



## Pengoptimalan dosis dan waktu paparan aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan kayu berbeda untuk pengendalian rayap kayu kering

Optimization of dose and exposure time for application of  
sulfuryl fluoride on different depths of wood for the control of  
Indo-Malaysian drywood termite

Ahmad Mansuri Alfian<sup>1\*</sup>, Idham Sakti Harahap<sup>2</sup>, Swastiko Priyambodo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Karantina Pertanian Kelas II Mamuju  
Jalan H. Abd Malik Pattana Endeng, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91512

<sup>2</sup>Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

(diterima Desember 2014, disetujui November 2015)

### ABSTRAK

Rayap merupakan salah satu hama yang dapat menimbulkan kerusakan berat dan kerugian besar pada produk-produk kayu. Sulfuril fluorida merupakan salah satu fumigan yang dapat digunakan untuk pengendalian rayap. Tujuan penelitian ini adalah menentukan hubungan dosis dan lama waktu pemaparan fumigan sulfuril fluorida terhadap mortalitas rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Kemner dan mengevaluasi kemampuan fumigan sulfuril fluorida menjangkau rayap pada ketebalan kayu berbeda. Uji aplikasi dilakukan pada kayu karet pada tiga ketebalan, yaitu 10 cm, 5 cm, dan 2,5 cm. Pada ketebalan kayu 10 cm dilakukan dengan 5 variasi dosis (10–30 g/m<sup>3</sup>) dan 4 lama waktu pemaparan (6–24 jam). Sedangkan untuk uji aplikasi pada ketebalan kayu 5 dan 2,5 cm dilakukan dengan 4 variasi dosis (2–15 g/m<sup>3</sup>) dan 4 lama waktu pemaparan (1–9 jam). Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RALF). Hasil penelitian menunjukkan aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan kayu 10 cm lebih efektif untuk mengendalikan rayap kayu kering pada dosis 30 g/m<sup>3</sup> dengan lama waktu pemaparan 18 jam atau dosis 15 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 24 jam. Aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan kayu 5 cm efektif dilakukan menggunakan dosis 10 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 9 jam. Sedangkan pada ketebalan kayu balok 2,5 cm efektif menggunakan dosis 15 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 6 jam. Hubungan dosis dan waktu pemaparan sulfuril fluorida pada ketebalan kayu 10 cm menunjukkan variabel dosis fumigan merupakan variabel dominan daripada variabel waktu pemaparan terhadap keefektifan dosis (*dosage*), sedangkan pada ketebalan kayu 5 dan 2,5 cm menunjukkan hal yang sebaliknya.

**Kata kunci:** *Cryptotermes cynocephalus*, fumigasi, hubungan dosis dan waktu

### ABSTRACT

Termite, is one of the most damaging pest for wood product. One of the common fumigant use to control termite is sulfuryl fluoride. The objective of this study were to determine the dose-exposure and time for sulfuryl fluoride to kill dry wood termite *Cryptotermes cynocephalus* Kemner and evaluate the ability of fumigant to penetrate a rubber wood block. Application and penetration of the fumigant was tested on a 10 cm depth wood block, and conducted with 5 varied doses (10–30 g/m<sup>3</sup>) and 4 varied exposure time (6–24 hours). Application of the fumigant were tested on an 5

\*Penulis korespondensi: Ahmad Mansuri Alfian. Stasiun Karantina Pertanian Kelas II Mamuju, Jalan H. Abd Malik Pattana Endeng, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91512  
Tel: 0426 2325261, 2325109, Email: yoyo\_ewako@yahoo.com.

and 2.5 cm depth wood block. Doses were applied using 4 (four) different doses (2–15 g/m<sup>3</sup>) and 4 varied exposure time (1–9 hours). The study was conducted using randomize completely design with factorials. Results showed the application of sulfuryl fluoride was effective in penetrate 10 cm depth of wood block. The dose that was effective was of 30 g/m<sup>3</sup> with 18 hours exposure time or a dose of 15 g/m<sup>3</sup> with 24 hours exposure time. Application of depth penetration of 5 cm effectively done by using a dose of 10 g/m<sup>3</sup> with 9 hours exposure and depth penetration of 2.5 cm using a dose of 15 g/m<sup>3</sup> with 6 hours exposure time. Dose-time relationship for application of sulfuryl fluoride to penetrate of 10 cm showed dose variable is a slightly more important than exposure time, while to penetration of 5 and 2.5 cm showed exposure time variable is a slightly more important than dose of fumigant.

**Key words:** *Cryptotermes cynocephalus*, fumigation, dose-time relationship

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai wilayah hutan yang cukup luas dan merupakan negara terpenting sebagai penghasil berbagai jenis kayu (Sumargo et al. 2011). Berbagai jenis kayu hasil produksi hutan dan produk kayu olahan diekspor ke negara lain dan menjadi penyumbang devisa negara dari sektor non migas. Adanya serangan organisme perusak kayu dapat menyebabkan menurunnya nilai ekspor berbagai macam jenis kayu dan produk kayu tersebut.

Salah satu organisme perusak kayu dan produk kayu adalah rayap. Rayap merupakan salah satu hama yang dapat menimbulkan kerusakan berat dan kerugian besar pada produk-produk kayu. Rayap juga merupakan faktor perusak bangunan yang paling mengganggu. Hal ini bukan saja karena kasus serangannya yang sangat banyak dan terjadi hampir di seluruh daerah di Indonesia, tetapi juga karena kerugian ekonomis yang ditimbulkannya sangat besar (Siregar & Batubara 2007). Di Indonesia telah ditemukan tidak kurang dari 200 jenis rayap, lima jenis di antaranya tercatat sebagai perusak kayu dan bangunan gedung yang paling penting, yaitu *Coptotermes curvignathus* Holmgren, *Schedorhinotermes javanicus* Kemner, *Macrotermes gilvus* Hagen, *Microtermes inspiratus* Kemner, dan *Cryptotermes cynocephalus* Light (Pearce 1997).

Fumigasi sebagai salah satu perlakuan karantina tumbuhan bertujuan untuk membebaskan produk kayu dari berbagai jenis rayap. Hal ini sesuai dengan tujuan penyelenggaraan kegiatan karantina tumbuhan, yaitu mencegah masuk dan tersebarnya OPT sehingga fumigasi sebagai perlakuan karantina harus dapat membunuh serangga hama secara sempurna (*zero tolerant*). Metil bromida telah digunakan selama 40 tahun

terakhir sebagai bahan utama fumigasi dalam pengendalian serangga-serangga hama pada bahan simpanan, kemasan kayu, dan pengolahan pangan. Saat ini metil bromida telah dimasukkan ke dalam daftar bahan yang harus dihapus (*phasing out*) karena termasuk salah satu bahan kimia yang dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon (UNEP 2014). Di bawah ketentuan Protokol Montreal pada tahun 1998 beberapa negara telah mengurangi bahkan menghapus penggunaan metil bromida sebagai bahan fumigasi. Oleh karena itu, diperlukan berbagai alternatif untuk pengendalian rayap mengingat besarnya kerugian ekonomis yang dapat diakibatkan serangan rayap.

Salah satu fumigan alternatif pengganti metil bromida adalah sulfuryl fluorida. Sulfuryl fluorida pertama kali diregistrasi oleh U.S. Environmental Protection Agency pada bulan Desember 1959. Sulfuryl fluorida merupakan insektisida yang berspektrum luas dan rodentisida. Sulfuryl fluorida digunakan untuk pengendalian hama rumah tangga dan hama bangunan (Leis 2007).

Hubungan antara dosis dan waktu paparan fumigan sulfuryl fluorida terhadap rayap kayu kering belum banyak diketahui sehingga perlu dilakukan penelitian tentang hal tersebut. Dosis dan waktu yang efektif juga harus divalidasi untuk fumigan sulfuryl fluorida terhadap rayap kayu kering untuk menjamin waktu paparan yang singkat dan dosis tinggi yang digunakan dalam pelaksanaan fumigasi. Selain itu, daya tembus sulfuryl fluorida pada produk kayu sangat penting diketahui sebagai bahan kajian pengganti penggunaan fumigan metil bromida terhadap kemasan kayu yang selama ini digunakan berdasarkan *International Standard for Phytosanitary Measures* (ISPM) No. 15.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan hubungan dosis dan waktu paparan fumigasi sulfuryl fluorida terhadap mortalitas rayap kayu

kering *C. cynocephalus* dan mengevaluasi kemampuan fumigan sulfuril fluorida menjangkau rayap pada ketebalan balok kayu karet.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi dan Gedung Workshop Fumigasi Balai Uji Terap Teknik dan Metode Karantina Pertanian, Bekasi. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni 2014 hingga Oktober 2014.

### Penyiapan serangga uji

Serangga rayap kayu kering *C. cynocephalus* (Isoptera: Kalotermitidae) dikumpulkan dari koloni lapangan kemudian diaklimatisasikan selama 3 hari dalam kontainer plastik berukuran 562 mm x 394 mm x 345 mm (volume 50 liter) yang di dalamnya diletakkan potongan-potongan kecil kayu karet sebagai makanan dan disimpan di laboratorium pada suhu ruang yang diletakkan di bawah meja pemeriksaan yang berkondisi gelap. Serangga rayap kayu kering yang digunakan sebagai serangga uji adalah nimfa instar terakhir yang dikenal sebagai *pseudoworker* (Gambar 1). Perilaku *pseudoworker* tidak berbeda dengan kasta pekerja pada rayap tingkat tinggi (Tho 1992).

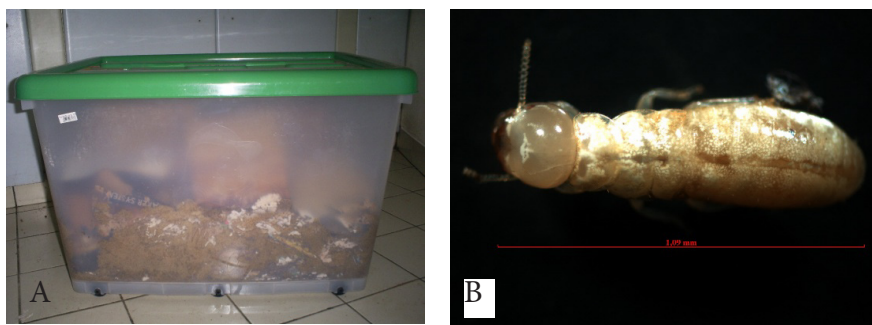
### Persiapan bahan umpan (balok uji)

Balok uji berupa balok kayu karet dengan 3 taraf ketebalan, yaitu ukuran 50 cm × 20 cm × 20 cm (ketebalan 10 cm), 50 cm × 10 cm × 10 cm (ketebalan 5 cm) dan 50 cm × 5 cm × 5 cm (ketebalan 2,5 cm). Balok uji dipotong menjadi 2 bagian sama panjang dan pada kedua potongan kayu dibor dengan kedalaman 10 cm dan diameter lubang bor 0,5 cm (Gambar 2).

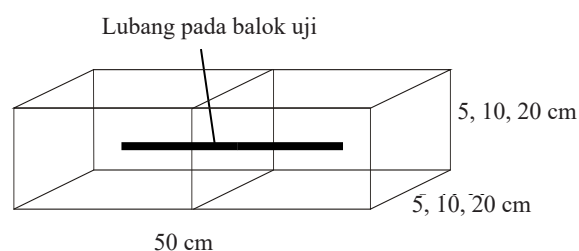
### Penentuan dosis dan waktu papar untuk menjangkau rayap pada ketebalan balok kayu yang berbeda

Pengujian diawali dengan uji pendahuluan yang dilakukan untuk menentukan kisaran waktu pemaparan minimal yang diperlukan dalam pelaksanaan perlakuan fumigasi yang dikombinasikan dengan kisaran dosis. Pengujian dilakukan dengan melakukan perlakuan fumigasi sulfuril fluorida terhadap balok uji.

Sebanyak 50 individu rayap kasta pekerja dimasukkan ke dalam lubang uji pada balok kayu dengan 3 taraf ketebalan dan balok kayu disatukan lagi dengan menggunakan perekat plastik. Perlakuan fumigasi dilakukan menggunakan ruang fumigasi berupa *fumigation chamber* dengan ukuran 2 m<sup>3</sup>. Kayu yang telah diinfestasi serangga diletakkan di dalam *fumigation chamber* yang telah



**Gambar 1.** Penyiapan serangga uji. A: kontainer plastik; B: *pseudoworker* *Cryptotermes cynocephalus* (perbesaran 20x).



**Gambar 2.** Balok uji dengan ukuran kayu yang berbeda-beda (50 cm x 5 cm x 5 cm, 50 cm x 10 cm x 10 cm, dan 50 cm x 20 cm x 20 cm).

ditutup dengan plastik dan dipastikan kedap udara (Gambar 3). Pelepasan gas pada setiap *fumigation chamber* dilakukan dengan cara memasukan fumigan dengan dosis dan waktu papar yang ditentukan berdasarkan uji pendahuluan ke ruang fumigasi. Untuk uji ketebalan balok kayu sebesar 10 cm, fumigasi dilakukan dengan menggunakan 6 taraf dosis, yaitu 0, 10, 15, 20, 25, dan 30 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 6, 12, 18, dan 24 jam, sedangkan untuk ketebalan balok kayu sebesar 5 dan 2,5 cm fumigasi dilakukan dengan menggunakan 5 taraf dosis, yaitu 0, 2, 5, 10, dan 15 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 1, 3, 6, dan 9 jam. Masing-masing perlakuan dilakukan dengan 4 ulangan. Model rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial (RALF). Untuk pengujian pada ketebalan kayu 10 cm, ada 2 faktor, yaitu faktor A (dosis) dan faktor B (lama pemaparan), sedangkan untuk pengujian pada ketebalan kayu 5 cm dan 2,5 cm ada 3 faktor, yaitu faktor A (ketebalan kayu 5 cm menggunakan balok uji dengan ukuran 50 cm × 10 cm × 10 cm dan ketebalan kayu 2,5 cm menggunakan balok uji dengan ukuran 50 cm × 5 cm × 5 cm), faktor B (dosis), dan faktor C (lama pemaparan).

Setelah dilakukan pelepasan gas, dilakukan penutupan lubang bekas gas fumigan dimasukan. Penentuan konsentrasi gas dengan lama pemaparan selama proses fumigasi dilakukan dengan alat pengukur konsentrasi yang dihubungkan dengan selang kapiler dengan posisi ujung selang berada di tengah-tengah di dalam *fumigation chamber* yang telah disiapkan sebelum *fumigation chamber* ditutup sempurna.



**Gambar 3.** Fumigation chamber dengan volume ± 2 m<sup>3</sup>.

### Analisis data

Data dianalisis menggunakan Microsoft Excel 2007, Minitab versi 14 dan SAS 9.1. Data mortalitas rayap dilakukan transformasi data dengan menggunakan *arc sin*. Perlakuan yang dinyatakan berpengaruh terhadap respons dalam analisis ragam, diuji lanjut dengan menggunakan uji beda nyata jujur. Letal dosis untuk tingkat mortalitas 50%, 90%, dan 95% diperkirakan untuk masing-masing waktu pemaparan menggunakan analisis probit. Hubungan antara dosis dan waktu pemaparan ditentukan dengan analisis regresi dengan skala logaritmik untuk mengalkulasi indeks toksisitas (*n*), seperti yang dijelaskan oleh Winks (1984).

## HASIL

### Mortalitas rayap terhadap fumigasi sulfuril flourida pada ketebalan kayu yang berbeda

Secara umum, mortalitas serangga uji akibat aplikasi sulfuril fluorida meningkat dengan makin bertambahnya dosis dan peningkatan waktu pemaparan. Pada waktu pemaparan 6 jam dan 12 jam, pengujian pada ketebalan 10 cm dengan dosis tertinggi (30 g/m<sup>3</sup>) tidak mengakibatkan mortalitas rayap *C. cymocephalus* mencapai 100%, masing-masing adalah 82,5% dan 98,5%. Hal yang sama pada waktu pemaparan 24 jam, dengan dosis terendah 10 g/m<sup>3</sup> tidak menunjukkan mortalitas serangga uji sebesar 100% (Tabel 1). Seperti pada pengujian ketebalan 10 cm, pengujian pada ketebalan 5 cm dan 2,5 cm menunjukkan mortalitas serangga uji semakin meningkat dengan semakin besarnya dosis dan peningkatan waktu pemaparan (Tabel 1). Aplikasi dengan waktu pemaparan 1 jam pada ketebalan 5 dan 2,5 cm dengan dosis tertinggi, secara berurutan menunjukkan mortalitas masing-masing 9% dan 17%. Pada waktu pemaparan 3 jam, pengujian pada ketebalan 5 cm dengan dosis 15 g/m<sup>3</sup> mengakibatkan mortalitas 59,5%, sedangkan pada ketebalan 2,5 cm mortalitas sudah mencapai 96%. Pada ketebalan 5 dan 2,5 cm mortalitas serangga uji dicapai 100% dengan dosis 10 g/m<sup>3</sup> pada waktu pemaparan masing-masing 9 dan 6 jam. Pada ketebalan 10 cm, mortalitas rayap *C. cymocephalus* dicapai 100% pada waktu



**Tabel 1.** Mortalitas kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* yang diberi perlakuan fumigan sulfuril fluorida pada ketebalan kayu yang berbeda

Dosis (g/m <sup>3</sup> )	Mortalitas ± SD (%) dengan lama waktu pemaparan pada ketebalan kayu 10 cm			
	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
0	0,0 ± 0,0 a	0,5 ± 1,0 a	0,0 ± 0,0 a	11,5 ± 12,4 abc
10	4,5 ± 1,9 ab	11,0 ± 2,6 abc	39,5 ± 14,0 cde	95,5 ± 9,0 gh
15	12,0 ± 1,6 abc	20,5 ± 4,4 bcd	63,5 ± 7,7 ef	100,0 ± 0,0 h
20	19,5 ± 4,4 bcd	46,5 ± 6,6 de	94,5 ± 7,2 gh	100,0 ± 0,0 h
25	67,0 ± 42,1 ef	85,0 ± 7,7 fg	98,5 ± 1,9 gh	100,0 ± 0,0 h
30	82,5 ± 10,2 fg	98,5 ± 1,9 gh	100,0 ± 0,0 h	100,0 ± 0,0 h
	Mortalitas ± SD (%) dengan lama waktu pemaparan pada ketebalan kayu 5 cm			
	1 jam	3 jam	6 jam	9 jam
0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
2	0,5 ± 1,0 a	3,0 ± 2,6 abc	10,5 ± 5,7 bcde	73,5 ± 13,7 hi
5	3,0 ± 2,6 abc	11,0 ± 5,0 cde	28,5 ± 11,8 ef	89,5 ± 2,5 ijk
10	5,0 ± 3,5 abcd	28,0 ± 11,0 ef	72,5 ± 20,9 hi	100,0 ± 0,0 l
15	9,0 ± 2,6 bcde	59,5 ± 16,5 gh	99,0 ± 2,0 l	100,0 ± 0,0 l
	Mortalitas ± SD (%) dengan lama waktu pemaparan pada ketebalan kayu 2,5 cm			
	1 jam	3 jam	6 jam	9 jam
0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,5 ± 1,0 a	0,5 ± 1,0 a
2	1,0 ± 1,2 ab	6,5 ± 3,8 abcd	16,0 ± 5,2 de	84,5 ± 5,0 ijk
5	9,5 ± 4,1 bcde	27,0 ± 6,8 ef	46,0 ± 14,9 fg	93,5 ± 1,9 jkl
10	13,0 ± 5,3 cde	82,5 ± 7,2 ij	99,0 ± 2,0 l	100,0 ± 0,0 l
15	17,0 ± 8,9 de	96,0 ± 3,7 kl	100,0 ± 0,0 l	100,0 ± 0,0 l

Rata-rata persentase mortalitas yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji tukey taraf 5%.

pemaparan 18 jam dengan dosis aplikasi yang tertinggi (30 g/m<sup>3</sup>).

Pada kayu ketebalan 10 cm dengan waktu pemaparan 6 jam, mortalitas rayap *C. cynocephalus* telah melebihi 50% sehingga selanjutnya dilakukan analisis probit untuk menentukan nilai LD<sub>50</sub> dan LD<sub>95</sub>. Hasil analisis probit menunjukkan bahwa nilai LD<sub>50</sub> dan LD<sub>95</sub> pada ketebalan 10 cm semakin kecil dengan meningkatnya waktu pemaparan (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan terjadinya peningkatan mortalitas mulai dari waktu pemaparan 6 dan 12 jam dan peningkatan mortalitas semakin tinggi pada waktu pemaparan 18 dan 24 jam. Sedangkan pada ketebalan 5 dan 2,5 cm, dari 4 waktu pemaparan yang diaplikasikan terdapat 3 waktu pemaparan yang menunjukkan mortalitas ≥ 50%. Hasil analisis probit menunjukkan bahwa nilai LD<sub>50</sub> dan LD<sub>95</sub> semakin kecil dengan meningkatnya waktu pemaparan aplikasi (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan terjadinya peningkatan mortalitas mulai dari waktu pemaparan 3 sampai dengan 9 jam.

### Hubungan dosis dan waktu pemaparan sulfuril fluorida

Berdasarkan hasil analisis regresi dengan skala logaritmik, hubungan antara dosis dan waktu pemaparan untuk pengujian aplikasi pada ketebalan kayu sebesar 10, 5, dan 2,5 cm diperoleh persamaan garis untuk 3 tingkat mortalitas 50%, 90%, dan 95% (Tabel 3 dan Gambar 4). Hasil analisis regresi dengan skala logaritmik hubungan antara dosis dan waktu pemaparan untuk semua pengujian diperoleh nilai *slope* negatif, yaitu menunjukkan hubungan yang negatif, artinya makin lama waktu pemaparan maka makin rendah dosis yang diperlukan untuk menghasilkan masing-masing tingkat mortalitas 50%, 90%, dan 95%. Regresi hubungan antara dosis dan waktu pemaparan pengujian aplikasi pada ketebalan kayu sebesar 5, dan 2,5 cm untuk semua tingkat mortalitas serta ketebalan kayu 10 cm dengan tingkat mortalitas 90% dan 95% diketahui nilai signifikansi  $p > 0,05$  maka hal ini berarti tidak terdapat pengaruh variabel bebas (waktu pemaparan)

**Tabel 2.** Penduga parameter toksisitas sulfuril fluorida terhadap mortalitas kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* dengan berbagai waktu pemaparan

Ketebalan kayu	Waktu pemaparan (jam)	a ± GB	b ± GB	LD <sub>50</sub> (SK 95%)(g/m <sup>3</sup> )	LD <sub>95</sub> (SK 95%)(g/m <sup>3</sup> )
Ketebalan 10 cm	6	-8,610 ± 2,053	6,345 ± 1,535	22,755 (17,151–35,870)	41,337 (29,591–389,749)
	12	-8,309 ± 1,938	6,579 ± 1,509	18,318 (12,476–24,986)	32,575 (24,224–151,009)
	18	-6,474 ± 1,122	6,058 ± 0,962	11,716 (8,610–13,842)	21,894 (17,937–35,624)
	24	-29,703 ± 109777,2	31,398 ± 109777,2	8,831 (-)	9,963 (-)
Ketebalan 5 cm	3	-2,944 ± 0,521	2,564 ± 0,529	14,067 (8,491–630,899)	61,617 (23,170–630,239)
	6	-2,656 ± 0,741	3,418 ± 0,866	5,983 (-)	18,121 (-)
	9	-0,165 ± 0,334	2,403 ± 0,586	1,172 (-)	5,665 (-)
Ketebalan 2,5 cm	3	-3,065 ± 0,594	3,918 ± 0,688	6,055 (2,607–10,975)	15,920 (9,392–274,050)
	6	-2,514 ± 0,770	4,048 ± 1,074	4,179 (-)	10,652 (-)
	9	0,331 ± 0,317	2,060 ± 0,564	0,691 (-)	4,343 (-)

a: intersep garis regresi probit; b: kemiringan garis regresi probit; GB: galat baku; SK: selang kepercayaan.

**Tabel 3.** Persamaan garis hasil analisis regresi dengan skala logaritmik hubungan dosis dan waktu pemaparan sulfuril fluorida untuk 3 tingkat mortalitas

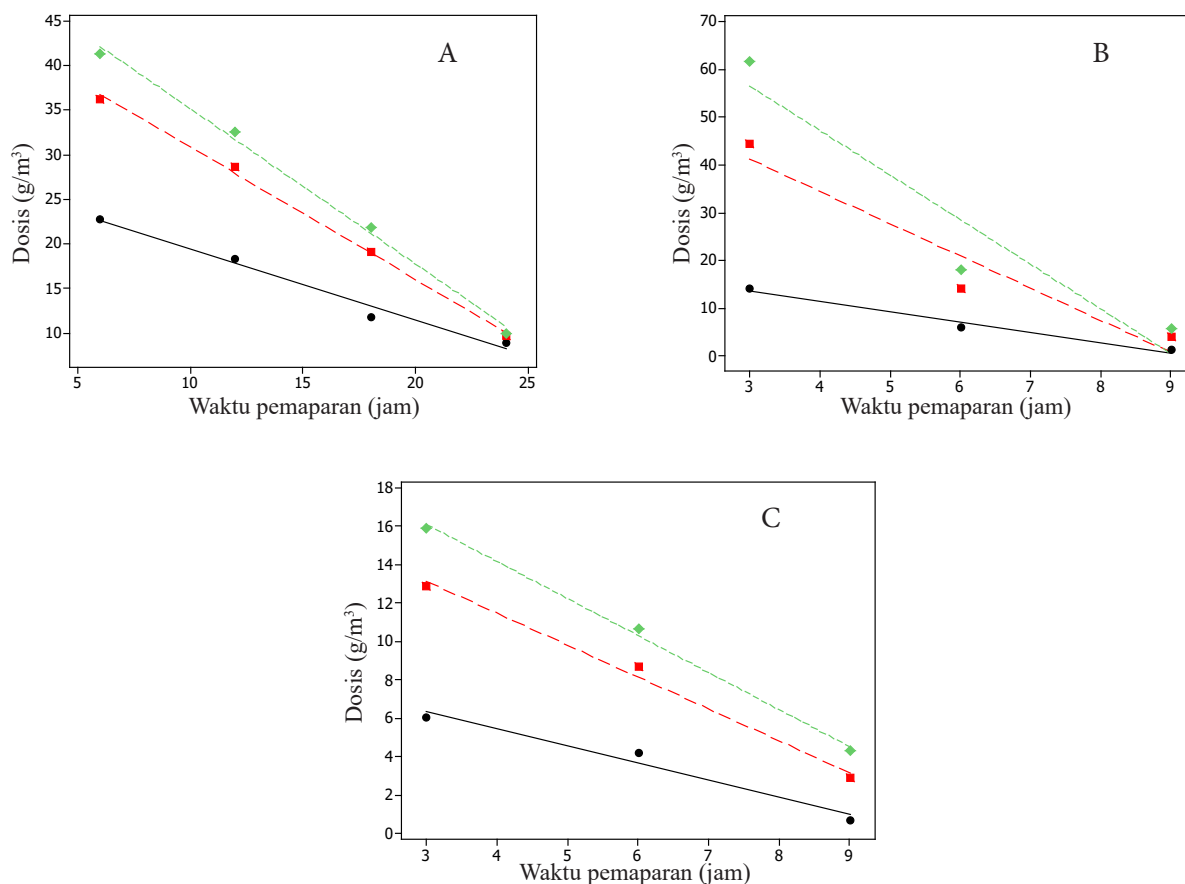
Dosis mortalitas	10 cm	5 cm	2,5 cm
LD <sub>50</sub>	$\log D = -0,683 \log t + 1,925$ (R <sup>2</sup> = 0,920) (p- value = 0,04)	$\log D = -2,151 \log t + 2,249$ (R <sup>2</sup> = 0,896) (p- value = 0,21)	$\log D = -1,821 \log t + 1,755$ (R <sup>2</sup> = 0,759) (p- value = 0,33)
LD <sub>90</sub>	$\log D = -0,877 \log t + 2,306$ (R <sup>2</sup> = 0,834) (p- value = 0,08)	$\log D = -2,134 \log t + 2,705$ (R <sup>2</sup> = 0,968) (p- value = 0,11)	$\log D = -1,273 \log t + 1,774$ (R <sup>2</sup> = 0,837) (p- value = 0,26)
LD <sub>95</sub>	$\log D = -0,933 \log t + 2,415$ (R <sup>2</sup> = 0,808) (p- value = 0,10)	$\log D = -2,129 \log t + 2,834$ (R <sup>2</sup> = 0,982) (p- value = 0,09)	$\log D = -1,118 \log t + 1,779$ (R <sup>2</sup> = 0,871) (p- value = 0,23)

terhadap variabel terikat (dosis), sedangkan untuk ketebalan kayu 10 cm dengan tingkat mortalitas 50% nilai signifikansi  $p < 0,05$  maka hal ini berarti terdapat pengaruh variabel bebas (waktu pemaparan) terhadap variabel terikat (dosis).

## PEMBAHASAN

Aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan 10 cm terhadap rayap *C. cynocephalus* dengan 4 waktu pemaparan (6, 12, 18, 24 jam) dengan 5 dosis (10, 15, 20, 25, 30 g/m<sup>3</sup>) dan kontrol, terlihat

bahwa peningkatan dosis sulfuril fluorida akan meningkatkan mortalitas rayap. Demikian juga halnya pada aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan 5 dan 2,5 cm dengan 4 waktu pemaparan (1, 3, 6, 9 jam) dengan 4 dosis (2, 5, 10, 15 g/m<sup>3</sup>) dan kontrol, terjadi peningkatan mortalitas rayap dengan semakin tingginya dosis dan waktu pemaparan dengan pola peningkatan mortalitas tertinggi dengan waktu pemaparan 6 jam. Penelitian yang dilakukan Su & Scheffrahn (1986) menggunakan *C. cavifrons* yang diletakkan dalam kotak kayu dengan ketebalan 3,8 cm menunjukkan penggunaan dosis 3 mg/liter pada 10 jam



**Gambar 4.** Hubungan dosis-waktu aplikasi sulfuril fluorida terhadap *Cryptoterme cynocephalus* kasta pekerja pada tingkat kematian 50%, 90%, dan 95% untuk pengujian pada ketebalan A: 10 cm; B: 5 cm; C: 2,5 cm. —●—: LD<sub>50</sub>; —■—: LD<sub>90</sub>; —◆—: LD<sub>95</sub>.

pemaparan, 6 mg/liter pada 8 jam pemaparan, dan 12 mg/liter pada 6 jam pemaparan memberikan mortalitas 100%.

Mortalitas rayap *C. cynocephalus* pada rentang dosis dan waktu pemaparan aplikasi sulfuril fluorida yang diaplikasikan pada balok kayu menunjukkan bahwa fumigan sulfuril fluorida mampu masuk ke dalam kayu melalui pori-pori yang terdapat di dalam kayu. Semakin tebal balok kayu yang digunakan dalam aplikasi sulfuril fluorida maka semakin besar dosis dan lama waktu pemaparan yang dibutuhkan untuk aplikasi sulfuril fluorida.

Aktivitas sulfuril fluorida bergantung pada konsentrasi mencapai target hama dan lamanya pemaparan (Krieger 2001). Sulfuril fluorida memiliki cara kerja yang kompleks, masuk ke dalam tubuh serangga melalui spirakel (Dow Agrosciences 2002). Ion fluorida yang terkandung dalam fumigan sulfuril fluorida merupakan racun utama yang mengganggu metabolisme serangga (Dow Agrosciences 1999). Ion fluorida mencegah

metabolisme lemak dengan mengganggu siklus glikolisis pada serangga yang dibutuhkan untuk mempertahankan kecukupan energi dalam bertahan hidup (Meikle et al. 1963). Ion fluorida dapat menghambat serapan oksigen, mengganggu keseimbangan normal fosfat, dan menghambat hidrolisis (pemecahan) asam lemak. Ion fluorida dalam sulfuril fluorida diperkirakan mengikat kalsium, kalium, dan magnesium. Enzim yang memerlukan ion magnesium untuk fungsi normal dihambat oleh sulfuril fluorida (Caroline 1997).

Secara umum, hubungan antara dosis dan waktu pemaparan adalah  $C^n t = k$  (Winks 1984), di mana C = konsentrasi; t = waktu; n = indeks toksisitas; k = dosis untuk tingkat kematian spesifik. Pada ketebalan 10 cm, diperoleh hubungan antara dosis dan waktu dari model  $C^n t = k$  sebagai berikut: LD<sub>50</sub> :  $C^{1,465}t = 661,94$ ; LD<sub>90</sub> :  $C^{1,140}t = 425,40$ ; LD<sub>95</sub> :  $C^{1,072}t = 388,11$ . Sementara itu, pada ketebalan sebesar 5 dan 2,5 cm diperoleh hubungan antara dosis dan waktu secara berurutan sebagai berikut: LD<sub>50</sub> :  $C^{0,465}t = 11,10$ ; LD<sub>90</sub> :  $C^{0,469}t = 18,54$ ;

$LD_{95} : C^{0,470}t = 21,47$  dan  $LD_{50} : C^{0,549}t = 9,21$ ;  $LD_{90} : C^{0,786}t = 24,73$ ;  $LD_{95} : C^{0,895}t = 39,06$ .

Nilai indeks toksisitas pada ketebalan sebesar 10 cm adalah  $> 1$  maka model tersebut menunjukkan bahwa variabel dosis fumigan merupakan variabel dominan daripada variabel waktu pemaparan terhadap rayap kayu kering. Sementara itu, pada ketebalan sebesar 5 dan 2,5 cm diperoleh nilai indeks toksisitas  $< 1$  maka model tersebut menunjukkan bahwa variabel waktu pemaparan merupakan variabel dominan daripada variabel dosis fumigan. Penelitian yang dilakukan oleh Su et al. (1989) menggunakan rayap *C. formosanus* yang dipaparkan langsung dengan fumigan sulfuril fluorida dengan cara diletakkan di cawan petri menunjukkan bahwa  $C^{0,93}t = k$  merupakan model yang menggambarkan hubungan terhadap efikasi fumigan sulfuril fluorida untuk pengendalian rayap *C. formosanus*. Nilai indeks toksisitas pada ketebalan sebesar 10 cm berbeda dengan 5 dan 2,5 cm karena dosis fumigan dan waktu pemaparan aplikasi berbeda. Untuk pengujian aplikasi pada ketebalan 5 dan 2,5 cm dosis fumigan sulfuril fluorida yang digunakan rendah. Menurut Su & Scheffrahn (1986), penyimpangan dari model sederhana  $C^n t = k$  terjadi ketika sulfuril fluorida menembus hambatan kayu yang basah untuk mencapai *C. formosanus* yang dihasilkan pada konsentrasi rendah. Hal ini disebabkan kelarutan fumigan sulfuril fluorida dalam air (20 °C) yang rendah, yaitu 1040 mg/l (Leis 2007).

## KESIMPULAN

Pada ketebalan kayu balok 10 cm, pengendalian rayap kayu kering menggunakan fumigasi sulfuril fluorida efektif dilakukan pada dosis 30 g/m<sup>3</sup> dengan lama waktu pemaparan 18 jam atau pada dosis 15 g/m<sup>3</sup> dengan pemaparan 24 jam. Sementara itu, pada ketebalan 5 cm fumigasi sulfuril fluorida efektif dilakukan pada dosis 10 g/m<sup>3</sup> dengan lama waktu pemaparan 9 jam; dan pada ketebalan kayu 2,5 cm pengendalian fumigasi sulfuril fluorida efektif dilakukan pada dosis 15 g/m<sup>3</sup> dengan waktu pemaparan 6 jam. Aplikasi sulfuril fluorida pada ketebalan 10 cm menunjukkan variabel dosis fumigan dominan daripada variabel waktu

pemaparan, sedangkan pada ketebalan 5 dan 2,5 cm menunjukkan hasil yang sebaliknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bess HA, Ota AK. 1960. Fumigation of building to control the dry-wood termite, *Cryptotermes brevis*. *Journal of Economic Entomology* 53:503–510. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/53.4.503>.
- Caroline C. 1997. Fumigant factsheet: sulfuril fluoride. *Journal of Pesticide Reform* 17:17–20.
- Dow AgroSciences. 1999. General information on Vikane Gas Fumigant. Indianapolis (US): Dow AgroSciences LLC; Tersedia pada: <http://www.pestgon.com/PDF/General%20Information%20on%20Vikane.pdf>. [diakses 2 Juni 2014].
- Dow AgroSciences. 2002. Sulfuryl fluoride gas fumigant. Indianapolis (US): Dow AgroSciences LLC; Tersedia pada: [http://www.cardinalproproducts.com/\\_literature\\_139048/ProFume\\_Brochure](http://www.cardinalproproducts.com/_literature_139048/ProFume_Brochure). [diakses 24 Mei 2014].
- Krieger RI, editor. 2001. *Handbook of Pesticide Toxicology*. 2<sup>nd</sup> ed. Volume 2 Agents. California: Academic Press.
- Leis L. 2007. *Profume Gas Fumigant*. Canberra: Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority.
- Meikle RW, Stewart D, Globus OA. 1963. Drywood termite metabolism of vikane gas fumigant as shown by labeled pool technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 11:226–230. doi: <https://doi.org/10.1021/jf60127a022>.
- Pearce MJ. 1997. *Termites: Biology and pest management*. Wallingford: CAB International.
- [NPIC]. National Pesticide Information Center. 2000. Sulfuryl fluoride: general fact sheet. Oregon (US): Oregon State University. Tersedia pada: <http://npic.orst.edu/factsheets/sftech.pdf>. [diakses 7 Maret 2014].
- Siregar AZ, Batubara R. 2007. Kerugian ekonomis akibat serangan rayap pada bangunan rumah masyarakat di dua kecamatan (Medan Denai dan Medan Labuhan). *Jurnal Biologi Sumatera* 2: 3–27.
- Su NY, Scheffrahn RH. 1986. Field comparison of sulfuril fluoride susceptibility among three termite species (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 79:903–908. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/79.4.903>.
- Su NY, Osbrink WLA, Scheffrahn RH. 1989. Concentration-time relationship for fumigant



- efficacy of sulfuryl fluoride against the formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 82:156–158. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/82.1.156>.
- Sumargo W, Nanggara SG, Nainggolan FA, Apriani I. 2011. *Potret Keadaan Hutan Indonesia Periode Tahun 2000–2009*. Ed ke-1. Bogor: Forest Watch Indonesia.
- Tho YP. 1992. *Termite of Penninsular Malaysia*. Kuala Lumpur: Forest Reserach Institute of Malaysia.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2014. Phasing-Out methyl bromide in developing countries. Nairobi: United Nations Enviroment Programme. Tersedia pada: [http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7674-e-Phasing\\_out\\_methyl\\_bromide\\_in\\_developing\\_countries.pdf](http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7674-e-Phasing_out_methyl_bromide_in_developing_countries.pdf). [diakses 11 November 2014].
- Winks RG. 1984. The toxicity of phosphine to adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): time as a dosage factor. *Journal of Stored Products Research* 20:45–56. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(84\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0022-474X(84)90035-3).