

**Khitosan dari Cangkang Udang dan Efektivitasnya Terhadap Serangan Rayap Tanah (*Coptotermes* spp.)**



**SARNIWATI SASTRI**  
**M 121 01 007**



Tgl. Terima	01-12-08
Asal Bori	Kelutan
Jumlahnya	1 kg
Uraian	Uraian
No. Inventaris	60
Uraian	SKR KHOB

SAS  
K.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN**  
**FAKULTAS KEHUTANAN**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2008**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Khitosan dari Cangkang Udang dan Efektivitasnya Terhadap Serangan Rayap Tanah (*Coptotermes spp.*)**

Nama Mahasiswa : **Sarniwati Sastri**

No. Pokok : **M 121 01 007**

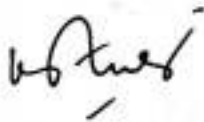
Program Studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan

pada  
Program Studi Teknologi Hasil Hutan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui,**  
Komisi Pembimbing

**Pembimbing I**



**Astuti Arif, S, Hut. M.Si**  
Nip : 132 298 926

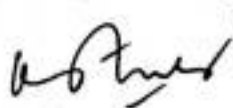
**Pembimbing II**



**Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M. Sc**  
Nip : 131 909 789

**Mengetahui,**

Panitia Ujian sarjana Lengkap  
Program Studi Teknologi Hasil Hutan  
Jurusan Kehutanan



**Astuti Arif, S, Hut. M.Si**  
Tanggal : 26 Nopember 2008



## ABSTRAK

**Sarniwati Sastri ( M 121 01 007). Khitosan dari Cangkang Udang dan Efektivitasnya Terhadap Serangan Rayap Tanah (*Coptotermes spp.*) dibawah bimbingan Astuti Arif dan Musrizal Muin.**

Kayu yang digunakan sebagai bahan bangunan sebagian besar kurang awet dan sangat rentan terhadap serangan rayap. Kayu yang diawetkan dengan menggunakan bahan kimia berpotensi mencemari lingkungan. Usaha-usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari penggunaan bahan pengawet kimia tersebut adalah dengan menggunakan bahan pengawet yang ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas khitosan sebagai bahan pengawet. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka dibuatlah khitosan yang dihasilkan dari proses *deasetilisasi* cangkang udang dan kemudian khitosan tersebut digunakan untuk merendam kertas saring yang digunakan sebagai contoh uji serangan rayap tanah. Semua data yang diperoleh pada pengamatan ini di analisis dengan menggunakan rancangan acak lengkap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan khitosan dapat meningkatkan mortalitas rayap tanah dari 7,07 % pada kontrol menjadi 100 % pada perlakuan pemberian khitosan dengan konsentrasi 1-3 %. Disamping itu, laju konsumsi kertas oleh rayap tanah berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi khitosan yang diberikan. Hasil ini memberikan indikasi bahwa pemberian konsentrasi khitosan 1-3 % dapat menurunkan laju konsumsi kertas oleh rayap secara signifikan. Namun demikian, masih diperlukan analisis lebih lanjut terhadap khitosan sebagai bahan pengawet kayu.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam serta kepada junjungan kami Muhammad SAW, penulis panjatkan atas berkat rahmat dan hidayah-Nya serta perlindungan-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan Skripsi ini, khususnya kepada:

1. Ibu **Astuti Arif, S.Hut, M.Si** dan Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc** selaku pembimbing dalam penyusunan skripsi ini, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
2. Bapak **Ir. Baharuddin, M.Si**, Ibu **Syahidah, S. Hut, M.Si** dan Ibu **Ir. Sitti Nuraeni, MP** selaku Penguji.
3. Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc** selaku Penasehat Akademik Penulis
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh. Restu, MP** selaku Dekan Fakultas Kehutanan dan seluruh staf dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberi bimbingan, petunjuk dan arahan kepada penulis.
5. **Suami Tercinta Kamaluddin, Dj.**, yang telah meluangkan waktu dan cintanya kepada penulis. **Love you....**
6. Sahabat-sahabat yang setia mendampingi hari-hariku **Ifa Zanty Wahyuni, S. Hut, Harianti, S. Hut, Asridha Alia, S. Hut, A. Armila, S. Hut, Yetty Siska, S. Hut, A. Dharma F. G, S. Hut, Dian Puspa Ningrum, S. Hut, Fatmawati, S. Hut** "*Dunia ini indah karena persahabatan yang memberi tanpa batas, ada sapa dalam sedih, doa dalam tangis, makna dalam setiap kata dan cermin dalam khilaf*" terima kasih telah menjadi tempat curhat yang baik.

7. **Kak Heru Arisandi, Amd, Risbar Novrianto, S. Hut**, penulis ucapkan terima kasih atas segala bantuan dan semangatnya serta mau mendengar keluhan-keluhan penulis.
8. **Teman-teman di BK. PAL** yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya terutama **GM 08 Jaya di Hutan, Jaya di Gunung, Jaya Akademika**.
9. **Teman-teman angkatan 2001**.

Teristimewa kepada kedua orang tua penulis **Ayahanda Sese** serta **Ibunda Alm Nurlian** yang telah memberikan kasih sayang yang tulus, dukungan moral dan moril yang tak ternilai harganya. Saudara-saudaraku **Minsar, Tamsar, Hamsar, S.ag, Hasaban, Sarjas, Mistuti, A.md, Muslimin jihat** yang telah mewarnai hidupku.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik bagi pembaca sekalian untuk kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat memberi mamfaat dan pengetahuan baru bagi kita semua.

**Makassar, November 2008**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan dan Kegunaan .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Khitin dan Khitosan.....	4
1. Senyawa Khitin .....	4
2. Struktur dan Sumber Khitin.....	4
3. Struktur Khitosan .....	6
B. Khitosan sebagai Bahan Pengawet.....	6
C. Rayap .....	8
1. Sistematika.....	8
2. Sistem Pencernaan Rayap.....	11

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat.....	12
B. Alat dan Bahan.....	12
C. Prosedur Penelitian.....	12
1. Pengambilan Sampel.....	12
2. Pembuatan Khitosan.....	13
3. Pembuatan Larutan Khitosan.....	14
4. Pengujian Serangan Rayap Tanah.....	14
5. Variabel Pengamatan.....	15
D. Rancangan Percobaan.....	16

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil.....	18
1. Mortalitas Rayap Tanah.....	18
2. Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah.....	21
B. Pembahasan.....	22

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	23
B. Saran.....	23

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

<i>No</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Hasil Uji Beda Nyata Jujur Pengaruh Perlakuan Khitosan, Kontrol dan Kontrol dengan Pemberian Asam Asetat Terhadap Mortalitas Rayap tanah Setelah Pengujian 21 Hari .....	19
2.	Hasil Uji Beda Nyata Jujur Pengaruh Perlakuan Khitosan, Kontrol Terhadap Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap tanah Setelah Pengujian 21 hari.....	22



## DAFTAR GAMBAR

<i>No</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Unit Khitin .....	5
2.	Unit Khitosan.....	6
3.	Rayap Prajurit .....	9
4.	Rayap Pekerja .....	10
5.	Rayap Produktif .....	11
6.	Mortalitas Rayap Tanah Selama 21 Hari Pengamatan Dengan Pemberian Khitosan .....	18
7.	Khitosan Sebelum Pengumpanan Dan Setelah Pengumpanan.....	19
8.	Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah.....	21

## DAFTAR LAMPIRAN

<i>No</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Hasil Pengamatan Mortalitas Rayap Tanah pada Berbagai Konsentrasi .....	26
2.	Hasil Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Khitosan terhadap Mortalitas Rayap Tanah.....	27
3.	Hasil Penimbangan Berat Contoh Uji dan laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah pada Berbagai Konsentrasi.....	28
4.	Hasil Sidik ragam Pengaruh Perlakuan Khitosan Terhadap Laju Konsumsi kertas oleh Rayap Tanah .....	29

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Keawetan kayu berhubungan erat dengan pemakaian kayu. Kayu dikatakan awet apabila memiliki umur pakai yang lama. Kayu berumur pakai lama bila mampu menahan berbagai faktor perusak kayu. Peningkatan umur pakai kayu dengan penggunaan bahan pengawet yang cocok mempunyai pengaruh lain yang nyata dalam bidang penggunaan kayu, yaitu dimungkinkannya penggunaan banyak jenis kayu, termasuk yang sebelumnya dianggap kurang baik sama sekali terutama karena jenis-jenis kayu tersebut secara alami kurang awet dan hanya memberikan suatu umur pakai yang pendek jika tanpa diawetkan. Saat ini persediaan kayu yang awet secara alami terasa semakin sedikit. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya jenis kayu yang awet tersedia dalam jumlah yang sedikit, sedangkan jumlah kayu yang kurang awet tersedia dalam jumlah yang banyak. Menurut Pusat Penelitian Hasil Hutan (1984), di antara 4000 jenis kayu diperkirakan hanya 15-20 % saja yang mempunyai sifat keawetan yang baik, sedangkan sisanya yang sebesar 80-85 % mempunyai sifat keawetan alami rendah.

Bahan pengawet akan membuat kayu tahan terhadap serangan organisme perusak kayu. Efek perlindungan itu tercapai dengan menjadikan kayu beracun atau kalis terhadap organisme yang menyerangnya dengan menggunakan bahan-bahan pengawet. Bahan-bahan pengawet ini dapat berupa senyawa kimia murni atau campuran dari berbagai senyawa. Bahan-bahan pengawet ini sangat berbeda dalam sifat, harga, keefektivan, dan kecocokan penggunaannya di bawah kondisi-kondisi pemakaian yang berbeda. Saat ini sangat banyak ditemui bahan pengawet kimia yang tidak ramah lingkungan (*non biodegradable*), seperti termisida di antaranya golongan organofosfat, sintetik piredroid, dan organoklorin, yang akan merusak lingkungan jika tidak diantisipasi secara benar karena bahan tersebut sukar dirombak secara

alami. Salah satu bahan alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengawet adalah khitosan. Khitosan berasal dari khitin yang telah mengalami penghilangan gugus asetil (*deasetilisasi*). Khitosan dapat dihasilkan dari limbah cangkang yang banyak tersedia di Indonesia melalui beberapa proses, yaitu demineralisasi, deproteinisasi cangkang udang serta deasetilisasi khitin menjadi khitosan. Suptijah, dkk. (1992) menyatakan bahwa khitosan memiliki bentuk yang spesifik mengandung gugus amin dalam rantai karbonnya yang bermuatan positif yang berlawanan dengan polisakarida lainnya.

Data Direktorat Jendral Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan dalam Prasetyo dan Yusuf (2005) menunjukkan bahwa areal tambak udang nasional pada tahun 2003 seluas 478.847 hektar (ha) dengan volume produksi 191.723 ton atau 400 kg/ha. Untuk tahun 2004 ditargetkan usaha itu pada areal 328.425 ha dengan produksi 226.553 ton atau 690 kg /ha. Setahun berikutnya pada areal seluas 397.398 ha dengan produksi 251.599 ton atau hanya 660 kg per hektar. Tahun 2006 seluas 480.850 ha dan 281.901 ton. Tercatat bahwa produksi udang Indonesia rata-rata meningkat sebesar 7,4 % per tahun. Pada tahun 2001 produksinya mencapai 633.681 ton. Dengan asumsi laju peningkatan produksi tetap, pada tahun 2004 potensi udang diperkirakan sebesar 785.025 ton. Dari jumlah itu, 60-70 % menjadi limbah (bagian kulit dan kepala). Melalui proses *demineralisasi* dan *deproteinisasi* dengan rendemen 20 % akan dihasilkan khitin sebesar 157.005 ton. Dari proses deasetilisasi khitin dengan rendemen 80 % akan didapat khitosan sebesar 125.604 ton. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukanlah penelitian pembuatan khitosan dan efektivitasnya sebagai bahan pengawet dalam memecahkan permasalahan banyaknya bahan pengawet yang merusak lingkungan.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas khitosan sebagai bahan pelindung dari serangan rayap tanah. Sedangkan kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi tentang pembuatan khitosan yang dihasilkan dari proses *deasetilisasi* cangkang udang dalam penggunaannya sebagai bahan pengawet dan sebagai bahan pertimbangan untuk mengembangkan khitosan sebagai bahan pengawet kayu yang ramah lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Khitin dan Khitosan

#### 1. Senyawa Khitin

Khitin merupakan homopolimer dari  $\beta$ -1,4 *N*-asetil-*D*-glukosamin dan merupakan polimer kedua terbanyak di alam setelah selulosa. Senyawa ini dapat ditemukan pada cangkang udang, kepiting, mollusca, serangga, annelida dan beberapa dinding sel jamur dan alga. Di samping itu, khitin memiliki bentuk yang padat dan bersifat tidak larut dalam air atau pelarut organik biasa (Yurnalisa, 2002). Khitin terdapat pada kulit keras dari udang, kepiting, lobster, dan serangga, dan juga merupakan jenis dari polisakarida (Dillon, 1965).

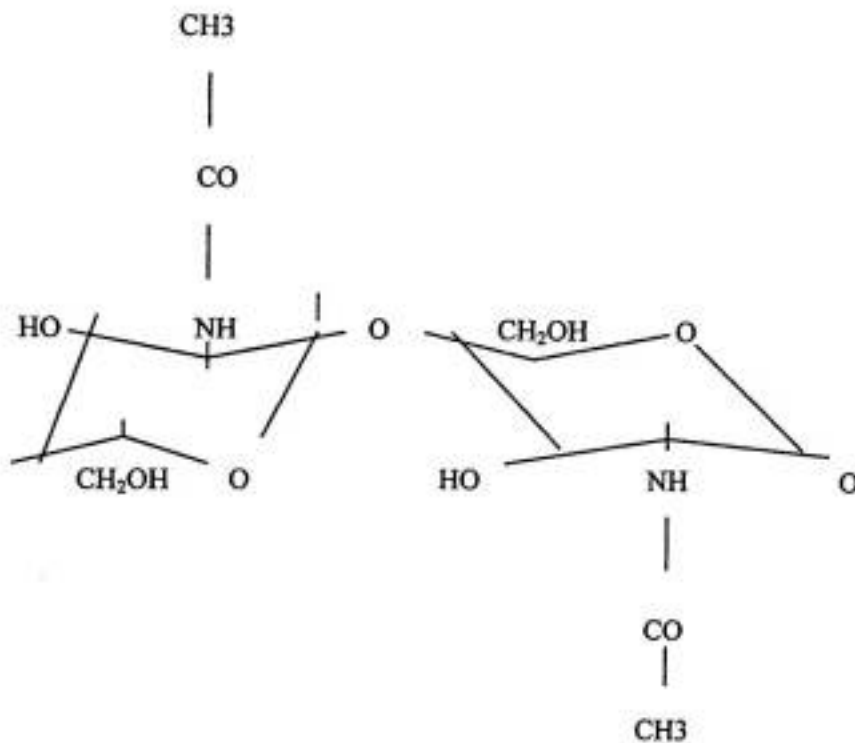
Menurut Prasetyo dan Yusuf (2005), khitosan dapat dihasilkan dari limbah cangkang udang yang melalui beberapa proses yaitu demineralisasi, deproteinisasi cangkang udang, dan deasetilisasi khitin menjadi khitosan. Di mana cangkang udang mengandung zat khitin sebesar 99,1%.

#### 2. Struktur dan Sumber Khitin

Koloidal khitin adalah khitin yang banyak digunakan sebagai substrat dalam medium fermentasi. Senyawa ini diperoleh dengan menghidrolisis secara parsial khitin dengan asam klorida (HCl) 10 N (Inbar and Chet, 1991; Chernin, *et al.*, 1995, Haran, *et al.*, 1995). Khitin dibangun oleh unit-unit monomer *N*-asetilglukosamin (GLcNAC) yang tersusun linear dengan ikatan (1-4). Rantai khitin antara satu dengan yang lainnya berasosiasi dengan ikatan hidrogen yang sangat kuat antara gugus NH dari satu rantai dengan gugus C=O dari rantai yang berdekatan. Ikatan hidrogen menyebabkan khitin tidak dapat larut dalam air dan membentuk formasi serabut



(fibril). Berdasarkan pola penyusunan rantai polimernya, khitin fibril dibedakan menjadi tiga jenis yaitu  $\alpha$ -khitin,  $\beta$ -khitin, dan  $\gamma$ -khitin. Pada  $\alpha$ -khitin rantai polimer yang berdekatan tersusun secara anti paralel. Bentuk ini banyak ditemukan pada jamur dan *artropoda*. Jenis  $\beta$ -khitin mempunyai rantai polimer yang tersusun paralel (Yurnaliza, 2002). Sedangkan  $\gamma$ -khitin fibrilnya masing-masing tersusun atas tiga rantai, dua rantainya tersusun paralel dan rantai ketiga anti paralel (Cabib, 1987), dengan struktur khitin dapat dilihat pada Gambar 1.



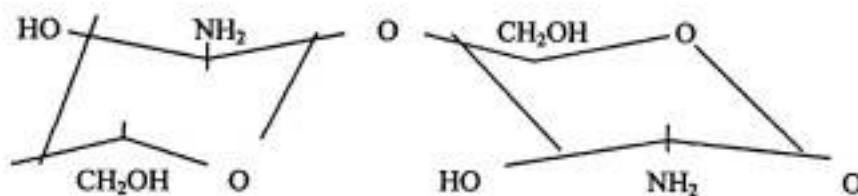
Gambar 1. Unit Khitin

Menurut Muzarelli (1985) dalam Yurnaliza (2002), meskipun sumber khitin bermacam-macam namun secara komersil khitin dieksplorasi dari cangkang udang dan *crustaceae*. Sebanyak 50-60 % dari limbah udang, dihasilkan 25 % khitin dari 32 % berat kering limbah tersebut. Khitin merupakan bahan-bahan kimia yang diperlukan secara luas di berbagai bidang seperti biokimia, obat-obatan, pangan, gizi,

enzimologi, industri kertas, tekstil dan film. Khitin juga sebagai sumber N-asetilglukosamin yang dipakai sebagai pengawet dan antibiotik. Khitosan sebagai turunan khitin dipakai dalam pengolahan limbah dan pengikatan logam.

### 3. Struktur Khitosan

Khitosan merupakan senyawa gula amino (amino sugar) yang tergolong D-glukosa-mina yang mengandung gugus reaktif amina pada kedudukan atom C kedua dan hidroksi khitosan terdiri atas rantai monomer linier 2 - amino - 2 - D - glukosamina. Khitosan mempunyai rumus molekul  $(C_6H_{14}NO_4)_n$ . Sedangkan struktur molekul khitosan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Unit Khitosan

#### B. Khitosan sebagai Bahan Pengawet

Sifat-sifat khitosan di antaranya adalah struktur molekulnya tertentu, dalam keadaan cair sensitif terhadap kekuatan ion tinggi, dan daya repulsif antara fungsi amin menurun sesuai dengan fleksibilitas rantai khitosan. Penggabungannya dalam ruang distabilkan oleh ikatan hidrogen di dalam dan di luar rantai, menghasilkan suatu molekul resisten yang tahan terhadap tekanan mekanik dan kemampuan mengembangnya bertambah. Khitosan yang berasal dari khitin yang telah mengalami proses penghilangan gugus asetil bersifat larut dalam suatu larutan asam tetapi tidak larut pada pH 6,5. Pelarut khitosan yang baik adalah asam asetat (Prasetyo, 2004).



Selanjutnya dikemukakan bahwa meskipun khitosan bersifat larut dalam larutan asam organik, tetapi tidak larut dalam pelarut organik lainnya seperti *dimetil sulfide*, dan tidak larut dalam larutan yang memiliki pH basa. Pada saat ini khitosan memiliki spektrum penggunaan yang luas dalam industri dan kesehatan, seperti dalam pengolahan limbah cair, pelapis kapsul obat, pengawet makanan, pembungkus ikan dalam industri pengolahan ikan, dan sebagai bahan penstabil (*bulking agent*). Penggunaannya lebih luas ketimbang khitin.

Menurut El Grauth (1992) dalam Prasetyo (2004), khitosan memiliki kemampuan bioaktif. Polikation alami dari khitosan dapat menghambat pertumbuhan patogen seperti *Fusarium oxysporum* dan *Rhizoctania solani* serta germinasi spora dan pertumbuhan kapang *Bothria cineren*. Menurut Suptija, dkk. (1992), khitosan memiliki bentuk yang spesifik, mengandung gugus amin dalam rantai karbonnya yang bermuatan positif yang berlawanan dengan polisakarida lainnya.

Menurut Prasetyo (2004), aplikasi khitosan sebagai bahan pengawet kayu terbukti efektif untuk menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu dan beberapa jenis jamur lain, seperti *Fusarium oxysporum* dan *Rhizoctania solani*, serta meningkatkan derajat proteksi kayu terhadap rayap kayu kering dan rayap tanah. Bahkan, kayu yang diawetkan dengan khitosan dengan metode perendaman teksturnya menjadi lebih halus. Ini sesuai dengan sifat khitosan yang dapat membentuk lapisan film yang licin dan transparan. Hal tersebut menunjukkan bahwa khitosan memiliki potensi sebagai bahan *finishing* yang mampu meningkatkan tekstur permukaan kayu. Untuk kayu-kayu berwarna terang, seperti nyatoh kuning (*Palaquium spp*), sengon (*Albizia falcataria*), ramin (*Gonistilus bancanus Kurz*) dan pinus (*Pinus mercurii*). Pengawetan dengan khitosan dapat meningkatkan penampilan kayu dalam hal warna kayu menjadi lebih terang. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh zat warna *karotenoid* yang terdapat pada udang. Namun, untuk mendapatkan hasil yang bagus, dalam proses pengawetan harus diperhatikan mengenai kondisi kayu, metode pengawetan, jenis bahan pengawet, perlakuan sebelum pengawetan terhadap kayu, dan konsentrasi bahan pengawet. Dari segi

lingkungan, penggunaan khitosan sebagai bahan pengawet kayu relatif aman karena sifatnya yang *non toxic* dan *biodegradable*. Sebab, selama ini bahan pengawet yang sering digunakan merupakan bahan kimia beracun yang kurang ramah lingkungan dan *unbiodegradable*. Dari sisi ekonomi, pemanfaatan khitosan dari limbah cangkang udang untuk bahan pengawet kayu sangat menguntungkan karena bahan bakunya berupa limbah dan berasal dari sumberdaya lokal (*local content*).

### C. Rayap

#### 1. Sistematika

Menurut Kalshoven (1981) dalam Yasad (1997), rayap tanah merupakan serangga kecil yang potensial sebagai perusak kayu bangunan dan bahan-bahan lain yang berlignoselulosa. Sistematika rayap adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Isoptera
Family	: Rhinotermitidae
Genus	: <i>Coptotermes</i>
Species	: <i>Coptotermes</i> spp.

Dalam pengawetan hasil hutan, golongan rayap tanah merupakan golongan penting karena menyebabkan sebagian besar kerusakan-kerusakan yang bersifat zoologis pada bangunan kayu. Rayap tanah memakan bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, kertas, serta jaringan tanaman lain. Tanda-tanda adanya serangan terlihat dari saluran-saluran dari tanah ke kayu yang discrang. Kerusakan yang ditimbulkan disebut kerusakan sarang lebah (*honeycomb damage*).

Adanya rongga dalam kayu yang terserang berat dapat diketahui dengan menurunnya resonansi kayu bila dipukul (Tambunan dan Nandika, 1989).

Menurut Hunt dan Garrat (1986), rayap tanah merupakan kelompok serangga penghuni kayu yang bersarang di dalam tanah sepanjang hidup membutuhkan kelembaban secara tetap. Rayap seperti ini mudah menyerang kayu sehat atau busuk yang ada di dalam atau di atas tanah lembab. Untuk mencapai kayu yang di atas tanah, rayap ini membentuk saluran-saluran yang terlindung pada pondasi-pondasi atau penghalang-penghalang lain yang tidak dapat ditembus dan juga dapat mendirikan menara tegak langsung dari tanah. Saluran tersebut terbuat dari remukan tanah yang halus dan sebagian kayu yang dicerna, yang direkat bersama dengan zat ekskresi serangga yang memungkinkan rayap tersebut menciptakan kondisi yang lembab. Nandika, dkk. (2003) menyatakan bahwa rayap tanah memiliki sarang pusat dan sarang-sarang subsider. Apabila sarang pusat hancur, maka sarang-sarang subsider akan menjadi sarang pusat. Demikian halnya yang diungkapkan Tarumingkeng (1985) bahwa rayap tanah mempunyai sarang di dalam tanah atau di dalam kayu dan membuat terowongan sebagai tempat berlindung.

Menurut Nandika, dkk. (2003), sistem kasta rayap terbagi atas 3 kasta yaitu:

#### 1. Kasta Prajurit

Kasta prajurit dapat dengan mudah dikenali dari bentuk kepalanya yang besar dan mengalami penebalan yang nyata. Berikut Gambar rayap tanah dari kasta prajurit



Gambar 3. Gambar Rayap Prajurit

<http://www.e-dukasi.net>

## 2. Kasta Pekerja

Kasta pekerja merupakan anggota yang sangat penting dalam koloni rayap. Tidak kurang dari 80-90% populasi dalam koloni rayap merupakan individu-individu kasta pekerja. Kasta pekerja umumnya berwarna pucat dengan kutikula hanya sedikit mengalami penebalan sehingga tampak menyerupai nimfa. Berikut Gambar rayap dari kasta pekerja:

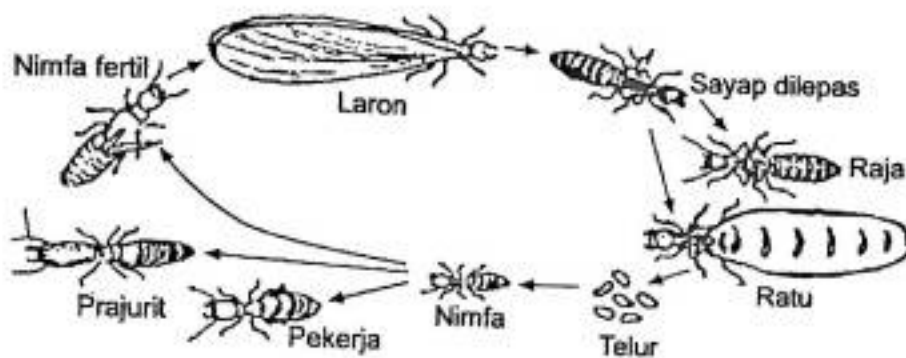


Gambar 4. Rayap Pekerja.

<http://www.e-dukasi.net>.

## 3. Kasta Reproduksi

Kasta reproduktif terdiri atas individu-individu seksual yaitu; betina (ratu), yang tugasnya bertelur dan jantan tugasnya membuahi betina. Kasta ini dibedakan menjadi kasta reproduktif primer dan kasta reproduktif suplemen atau neoton. Kasta reproduktif primer terdiri atas serangga-serangga dewasa yang bersayap dan merupakan pendiri koloni. Berikut Gambar dari Kasta Reproduksi:



Gambar 5. Gambar rayap Produktif

<http://www.e-dukasi.net>

## 2. Sistem Pencernaan Rayap

Menurut Rustamsjah (2001) dalam Robiyanto (2006), dalam tubuh rayap *Coptotermes curvignatus* Holmgren terdapat bakteri yang dapat mempengaruhi sistem interaksi antara rayap dengan protozoa, maka diperkirakan ada kontrol yang dilakukan dengan tubuh rayap itu sendiri sehingga sistem interaksi antara rayap dengan protozoa dan rayap dengan bakteri tidak saling mempengaruhi. Protozoa dengan enzim-enzim merubah bentuk polimer-polimer menjadi monomer-monomer, sedangkan bentuk monomer diubah oleh protozoa dan bakteri fermentasi menjadi asam asetat. Prasetiyo dan Yusuf (2005) mengemukakan bahwa setelah diteliti secara lebih mendalam ditemukan di dalam bagian usus belakang rayap (terutama jenis rayap tingkat rendah) dari sistem pencernaannya terdapat berbagai protozoa flagellata yang berperan sebagai simbion dalam sistem pencernaan rayap yang mampu menguraikan selulosa menjadi bahan yang mampu diserap rayap. Selain *protozoa flagellata* ada beberapa jenis rayap yang mengandung bakteri dalam sistem pencernaannya yang berperan sama.

### III. METODE PENELITIAN



#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2008 sampai September 2008, di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

#### A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: blender, panci, saringan mesh 40-60, oven, batang pengaduk, timbangan digital, hot plate, pengukur suhu dan kelembaban, cawan petri, bulu ayam, gelas ukur dan loyang. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: cangkang udang, larutan Natrium hidroksida (NaOH), larutan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), Asam klorida (HCl) 1 N, aquadest, dan kertas saring (Whatman 40 dengan diameter 12,5 cm).

#### C. Prosedur Penelitian

##### 1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel penelitian dilaksanakan pada PT. Sittomas yang terdapat pada Kawasan Industri Makassar, Kelurahan Daya, Kecamatan Biringkanaya, Sulawesi Selatan.

## 2. Pembuatan Khitosan

Menurut Prasetyo dan Yusuf (2005), khitosan dihasilkan dari limbah cangkang udang melalui tahapan proses sebagai berikut:

### 1. Demineralisasi

Demineralisasi cangkang udang dilakukan dengan cara:

- a. Limbah cangkang udang 45 kg dicuci dengan air mengalir sampai air cucuannya menjadi bening, lalu dikeringkan.
- b. Menghancurkan cangkang udang yang sudah dikeringkan dengan blender
- c. Mengayak hancuran cangkang udang dengan saringan mesh 40-60, yang lolos dari ayakan 40 dan tertahan ayakan 60.
- d. Memasukkan hasil pengayakan kedalam panci
- e. Merebus hancuran cangkang udang dengan HCl 1 N, dengan perbandingan 10:1 antara pelarut dan khitin lalu dipanaskan pada suhu 90°C.
- f. Mencuci dengan aquadest hancuran cangkang udang hingga pH-nya netral

### 2. Deproteinisasi

Limbah cangkang udang yang telah diminerilisasi kemudian dicampur dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 3,5 % dengan perbandingan antara pelarut dan cangkang udang 6:1. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama satu jam. Larutan lalu disaring dan didinginkan sehingga diperoleh residu padatan yang kemudian dicuci dengan aquadest sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam.

### 3. Deasetilisasi Khitin menjadi Khitosan

Khitosan dibuat dengan menambahkan natrium hidroksida (NaOH) 60% dengan perbandingan 20:1 (pelarut dibanding khitin), lalu dipanaskan selama satu jam 30 menit dengan suhu 140°C. Larutan kemudian disaring untuk mendapatkan residu berupa padatan, lalu dilakukan pencucian dengan aquadest sampai pH netral, kemudian dikeringkan dengan oven suhu 70°C selama 24 jam.

### 3. Pembuatan Larutan Khitosan

Larutan khitosan disiapkan dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Larutan konsentrasi 1% = 1 gram bagian khitosan dilarutkan sampai 100 ml bagian asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
2. Larutan konsentrasi 2% = 2 gram bagian khitosan dilarutkan sampai 100 ml bagian asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
3. Larutan konsentrasi 3% = 3 gram bagian khitosan dilarutkan sampai 100 ml bagian asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

### 4. Pengumpulan Rayap Tanah

Rayap yang digunakan pada penelitian ini adalah rayap tanah. Rayap tanah yang telah diumpun dengan kayu pinus selama kurang lebih dua bulan, digali kemudian koloni rayap dikeluarkan secara hati-hati dan dimasukkan ke dalam baskom. Rayap tanah yang diambil adalah rayap tanah yang sehat dengan ciri-ciri bergerak dengan aktif dan lincah, memiliki ukuran tubuh yang cenderung seragam dan warna tubuh yang lebih cerah. Proses pemindahan individu-individu rayap tanah ke dalam cawan Petri dilakukan dengan hati-hati agar rayap tanah tidak terluka.

### 5. Pengujian Anti Rayap

Khitosan yang berupa serbuk dilarutkan dengan asam asetat dalam setiap konsentrasi khitosan yang telah disiapkan, di mana contoh uji yang digunakan adalah kertas saring (whatman 40 dengan diameter 12,5 cm). Kertas saring direndam selama 24 jam. Kertas saring tanpa khitosan (kontrol), kertas saring dengan pemberian asam asetat dan kertas saring yang telah direndam dalam larutan khitosan ditimbang untuk memperoleh berat awal ( $w_0$ ). Kertas saring tersebut dimasukkan ke dalam cawan Petri kemudian sebanyak 150 ekor dari kasta pekerja dan 15 ekor dari kasta prajurit yang sehat dan aktif dimasukkan ke dalam setiap contoh uji. Unit pengujian tersebut diletakkan pada suatu wadah yang lebih besar lalu dibiarkan pada tempat gelap dan dipertahankan pada suhu  $28^\circ\text{C}$  dan kelembaban  $\pm 75\%$  selama 3



minggu. Kelembaban dipertahankan dengan cara menyemprotkan aquadest pada kertas uji secukupnya setiap hari. Perhitungan mortalitas dilakukan dalam jangka waktu tertentu, yaitu hari ke 3, 5, 7, 14 dan hari 21. Rayap yang mati dibuang bangkainya untuk menghindari adanya konsumsi oleh rayap lainnya atau sifat kanibalisme rayap. Total rayap yang mati (a) digunakan untuk menghitung persen mortalitas rayap (M) dari total keseluruhan rayap yang diujikan (b), setelah 3 minggu pengamatan kertas saring diangin-anginkan selama 24 jam, dimasukkan ke oven pada suhu 50°C selama 2 jam, lalu ditimbang kembali ( $W_1$ ) untuk mengetahui jumlah contoh uji yang dimakan rayap, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung laju konsumsi oleh rayap

## 6. Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah mortalitas dan laju konsumsi oleh rayap yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

### 1. Persentase Mortalitas Rayap Tanah

$$M = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Dimana:

M = Persentase mortalitas rayap tanah (%)

a = Jumlah rayap tanah yang mati (ekor)

b = Jumlah rayap tanah yang dimasukkan (ekor)

### 2. Laju Konsumsi oleh Rayap Tanah

Laju konsumsi oleh rayap (mg/ekor/hr) = jumlah contoh uji yang dimakan/total hari dari rayap pekerja

Dimana : Jumlah contoh uji yang dimakan =  $W_0 - W_1$

Total hari dari rayap pekerja =  $21 \times 150 - (21 \times 150 \times M/2)$

Keterangan:  $W_0$  = Berat kertas saring pada awal pengamatan (mg)  
 $W_1$  = Berat kertas saring pada akhir pengamatan (mg)  
 $M$  = Persentase mortalitas rayap tanah (%)

#### D. Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan penelitian yang dipolakan dengan rancangan acak lengkap (RAL). Dalam penelitian diperlakukan experimental pemberian larutan khitosan pada berbagai konsentrasi, yaitu konsentrasi 1% (P1), 2% (P2), dan 3% (P3). Sebagai pembanding, juga dimasukkan contoh uji tanpa pemberian khitosan (kontrol atau PO). Masing-masing diulang sebanyak 3 kali.

Menurut Gasperz (1991), persamaan matematis untuk rancangan acak lengkap dapat dilihat sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}; \quad \begin{array}{l} i = 1,2,3,4 \\ j = 1,2,3 \end{array}$$

Dimana :

$Y_{ij}$  = Mortalitas rayap dan laju konsumsi oleh rayap yang memperoleh perlakuan ke-i

$\mu$  = nilai tengah populasi

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i

$\epsilon_{ij}$  = Galat percobaan dari perlakuan ke-i pada pengamatan ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i.

Data mortalitas rayap dan laju konsumsi rayap dianalisis ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan uji BNJ jika perlakuan berpengaruh untuk mengetahui taraf perlakuan yang berbeda dengan rumus:

$$W = q \alpha(p, f_e) \cdot S_Y$$

$$S_Y = \sqrt{KTG/r}$$

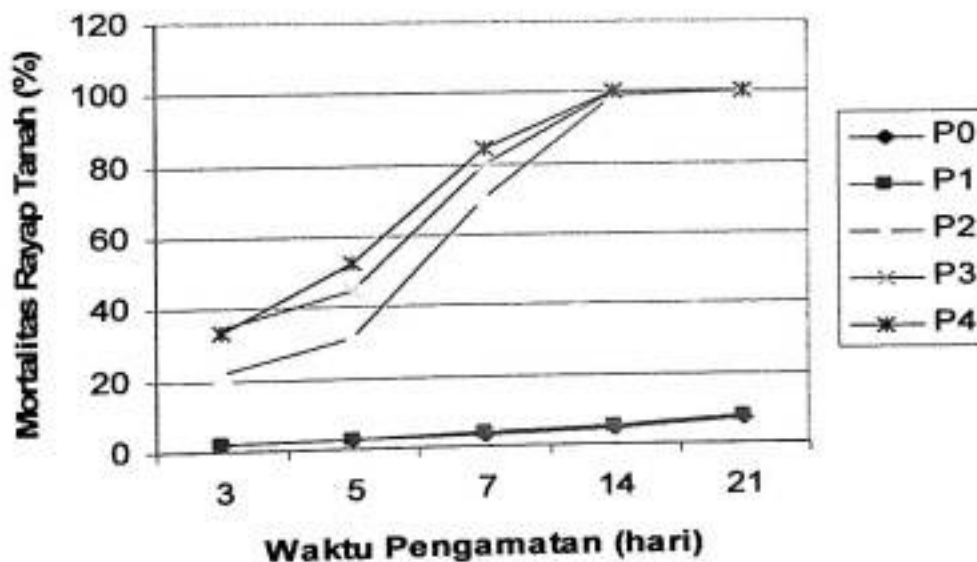
- Dimana : W = Nilai uji Tukey  
q = Nilai tabel Tukey  
S<sub>Y</sub> = Galad baku nilai tengah  
p = Jumlah perlakuan  
f<sub>e</sub> = Derajat bebas galat

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

#### 1. Mortalitas Rayap Tanah

Hasil pengamatan mortalitas rayap tanah selama tiga minggu dapat dilihat pada Lampiran 1. Data-data tersebut menunjukkan bahwa mortalitas rayap tanah yang diperlakukan dengan khitosan pada berbagai konsentrasi umumnya bervariasi dengan kisaran 6,06% - 100% pada hari ke 21. Rata-rata persentase mortalitas per perlakuan pada setiap pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 6. Mortalitas Rayap Tanah (*Coptotermes* spp.) selama 21 hari pengamatan dengan pemberian khitosan

Grafik pada Gambar 6. menunjukkan bahwa mortalitas rata-rata rayap tanah pada kontrol (tanpa perlakuan) adalah 7,07 %, kontrol dengan pemberian asam asetat



dalah 7,67 % setelah 21 hari pengujian, sedangkan ketiga perlakuan dengan khitosan telah memberikan efek mortalitas yang tinggi yaitu di atas 90 % pada minggu kedua dan 100 % pada akhir pengujian (hari ke-21). Perbedaan mortalitas rayap tanah antara kontrol (tanpa perlakuan), kontrol dengan pemberian asam asetat dengan perlakuan khitosan menunjukkan adanya efek dari pemberian khitosan. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa suhu harian rata-rata berkisar antara 26-29 C dengan kelembaban 75-80 %. Kondisi lingkungan ini mendukung untuk kehidupan rayap tanah. Hasil sidik ragam yang disajikan pada Lampiran 2 menunjukkan bahwa pemberian khitosan pada berbagai konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap mortalitas rayap tanah pada taraf 1 %. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan tersebut dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa kontrol berbeda sangat nyata dengan semua perlakuan pemberian khitosan, antara kontrol dengan kontrol pemberian asam asetat juga berpengaruh tidak nyata. sedangkan perlakuan dengan khitosan pada ketiga konsentrasi menunjukkan perbedaan yang tidak nyata.

Tabel 1. Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) Pengaruh Perlakuan Khitosan, Kontrol, dan Kontrol dengan pemberian Asam Asetat Terhadap Mortalitas Rayap Tanah (*Coptotermes spp.*) Setelah Pengujian 21 Hari

Perlakuan	BNJ 0,01	Rata-rata Mortalitas Rayap Tanah (%)
	1,00	
Kontrol	a	7,07
Kontrol dengan CH <sub>3</sub> COOH	a	7,67
Konsentrasi 1%	b	100
Konsentrasi 2%	b	100
Konsentrasi 3 %	b	100

Keterangan : Huruf yang berbeda berarti berpengaruh sangat nyata pada  $\alpha = 0,5 \%$ .

## 2. Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah

Hasil penimbangan berat contoh uji sebelum diumpankan dan setelah diumpankan pada rayap tanah selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 dan Lampiran 3.

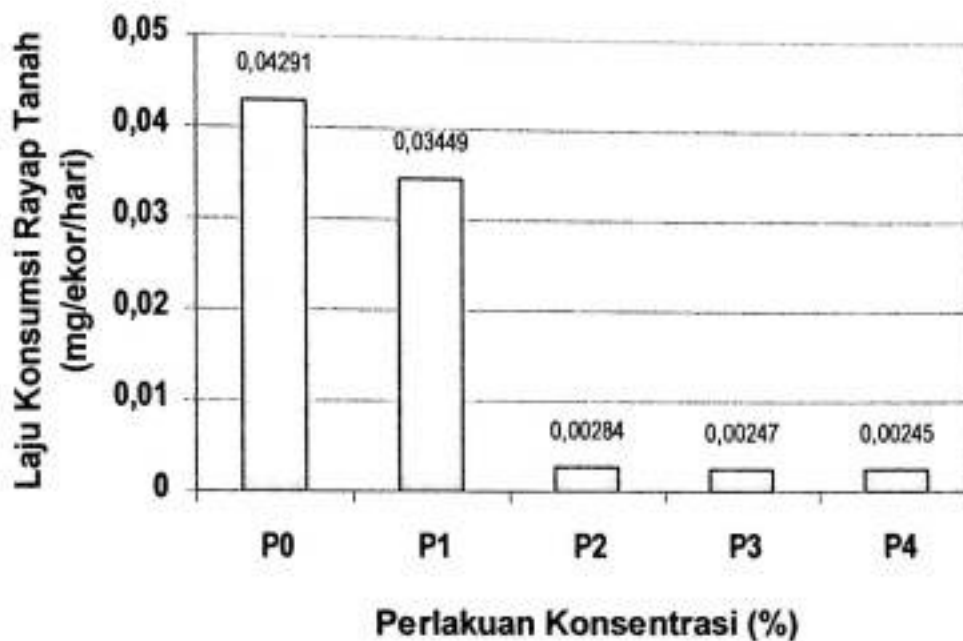


Gambar 7. Contoh Uji Sebelum Pengumpanan



Gambar 7. Contoh Uji Sesudah Pengumpanan

Rata-rata pengurangan berat setelah pengujian selama 21 hari yaitu 330,00 mg pada kontrol, 326,67 pada kontrol dengan pemberian asam asetat, 146,67 mg pada konsentrasi 1%, 383,33 mg pada konsentrasi 2% dan 380,00 mg pada konsentrasi 3%. Hasil perhitungan laju konsumsi kertas oleh rayap tanah (mg/ekor/rayap) ditunjukkan pada Lampiran 3 dengan rata-rata per perlakuan seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Laju Konsumsi Rayap Tanah (*Coptotermes* spp.)

Diagram pada Gambar 8 menunjukkan bahwa laju konsumsi kertas oleh rayap tanah berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi khitosan yang diberikan. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin rendah laju konsumsi kertas oleh rayap terhadap contoh uji. Laju konsumsi kertas oleh rayap tanah paling tinggi terjadi pada kontrol (tanpa perlakuan). Untuk ketiga perlakuan dengan pemberian khitosan laju konsumsi rayap tertinggi pada konsentrasi 1 %.

Hasil sidik ragam pada Lampiran 5 menunjukkan bahwa pemberian khitosan pada berbagai konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju konsumsi kertas oleh rayap tanah pada taraf 1%. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan tersebut dilakukan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menunjukkan bahwa kontrol dengan kontrol dengan pemberian asam asetat tidak berbeda nyata, sedangkan kontrol berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian khitosan, sedangkan pemberian khitosan 1 %, 2%, dan 3% tidak berbeda nyata.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) Pengaruh Perlakuan Khitosan dan Kontrol Terhadap Laju Konsumsi kertas oleh Rayap Tanah (mg/ekor/hari) Setelah Pengujian 21 Hari

Perlakuan	BNJ 0,01	Rata-rata Laju Konsumsi Rayap Tanah (mg/ekor/hari)
	1,00	
Kontrol	a	0,04291
Kontrol dengan CH <sub>3</sub> COOH	a	0,03449
Konsentrasi 1%	b	0,00284
Konsentrasi 2%	b	0,00247
Konsentrasi 3 %	b	0,00245

Keterangan : Huruf yang berbeda berarti berbeda sangat nyata pada  $\alpha = 1\%$

## B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortalitas rayap tanah pada perlakuan pemberian khitosan meningkat tajam pada minggu kedua yaitu diatas 90 % bahkan setelah pengujian selama tiga minggu, ketiga perlakuan memberikan mortalitas 100%.

Beberapa kemungkinan mekanisme kematian rayap tanah yang diakibatkan oleh pemberian khitosan. Kemungkinan pertama adalah Khitosan bersifat non toksik sehingga tidak langsung membunuh rayap (slow action). Namun Khitosan akan mengganggu kinerja protozoa dalam sistem pencernaan rayap yang menyebabkan rayap tidak bisa memperoleh sumber makanan yang dihasilkan protozoa sehingga secara perlahan rayap tanah tersebut mati. Hal ini juga dapat disebabkan karena sifat rayap memiliki perilaku trofalaksis (saling menjilati mulut antar rayap) untuk memberikan cairan makanan. Akibat perilaku tersebut khitosan akan lebih cepat menyebar kepada rayap lainnya sehingga memudahkan untuk mematikan rayap tersebut. Kemungkinan kedua adalah rayap enggan memakan khitosan. Hal ini sesuai dengan sifat khitosan yang dapat membentuk lapisan film yang licin dan transparan sehingga rayap tidak dapat mengkonsumsi contoh uji tersebut. Kemungkinan ketiga yaitu rayap mati karena adanya serangan jamur.



## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai bahwa khitosan dapat mencegah serangan rayap tanah dengan tingkat mortalitas mencapai 100% selama 14 hari, dan dapat menurunkan laju konsumsi kertas oleh rayap tanah secara signifikan.

### **B. Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk aplikasi khitosan dengan menggunakan sample kayu dan untuk mengembangkan khitosan sebagai bahan pengawet yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cabib, E. 1987. **The Syntesis and Degradation of Chitin**. In: *Advances in Enzymology*. A. Meister (Ed). An Interscience Publication John Willey and sons Inc., New York. Pp : 59 - 101
- Chernin, L., Z. Ismailo, S. Haran and I. Chet. 1995. **Chitinolytic Enterobacter Agglomerans Antagonistic to Fungal Plant Pathogens**. *Appl. Environ. Microbiol*, 61: 1720-1726.
- Dillon, L. S. 1965. **Principles of Animal Biology**, Printed by USA.
- Gasperz, V. 1991. **Metode Perancangan Percobaan**. Penerbit CV. Armico. Bandung.
- Haran, S., H. Schickler, A. Oppenheim and I. Chet. 1995. **New Componentsof Chitinolytic System Of Trichoderma Harsianum**. *Mycol. Res.* 94: 441-446
- Hunt, G. M. dan G.A. Garrat, 1986. **Pengawetan Kayu**. Alih Bahasa : M. Jusuf,. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Inbar J. and Chet I. 1991. **Evidence that Chitinase Produced by *Aeromonas caviae* is Involved in The Biological Control of Soil-Borne Plant Pathogens by this Bacterium**. *Soil. Biol. Biochem*, 23: 973-978.
- Martawijaya, A. dan D. Martono, 1984. **"Dichlofluamid sebagai Pestisida untuk Proteksi Papan Ramin terhadap Jamur Biru"**. Dalam: *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Volume I No. 3. Bogor. Lembaga Penelitian Hasil Hutan.
- Nandika, D, Y. Rismayadi dan F. Diba. 2003. **Rayap. Biologi dan Pengendaliannya**. Universitas Muhamadiyah, Surakarta.



Prasetyo, W., K., 2004. **Khitosan Pengendali Rayap Ramah Lingkungan.** Harian Kompas [Rabu 18 agustus 2004].

Prasetyo, W., dan S., Yusuf, 2005. **Mencegah dan Membasmi Rayap secara Ramah Lingkungan dan Kimiawi.** PT. Agromedia Pustaka. Jakarta

Robiyanto, P., 2006. **Sifat Anti Rayap dari Ekstrak Daun Surian (*Toona Sureni Merr*).** Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan., Universitas Hasanuddin, Makassar (Tidak dipublikasikan).

Suptija, P., E. Salamah, H. Sumaryanto, S. Purwaningsih, dan J. Santosa., 1992. **Pengaruh Berbagai Metode Isolasi Khitin Udang Terhadap Kadar dan Mutunya.** Laporan Akhir Penelitian Fakultas Perikanan IPB, Bogor.

Tambunan, B. dan D. Nandika. 1989. **Deteriosasi Kayu Oleh Faktor Biologis.** Pusat antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Tarumingkeng, R. C., 1985. **Catatan Ringkasan Tentang Biologi Rayap Hama di Indonesia.** Makalah disajikan dalam Diskusi Pengendalian Rayap yang Diselenggarakan Oleh PT. Khalatan Corporation di Jakarta.

Yurnaliza, 2002. **Senyawa Khitin dan Kajian Aktivitas Enzim Mikrobial Pendegradasinya.** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Biologi, Universitas Sumatra Utara. Medan.

Yasad, D.A., 1997. **Studi Teknik Pengendalian Rayap Tanah (*Coptotermes havilandi*) Pada Kayu Bangunan di Kawasan Perumahan dengan Menggunakan Spora Jamur *Beuvaria Bassiana* pada Musim Kemarau.** Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Unhas, Ujung Pandang. ( Tidak dipublikasikan).

Lampiran 1. Hasil Pengamatan Mortalitas rayap Tanah (*Coptotermes* spp.) pada Berbagai Konsentrasi

Perlakuan/ rata2	Mortalitas (%)									
	Minggu I					Minggu II		Minggu III		
	Hari ke-3		Hari ke-5		Hari ke-7		Hari ke-14		Hari ke-21	
	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M
P01	2	1,21	4	2,42	5	3,03	7	4,24	11	6,67
P02	5	3,03	7	4,24	8	4,85	10	6,06	14	8,48
P03	1	0,60	2	1,21	4	2,42	5	3,03	10	6,06
<b>Rata2</b>	<b>2,66</b>	<b>1,61</b>	<b>4,33</b>	<b>2,62</b>	<b>5,67</b>	<b>3,43</b>	<b>7,33</b>	<b>4,44</b>	<b>11,67</b>	<b>7,07</b>
P11	1	0,60	4	2,42	5	3,03	7	4,24	13	7,87
P12	7	4,24	7	4,24	8	4,85	11	6,67	15	9,09
P13	1	0,60	3	1,81	5	3,03	6	3,63	10	6,06
<b>Rata2</b>	<b>3,00</b>	<b>1,81</b>	<b>4,66</b>	<b>2,82</b>	<b>6,00</b>	<b>3,63</b>	<b>8,00</b>	<b>4,84</b>	<b>12,66</b>	<b>7,67</b>
P21	41	24,84	60	36,36	118	71,51	163	98,78	165	100,00
P22	24	14,54	38	23,03	102	61,81	163	98,78	165	100,00
P33	42	25,45	57	34,54	128	77,57	165	100,00	165	100,00
<b>Rata2</b>	<b>35,66</b>	<b>21,61</b>	<b>51,66</b>	<b>31,31</b>	<b>116,00</b>	<b>70,29</b>	<b>163,66</b>	<b>99,18</b>	<b>165,00</b>	<b>100,00</b>
P31	46	27,87	61	36,96	135	81,81	165	100,00	165	100,00
P32	88	53,33	94	56,96	138	83,63	165	100,00	165	100,00
P33	37	22,42	65	39,39	123	74,54	165	100,00	165	100,00
<b>Rata2</b>	<b>57,66</b>	<b>34,54</b>	<b>73,33</b>	<b>44,43</b>	<b>132,00</b>	<b>79,99</b>	<b>165,00</b>	<b>100,00</b>	<b>165,00</b>	<b>100,00</b>
P41	43	26,26	74	44,84	134	81,21	165	100,00	165	100,00
P42	98	59,39	127	76,96	152	92,12	165	100,00	165	100,00
P43	24	14,54	58	35,15	130	78,78	165	100,00	165	100,00
<b>Rata2</b>	<b>55,00</b>	<b>33,39</b>	<b>86,33</b>	<b>52,31</b>	<b>138,66</b>	<b>84,03</b>	<b>165,00</b>	<b>100,00</b>	<b>165,00</b>	<b>100,00</b>

Keterangan :

- PO : Kertas Saring Tanpa Khitosan
- P1 : Kertas Saring dengan Pemberian Asam Asetat
- P2 : Kertas Saring Konsentrasi Khitosan 1%
- P3 : Kertas Saring Konsentrasi Khitosan 2%
- P4 : Kertas Saring Konsentrasi Khitosan 3%
- T : Total Rayap Tanah yang Mati (ekor)
- M : Mortalitas Rayap Tanah (%)

Lampiran 2. Hasil Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Khitosan Terhadap Mortalitas Rayap Tanah (*Coptotermes* spp.) Setelah Pengujian 21 Hari

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	Sig
Perlakuan	3	6476,989	19430,966	16354,999**	0,00
Galat	8	0,396	3,168		
Total	11	6477,385			

Keterangan : \*\* Berpengaruh Sangat Nyata pada  $\alpha = 0,5\%$ .

Lampiran 3. Hasil Penimbangan Berat Contoh Uji dan Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah (*Coptotermes* spp.) pada Berbagai Konsentrasi

Perlakuan/ Rata-rata	Berat (mg) Sebelum pengumpanan(WO)	Sesudah Pengumpanan(W1)	WO-W1 (mg)	Laju Konsumsi Rayap (mg/ekor/hari)
PO1	690	300	390	0,05302
PO2	690	380	310	0,03037
PO3	690	400	290	0,04535
<b>Rata2</b>	<b>690</b>	<b>360</b>	<b>330</b>	<b>0,04291</b>
P11	700	350	350	0,03785
P12	700	320	380	0,02654
P13	700	450	250	0,03909
<b>Rata2</b>	<b>700</b>	<b>373,333</b>	<b>326,666</b>	<b>0,03449</b>
P21	720	540	180	0,00116
P22	730	540	190	0,00123
P23	710	640	70	0,00045
<b>Rata2</b>	<b>720</b>	<b>573,333</b>	<b>146,666</b>	<b>0,00284</b>
P31	850	520	330	0,00213
P32	850	420	430	0,00278
P33	860	470	390	0,00252
<b>Rata2</b>	<b>853,333</b>	<b>470</b>	<b>383,333</b>	<b>0,00247</b>
P41	950	610	340	0,00220
P42	1230	740	490	0,00317
P43	930	620	310	0,00200
<b>Rata2</b>	<b>1036,666</b>	<b>656,666</b>	<b>380</b>	<b>0,00245</b>

Keterangan :

- PO : Kertas Saring Tanpa Khitosan  
P1 : Kertas Saring dengan Pemberian Asam Asetat  
P1 : Kertas Saring Konsentrasi 1%  
P2 : Kertas Saring Konsentrasi 2%  
P3 : Kertas Saring Konsentrasi 3%

Lampiran 4. Hasil Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Khitosan terhadap Laju Konsumsi Kertas oleh Rayap Tanah (mg/ekor/hr) Setelah Pengujian 21 hari

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	Sig
Perlakuan	3	0,001254	0,003762	34,753**	0,00
Galat	8	0,00003608	0,0002886		
Total	11	0,00016148			

Keterangan : \*\* Berpengaruh Sangat Nyata pada  $\alpha=0,5\%$ .