawang (*Cinnamomun culilawane* Bl.).

Retention Time	Chemical Compounds	Content (%)
11.011	Safrol [I], benzena, 4-alil-1,2-(metilena dioksi) [II]	9.56
12.027	Eugenol [I], isoeugenol [II], fenol, 2-metoksi-4-propenil [V]	66.23
12.629	Metileugenol [I]	2.15
15.413	4-alil-2,6-dimetoksifenol [I], fenol, 4-alil-2,6-dimetoksi [IV], asam asetilferulik [V]	2.13
25.500	Bis (2-etilheksil) ester [I], diisooktil ptalat [III], isooktil ptalat [V]	3.01
33.336	D-xylitol, pentaasetat [I], 2H-3, 9a-methano-1-benzoxepin, oktahidro-2,2,5a,9-tetrametil [III], arabinitol, pentaasetat [IV]	8.03

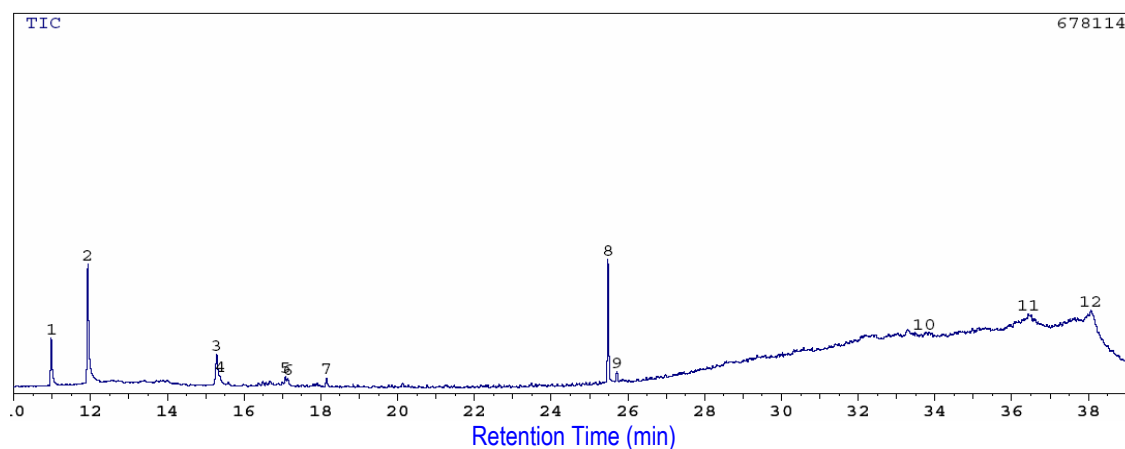


Figure 2. Chromatogram for Ethanol extract of the upper part of heartwood of Kulilawang (*Cinnamomun culilawane* Bl.)

Table 2. Chemical compound and retention time from Ethanol extract of upper part of Heartwood of Kulilawang (*Cinnamomun culilawane* Bl.).

Retention Time	Chemical Compounds	Content (%)
10.974	safrol [I], benzena, 4-alil-1,2-(metilena dioksi) [II]	12.10
11.925	Eugenol [I], fenol, 2-metoksi-4-propenil [II], fenol, 2-metoksi-5-propenil [IV], isoeugenol [V]	34.36
15.286	Etil ptalat [I], dietil ptalat [II]	10.51
25.481	1,2-asam benzenadikarboksilat, bis (2-etilheksil) ester [I], diisooktil ptalat [III], bis (2-etilheksil) ptalat [IV], dioktil ptalat [V]	25.23
25.708	Oksanamid [I], undecanal [III], N-decanal [III], lauraldehida [IV], undecyl aldehida [V]	3.17
38.060	Arabinitol [I], D-xylitol [III]	4.65

Table 3. Chemical compound and content from Ethanol extract of the heartwood of Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl).

No.	Chemical Compounds	Bottom	Upper	Content (%)	
				Bottom	Upper
1.	Safrol [I], benzena, 4-alil-1,2-(metilena dioksi) [II]	+	+	9.56	12.10
2.	Eugenol [I], isoeugenol [II], fenol, 2-metoksi-4-propenil [V]	+	+	66.23	34.36
3.	Metileugenol [I]	+	-	2.15	-
4.	4-alil-2,6-dimetoksifenol [I], fenol, 4-alil-2,6-dimetoksi [IV], asam asetilferulik [V]	+	-	2.13	-
5.	Bis (2-etilheksil) ester [I], diisooktil ptalat [III], isooktil ptalat [V]	+	+	3.01	25.23
6.	D-xylitol, pentaasetat [I], 2H-3, 9a-methano-1-benzoxepin, oktahidro-2,2,5a,9-tetrametil [III], arabinitol, pentaasetat [IV]	+	+	8.03	4.65
7.	Etil ptalat [I], dietil ptalat [II]	-	+	-	10.51
8.	Oksanamid [I], undecanal [III], N-decanal [III], lauraldehida [IV], undecyl aldehida [V]	-	+	-	3.17

Legend: + : Contain - : not contain

Sedangkan hasil analisis F etanol kayu Kulilawang bagian ujung teras dapat ditemukan 12 komponen senyawa kimia (Gambar 2.), dimana 6 komponen senyawa utama disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kandungan ke 6 senyawa utama berkisar antara 3.17% ~ 34.36%. Kadar senyawa tertinggi adalah eugenol sedangkan senyawa yang terendah adalah oksanamid.

Perbandingan kandungan senyawa utama bagian pangkal teras dengan ujung teras ditampilkan pada Tabel 3. Tabel 3 memperlihatkan adanya kesamaan dalam kandungan jumlah senyawa kimia utama namun terdapat perbedaan terhadap senyawa kimia yang berada di dalam bagian pangkal teras dan bagian ujung teras dari kayu Kulilawang. Pada kayu bagian pangkal teras didapati 2 senyawa kimia yang tidak terkandung dalam bagian ujung teras yaitu senyawa metileugenol dan dimetoksifenol, sedangkan pada kayu bagian ujung teras didapati senyawa yang tidak terdapat pada bagian pangkal teras yaitu etilptalat dan oksanamid.

Pada Tabel 3, terlihat bahwa eugenol dan safrol mempunyai kadar yang tertinggi walaupun konsentrasi eugenol pada bagian pangkal teras (66.23%) lebih tinggi dibandingkan dengan bagian ujung teras (34.36%), dan sebaliknya safrol mempunyai kadar yang lebih tinggi pada bagian ujung teras (12.10%) dibandingkan dengan bagian pangkal teras (9.56%).

Selain itu dari Tabel 3 terlihat pula adanya senyawa kimia yang mempunyai perbedaan yang menyolok pada

kandungannya antara bagian ujung teras dengan bagian pangkal teras. Senyawa tersebut adalah asam 1,2-benzenadikarboksilat, bis (2-ethylhexyl) ester [I] dengan kadar pada bagian ujung teras adalah 25.53% sedangkan pada bagian pangkal teras adalah 3.01%. Kecenderungan tingginya kadar kandungan senyawa tersebut pada bagian ujung teras diduga disebabkan senyawa tersebut terikat dalam unsur-unsur pati dimana unsur-unsur tersebut pada beberapa jenis tumbuhan lebih banyak terkonsentrasi di bagian ujung.

Komponen senyawa kimia yang diperoleh dari kayu Kulilawang menunjukkan komposisi yang hampir sama dengan senyawa kimia yang berasal dari serbuk kulit kayu, dimana dari serbuk kulit kayu juga mengandung dua komponen utama yaitu eugenol (69.0%) dan safrole (21.0%) (Sastrohamidjojo 2005). Sementara itu, hasil analisis kromatografi terhadap minyak Kulilawang yang merupakan ekstraksi dari kulit Kulilawang menunjukkan bahwa senyawa yang dominan adalah safrol dan eugenol (Anonim 1993). Hal ini menunjukkan senyawa bahan aktif pada batang kayu Kulilawang yang dimungkinkan dapat berperan sebagai bahan obat adalah eugenol dan safrol.

Mendukung fungsi eugenol dan safrol yang dapat berperan sebagai bahan obat, maka dari hasil penelusuran literatur diketahui eugenol adalah sebagai bahan baku farmasi, yaitu sebagai obat analgesik lokal dan antiseptik. Selain itu eugenol dapat dikonversi menjadi senyawa turunan amfetamin maupun L-DOPA

(dihidroksi fenil alanin) yang dikenal sebagai obat parkinson. Sedangkan safrole dapat digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan tropical antiseptik dan ekstasi. Menurut Sastrohamidjojo (2005), safrole digunakan secara luas dalam bidang farmasi dan pasta gigi. Safrole bila direaksikan dengan basa akan mengalami isomerisasi (seperti halnya eugenol) menjadi isosafrole. Isosafrole dapat dikonversi menjadi piperonal dengan cara dioksidasi. Piperonal disebut juga heliotropin berwujud cairan tak berwarna yang memiliki bau harum. Piperonal banyak digunakan sebagai bahan/komposisi pewangi. Reaksi konversi safrole akan menghasilkan safiril keton yang juga menjadi turunan L-DOPA.

Eugenol dan safrol tidak hanya terdapat pada tanaman Kulilawang dan Masoi tetapi juga terkandung dalam tanaman Pala (*Myristica fragrans* Houtt), Kayu Manis (*Cinnamomum burmani*), Cengkeh (*Syzygium aromaticum*), dan Sirih (*Piper betle*). Bahan aktif pada pala adalah safrol (*aromatic eter*) yang di dapat dari bagian daging buah (Samiran 2006), sementara bahan aktif pada Kayu Manis adalah eugenol dan safrol yang ditemukan pada kayu atau kulit kayu (Putra 2005). Pada cengkeh bahan aktif yang dimiliki adalah eugenol dimana bagian yang dimanfaatkan adalah bunga atau daun (Putra 2005), sedangkan pada sirih bahan aktif yang dikandung adalah eugenol yang diperoleh dari bagian daunnya (Anonim 2002).

Weiss (1997) dalam Samiran (2006) menyebutkan bahwa senyawa aromatik myristicin, elimicin, dan safrole

sebesar 2% ~ 18% yang terdapat pada biji dan bunga pala bersifat merangsang tidur berkhayal (halusigenik) dengan dosis kurang dari 5 g. Sementara itu kandungan beberapa bahan aktif yang terdapat dalam Kayu Manis adalah minyak atsiri, eugenol, safrole, sinamaldehyde, tanin, kalsium oksalat, damar, dan zat penyamak (Anonim 2002). Daun Sirih sendiri mengandung tannin, minyak terbang (bellephenol), seskuiiterpen, pati, diatase, gula dan zat samak dan chavicol yang memiliki daya mematikan kuman, antioksidasi dan fungisida, dan antijamur. Eugenol pada daun Sirih berfungsi mencegah ejakulasi dini, membasmi jamur *Candida albicans*, dan bersifat analgesik (meredakan rasa nyeri) (Anonim 2002).

Kayu Masoi (*Cryptocarya massoia*)

Hasil analisis GS-MS F etanol kayu Masoi bagian pangkal teras terdiri dari 19 komponen senyawa kimia, dengan 3 senyawa senyawa utama disajikan pada Gambar 3. Sedangkan ke 3 senyawa utama dari F etanol, disajikan pada Tabel 5.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa sebaran senyawa utama di kayu Masoi bagian pangkal teras berkisar antara 2.23% ~ 78.56%. Kadar senyawa senyawa yang tertinggi adalah massoilactone sedangkan terendah adalah dioktil ptalat.

Sedangkan hasil analisis F etanol kayu Masoi bagian ujung teras dapat ditemukan 15 komponen senyawa kimia (Gambar 4.), dimana 3 senyawa senyawa utama disajikan pada Tabel 6.

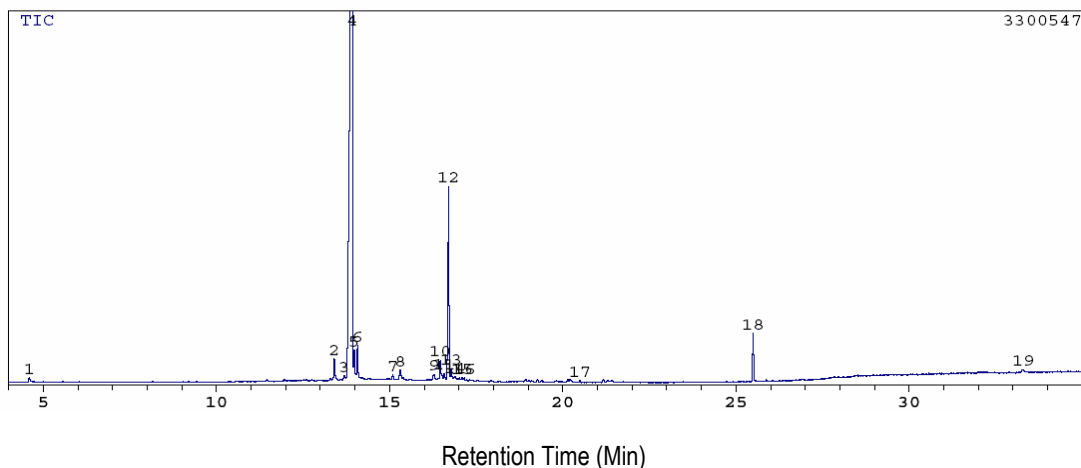


Figure 3. Chromatogram for Ethanol Extract of the Bottom part of Heartwood of Masoi (*Cryptocarya massoia*).

Table 5. Chemical compound and retention time from Ethanol extract of bottom part of heartwood of Masoi (*Cryptocarya massoia*).

Retention Time	Chemical Compounds	Content (%)
13.925	5-hidroksi-2- desenoic acid lacton [I], massoilactone [III], cyclopentane, 1,1'-ethylidenebis [IV]	78.56
16.702	5-hydroxy-2-decenoic acid lactone [I], cyclopentane, 1,1'-ethylidenebis [II]	10.28
25.492	1,2- asam benzenadikarboksilat, bis (2-etilheksil) ester [I], disooktil ptalat [III], bis (2-etilheksil) ptalat [IV], dioktil ptalat [V]	2.23

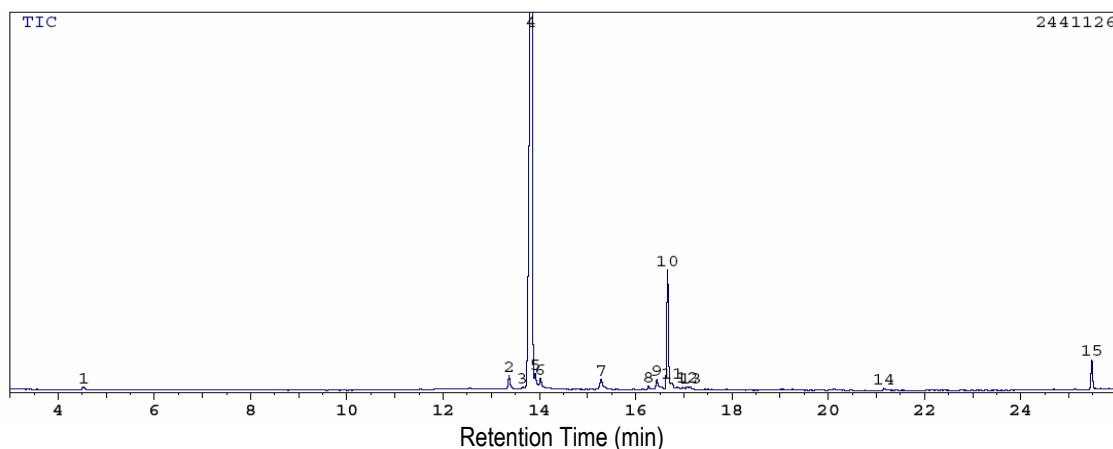


Figure 4. Chromatogram for Ethanol extract of the upper part of heartwood of Masoi (*Cryptocarya massoia*).

Table 6. Chemical compound and retention time from Ethanol extract of upper part of heartwood of Masoi (*Cryptocarya massoia*).

Retention Time	Chemical Compounds	Content (%)
13.831	5-hydroxy-2,2-decenoic acid lactone [I], (R)-(-)- massoilactone [III], ethane, 1,1-dicyclopentyl [IV]	78.74
16.660	5-hydroxy-2-decenoic acid lactone [I], ethane, 1,1-dicyclopentyl [III]	10.94
25.473	1,2-asam benzenadikarboksilat, bis (2-etilheksil) ester [I], diisooktil ptalat [II], Bis (2-etilheksil) ptalat [III], dioktil ptalat [IV]	2.44

Tabel 6 terlihat bahwa kandungan ke 3 senyawa utama pada bagian ujung teras berkisar antara 2.44% ~ 78.74%. Kadar senyawa yang tertinggi adalah massoilactone sedangkan senyawa terendah adalah dioktil ptalat.

Pada Tabel 7 terlihat bahwa pada kayu Masoi terdapat kecenderungan kandungan senyawa bahan aktif pada bagian pangkal teras lebih sedikit (78.56%) dibandingkan bagian ujung teras (78.74). Terlihat pula adanya satu senyawa utama dalam kadar atau persentase cukup besar pada kayu bagian pangkal maupun bagian ujung teras dimana senyawa tersebut adalah massoilactone. Senyawa massoilactone sendiri

diketahui banyak digunakan pada industri makanan dan kosmetik sebagai *flavouring agent* dan juga digunakan sebagai obat penenang. Merujuk pada Crombie (1968); Cavill (1968) dalam Achmad *et.al.* (1995) bahwa senyawa-senyawa turunan 5,6-dihidro—piron yang tersubstitusi pada C-6 biasa ditemukan pada taxa yang termasuk suku Lauraceae, seperti marga *Cryptocarya*. Misalnya senyawa Masoilakton [II] yang memperlihatkan aktivitas sebagai penenang, dan 6-heptil-5,6-dihidro—piron [III], kedua-duanya ditemukan pada tumbuhan obat *Cryptocarya massoia* (Becc.) Kosterm yang terdapat di Irian Jaya.

Table 7. Chemical compound, retention time and content from Ethanol extract of the Heartwood of Masoi (*Cryptocarya massoia*).

No.	Compound	Bottom	Upper	Content (%)		Retention Time	
				Bottom	Upper	Bottom	Upper
1.	5-hidroksi-2-desenoic acid lacton [I], massoilactone [III], cyclopentane, 1,1'-ethylidenebis [IV]	+	+	78.56	78.74	13.925	13.831
2.	5-hydroxy-2-decenoic acid lactone [I], cyclopentane, 1,1'-ethylidenebis [II]	+	+	10.28	10.94	16.702	16.660
3.	1,2- asam benzenadikarboksilat, bis (2-etilheksil) ester [I], disooktil ptalat [III], bis (2-etilheksil) ptalat [IV], dioktil ptalat [V]	+	+	2.23	2.44	25.492	25.473

Legend : + : ada

Selain itu dari hasil penelusuran literatur ditemukan pula senyawa lakton tak jenuh- β yang baru dan bioaktif pada tumbuhan *Cryptocarya kamahar* Teschn., asal Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi. Analisis spektroskopi teridentifikasi sebagai [+-]-6-fenil-5,6-dihidro-piron [V] yang diberi nama trivial kamaharlakton. Uji bioassay kamaharlakton [V] memperlihatkan sifat toksik yang tinggi terhadap *Artemia salina*; antimikroba yang tinggi terhadap *Bacillus subtilis*, *Candida albicans*, dan *Tricophyton mentagrophytes*; bersifat sitotoksik yang tinggi terhadap sistem sel P388, murine leukimia (Kasuma, 1994 dalam Achmad *et.al.* 1995). Lebih lanjut Siallagan *et al.* (2006) menyatakan bahwa *Cryptocarya massoy* mengandung (-) masoioilactone, (-)goniothalamine, coniferaldehyde, sinapaldehyde, (-)syringaresinol, N-(4-hydroxy-3-methoxy-*E*-cinnamoyl), dan N-(4-hydroxy-3,5-dimethoxy-*E*-cinnamoyl).

Pada hasil analisis menggunakan GC-MS (grafik kromatografi), terindikasi bahwa dalam kayu Masoi juga didapatkan safrole dan eugenol, namun dalam jumlah relatif lebih kecil dibandingkan kandungan safrole dan eugenol yang terdapat pada kayu Kulilawang.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Senyawa bahan aktif utama kayu Kulilawang adalah eugenol dan safrole. Eugenol yang terdapat pada bagian pangkal teras mempunyai kadar lebih tinggi (66.23%) dibandingkan pada bagian ujung teras (34.35%), sedangkan safrole lebih banyak didapatkan pada bagian ujung teras (12.10%) dibandingkan pada bagian pangkal teras (9.56%).
2. Senyawa bahan aktif utama kayu Masoi adalah massoilactone. Massoilactone yang terdapat pada bagian ujung teras mempunyai kadar lebih tinggi (78.74%) dibandingkan pada bagian pangkal teras (78.56%).

Saran

Perlu dilakukan uji Bioassay terhadap eugenol dan safrol dari tumbuhan Kulilawang dan massoilakton dari tumbuhan Masoi, untuk mengetahui secara spesifik kegunaan senyawa tersebut sebagai bahan obat.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih disampaikan kepada bapak Anom dari Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Universitas Negeri Papua (UNIPA) yang telah membantu dalam pembuatan ekstraksi larut etanol. Terimakasih pula disampaikan kepada bapak Hokcu Suhanda dari Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), Bandung, yang telah membantu dalam mengisolasi dan mengidentifikasi kandungan bahan aktif dengan menggunakan alat GC-MS.

Daftar Pustaka

- Anonim, 1993. Budidaya Pohon Kayu Lawang di Kabupaten Dati II Manokwari, Sorong dan Fakfak. Dinas Kehutanan Propinsi Irian Jaya dan Faperta Uncen, (Laporan Akhir). Tidak Diterbitkan.
- Anonim. 2002. Kayu Manis Obat Asam Urat. www.republika.co.id. 1 Oktober 2002.
- Anonim. 2005. Sirih Menghentikan Perdarahan. www.republika.co.id. 11 Oktober 2005.
- Achmad, S.A.; E. H. Hakim; L. D. Juliawaty; S. Kasuma; L. Makmur dan Y. M. Syah. 1995. Eksplorasi Kimia Tumbuhan Hutan Tropis Indonesia: Beberapa Data Mikromolekuler Tumbuhan Lauraceae sebagai Komplemen Etnobotani. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Etnobotani II. Yogyakarta. pp 8 - 12.
- Browning, B.L. 1966. Methods of Word Chemistry. Vol. 1. Interscience Publisher. New York.
- Howay, M.; N.I. Sinaga dan E.M. Kesaulija. 2003. Pemanfaatan Tumbuhan Sebagai Obat Tradisional

- oleh Masyarakat Suku Maibrat di Kampung Sembaro Distrik Ayamaru Kabupaten Sorong. Beccariana. *Buletin Penelitian Botani* 5 (1): 24 - 34.
- Komarayati, S.; A. Ismanto dan I. Anggraeni. 1995. Potensi Tumbuhan Hutan Penghasil Obat Tradisional. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Etnobotani II*. Yogyakarta. pp 52 - 54.
- Putra, S.E. 2005. Bahan Alam, Ujung Tembok Riset Kimia Di Indonesia. www.chem-is-try.org. Liputan. 13 November 2006.
- Samiran, 2006. Cara Alami Mengundang Kantuk. www.kompas.com/ver1/Kesehatan. 13 November 2006.
- Sastrohamidjojo, H., 2005. Prospek Minyak Atsiri Indonesia. Makalah. Disampaikan pada Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Hutan. Fakultas Kehutanan UGM, 26-27 Mei 2005. Proyek ITTO. (*Personal Comm.*)
- Sillagan, J., Euis H.H., Yana, S.M., Lia D.J., Sjamsul A.A., Ikram M.S., Laily B.D., and Jalifah Latif, 2006. Secondary Metabolites from Heartwood of *Cryptocarya massoy* (Oken) Kosterm. Poster. Program and Abstract. The Twelfth Asian Symposium on Medical Plants, Spices and Other Natural Products (ASOMPS XII). 13-18 November 2006, Padang, West Sumatera, Indonesia.
- Syafii, W. 2001. Eksplorasi dan Identifikasi Komponen Bio-Aktif Beberapa Jenis Kayu Tropis dan Kemungkinan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Pengawet Alami. *Prosiding Seminar Nasional IV Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI)*. Samarinda. pp III 43 - III 53.
- Tuharea, A. 2001. Identifikasi Beberapa Jenis Pohon yang Digunakan Sebagai Obat oleh Suku Meyakh di Kampung Mojuwteb Mandopi Gunung Manokwari. Beccariana *Jurnal. Buletin Penelitian Botani* 3 (1): 1 - 10.
- Worabai, S.; E.M. Kesaulija dan R.A. Maturbongs. 2001. Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Pohon oleh Suku Wondama di Desa Tandia, Wasior Kabupaten Manokwari. Beccariana. *Buletin Penelitian Botani* 3 (1).
- Zuhud, E.A.M. dan A. Yuniarsih. 1995. Keanekaragaman Tumbuhan Obat di Cagar Alam Pananjung Pangandaran. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Etnobotani II*. Yogyakarta. pp 39 - 51.

Makalah masuk (*received*) : 18 Mei 2007
 Diterima (*accepted*) : 24 Mei 2007
 Revisi terakhir (*final revision*) : 15 Agustus 2007

Richard Gatot Nugroho Triantoro
 Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Papua Maluku
 (*Forestry Research Institute of Manokwari*)
 Jl. Inamberi – Pasir Putih, PO BOX 159, Manokwari
 Email : richard_gnt@yahoo.com

Cicilia Maria Erna Susanti
 Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Negeri Papua
 (*Forest Product Department, Forestry Faculty The State University of Papua*)
 Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari