

**Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap
(Bio-termitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu**



SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1**

Di susun oleh

Moch. Radhitya Sabeth. T	L2C6 06 030
Zulfahmi	L2C6 06 051

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010**

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

UNIVERSITAS DIPONEGORO
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Nama : Moch. Radhitya Sabeth Taufan
NIM : L2C606030
Nama : Zulfahmi
NIM : L2C606051
Judul penelitian : Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap (Bio-
termitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu
Dosen pembimbing : Ir. Nur Rokhati, MT

Semarang, Mei 2010

Dosen Pembimbing

Ir. Nur Rokhati, MT

NIP. 19620327 199102 2 001

RINGKASAN

*Rayap merupakan serangga akrab dengan kehidupan manusia. Namun, rayap selalu diidentikan sebagai hama perusak bangunan, perumahan, buku, tanaman, dan sebagainya. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan rayap perusak adalah chitosan. Tujuan dari penelitian adalah mengetahui Pengaruh Mortalitas Rayap dan Kehilangan Berat Umpan (Kayu) terhadap: pH; konsentrasi asam asetat; konsentrasi chitosan, mengetahui kondisi operasi optimum, dan mengetahui gejala serangan chitosan terhadap rayap *Macrotermes gilvus* Hagen. Metode pelaksanaan percobaannya melalui tiga tahap proses yaitu tahap demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Pada penelitian ini menggunakan limbah kulit udang yang mengandung chitin yang akan dihilangkan gugus asetilnya agar menjadi chitosan. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum pada pH 6, konsentrasi asam asetat 2%, konsentrasi chitosan 5%, dengan derajat deasetilasi (%DD) 80,4%. Proses dilanjutkan dengan pengumpanan pada kayu yang diserang oleh rayap lalu dilakukan pengamatan setiap satu minggu selama dua bulan. kemudian dilakukan analisa secara kuantitatif. Analisa kuantitatif yang dilakukan adalah pengamatan berat kayu sebelum dan sesudah pengumpanan serta mortalitas rayap setelah diberi perlakuan oleh biotermitisida. Berat kayu sebelum pengumpanan adalah 200 gram dan setelah pengumpanan berat kayu hanya berkurang 18,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa biotermitisida dari chitosan efektif digunakan sebagai anti rayap, dan menggantikan termitisida konvensional*

SUMMARY

*Termites are insects that are familiar with human life. However, they are always identified as pests destructive to buildings, house, books, plants, and the like. One of the natural materials that can be used to control harmful termites attack is chitosan. The purpose of this study was to determine the Effect of Termite Mortality and the Loss of Wooden Bait Termite on : pH, concentration of acetic acid, chitosan concentration, to know the optimum operating conditions, and to know the symptoms of chitosan attack against termites *Macrotermes gilvus* Hagen. The methods of experiment implementation employed in this study were conducted through three stages: demineralization stage, deproteinization and deacetylation. In this study, the researcher used shrimp shell waste containing chitin the cluster of which would be eliminated so as to make it chitosan. The result of the research showed the optimum conditions at pH 6, concentration of acetic acid 2%, chitosan concentration 5%, the degree of deacetylation (% DD), 80,4%. The process was followed by feeding on the wood attacked by termites and then the researcher observed it every week for two months. Subsequently, the researcher carried out quantitative analysis. The quantitative analysis conducted here was the observation of the weight of the wood before and after the feeding as well as of the mortality of termites after being treated with biotermitisida. Prior to the feeding, the wood weighed 200 grams and after the feeding its weight only decreased 18.5%. This shows that biotermitisida formulated from chitosan can be effective when used as anti-termite, and can substitute the conventional termiticide.*

KATA PENGANTAR

Skripsi dengan judul “Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap (Bio-termitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu” disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat S-1 pada program sarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang. Penyajian skripsi meliputi latar belakang, tujuan, manfaat penelitian yang dirangkum pada Bab 1, tinjauan pustaka pada Bab 2, metode penelitian pada Bab 3, jadwal kegiatan pada Bab 4, hasil penelitian dan pembahasan pada Bab 5 dan penutup pada Bab 6.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Ibu Ir. Nur Rokhati, MT selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang intensif mulai dari penulisan proposal, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan laporan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada teman-teman atas dukungan moral, semangat, motivasi demi keberhasilan terselesaikannya laporan skripsi ini.

Tak ada yang sempurna didunia, begitupun dengan skripsi ini. Segala yang telah dilakukan dalam proses penyelesaiannya, namun kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sehingga karya ini dapat lebih bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Semarang, Mei 2010

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Summary	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Grafik	x
BAB I. Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.1 Rumusan Masalah	2
I.1 Tujuan Penelitian	3
BAB II. Tinjauan Pustaka	3
II.1 Rayap	3
II.2 Limbah Kulit Udang	11
II.3 Chitin	11
II.4 Chitosan	14
II.5 Termitisida	17
BAB III. Metode Penelitian	19
III.1 Rancangan Percobaan	19
III.2 Bahan dan Alat yang Digunakan	19
III.3 Metode Penelitian	20
III.4 Respon/ Pengamatan	20

III.4 Prosedur/ Langkah Percobaan	20
BAB IV. Hasil Percobaan dan Pembahasan.....	26
IV.1 Pengaruh Persentase Mortalitas Rayap dan Kehilangan Berat Umpan Kayu	26
IV.3 Kondisi Operasi Optimum.....	27
IV.3 Gejala Serangan Chitosan Terhadap <i>Macrotermes Gilvus</i> Hagen	20
BAB V. Penutup	29
V.1 Kesimpulan	29
V.2 Saran	29
Daftar Pustaka.....	xi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persentase Chitin pada binatang	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Chitin.....	13
Tabel 2.3 Standar Chitosan.....	15
Tabel 2.4 Solvent yang digunakan untuk melarutkan Chitosan	16
Tabel 4.1 Hasil run biotermitisida untuk pH 5	24
Tabel 4.2 Hasil run biotermitisida untuk pH 6	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur Chitin.....	13
Gambar 2 Struktur Selulosa	13
Gambar 3 Struktur Chitosan	15
Gambar 4 Reaksi pembentukan Chitosan dari Chitin.....	17
Gambar 5a Chitosan dengan konsentrasi 5%	29
Gambar 5b Asam Asetat dengan konsentrasi 2%	29
Gambar 5c pH dengan rangnya-6	29
Gambar 6 Rayap yang mati (hasil pengamatan)	30

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 %Mortalitas Rayap dan %Kehilangan Berat Umpan pada pH 5	6
Grafik 4.2 %Mortalitas Rayap dan %Kehilangan Berat Umpan pada pH 6.....	10
Grafik 4.3 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap %Kehilangan Berat Umpan	12
Grafik 4.4 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap %Mortalitas Rayap.....	16
Grafik 4.5 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada pH 5 dan 6.....	24
Grafik 4.6 Konsentrasi Chitosan Vs Mortalitas pada pH 5 dan 6	24
Grafik 4.7 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada Konsentrasi Asam Asetat 1 – 3%	26
Grafik 4.8 Konsentrasi Chitosan Vs Mortalitas pada Konsentrasi Asam Asetat 1% dan 2 %	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Rayap merupakan serangga yang sudah akrab dengan kehidupan manusia. Namun, rayap selalu diidentikan sebagai hama perusak bangunan, perumahan, arsip, buku, tanaman, dan sebagainya. Padahal, pada awalnya rayap merupakan serangga yang berperan sebagai pembersih sampah alam. Saat ini, rayap perusak termasuk serangga yang sangat meresahkan masyarakat karena tingkat serangannya sangat cepat, ganas, dan menimbulkan kerusakan yang cukup parah (Nandika, 2003). Hal ini akibat habitat rayap yang terganggu oleh pembangunan yang dilakukan oleh manusia. Untuk menjaga kelangsungan hidupnya mereka mulai masuk ke pemukiman manusia guna mencari sumber makan. Di Indonesia, kerugian akibat serangan rayap perusak bisa mencapai 224-238 milyar rupiah per tahun (Tarumingkeng).

Pihak yang merasakan akan dampak serangan rayap adalah para pengguna bangunan, terutama arsitek sebagai perancang bangunan dan pengembang perumahan atau bangunan. Umur rumah biasanya \pm 5-10 tahun, namun karena adanya rayap membuat umurnya menjadi kurang dari 5 tahun. Ini merupakan sebuah waktu yang sangat cepat untuk skala keawetan sebuah bangunan dan ini membuat resah pihak arsitek dan pengembang juga penghuni tentunya.

Pencegahan dan penanggulangan dari serangan rayap dalam beberapa tahun ini menggunakan termitisida konvensional yang terbuat dari bahan kimia. Pencegahan lain biasanya menggunakan sistem pemilihan kayu anti rayap, memasang penghalang fisik, dan sebagainya. Kemudian pengendalian yang biasanya dilakukan dengan cara pengendalian serangan rayap perusak tanaman (penyemprotan, injeksi, teknik budidaya, sanitasi dan pengendalian secara mekanik, menggunakan termisida), pengendalian serangan rayap perusak dokumen (fogging, fumigasi), pengendalian serangan rayap perusak pada bangunan (soil treatment, perlakuan pada pondasi bangunan, fumigasi, mengganti atau membakar kayu yang sudah rusak parah akibat rayap) dan yang terakhir adalah dengan pengendalian terpadu ramah lingkungan (pengumpanan atau bait technology, dust toxicant dan soil treatment) (Hasan, 1984).

Kesemua cara pengendalian dan pencegahan tadi, termitisida yang dirasa efektif untuk mengendalikan rayap, namun sebagian besar termitisida yang digunakan untuk mengendalikan serangan rayap selama ini sangat beracun dan relatif tidak ramah lingkungan. Hal inilah yang mendorong untuk mencari cara mengendalikan serangan rayap perusak yang ramah lingkungan. Jika termitisida digunakan terus untuk mengendalikan rayap, bahan aktifnya yang beracun tersebut akan terakumulasi di alam dan sangat membahayakan kelangkaan hidup manusia dan ekosistem (Hasan, 1984).

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan rayap perusak adalah chitosan (Pearce, 1997). Chitosan dapat dibuat dari senyawa chitin yang banyak terkandung di cangkang binatang, diantaranya pada cangkang udang atau hewan laut lainnya (Santoso, 1990). Udang merupakan salah satu andalan komoditi perikanan Indonesia yang diekspor ke luar negeri dalam bentuk tanpa kepala atau tanpa kepala dan kulit (dikupas). Limbah yang berasal dari pembekuan udang bervariasi tapi umumnya berkisar 30-75% dari berat udang tergantung bentuk olahannya, dengan komposisi 27,6% mineral, 34,9% protein, dan 18,1% chitin (Suhardi, 1992). Chitosan merupakan jenis polisakarida yang bersifat mudah terdegradasi secara alami atau secara biologis. Chitosan tidak beracun bagi manusia, tetapi beracun untuk rayap dan jamur tertentu serta molekulnya stabil (Sulaeman, 2005). Oleh karena itu perlu diupayakan untuk pembuatan bio-termisida yang dapat digunakan untuk mengatasi serangan rayap, dengan keekonomisannya, keefektifan dan keramahan terhadap lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Rayap merupakan serangga yang sudah akrab dengan kehidupan manusia. Namun, rayap selalu diidentikan sebagai hama perusak bangunan, perumahan, arsip, buku, tanaman dan sebagainya. Padahal, pada awalnya rayap merupakan serangga yang berperan sebagai pembersih sampah alam. Namun, setelah terganggunya habitat rayap, untuk menjaga kelangsungan hidupnya mereka mulai masuk pemukiman manusia guna mencari sumber makanan (Nandika, 2003). Banyak cara yang dilakukan manusia untuk mencegah serangan rayap, akan tetapi dari kesemua cara yang paling efektif adalah penggunaan termitisida. Akan tetapi termitisida memiliki kelemahan yaitu sangat beracun dan relatif tidak ramah lingkungan karena terbuat dari bahan kimia. Disisi lain, cangkang kulit udang merupakan limbah pengolahan udang yang tidak dimanfaatkan secara maksimal. Selama ini limbah kulit udang hanya dimanfaatkan sebagai tepung dan campuran makanan ternak. Limbah kulit udang ini dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan chitosan karena mengandung chitin

sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan chitosan (Suptijah, 1992). Chitosan dapat dikembangkan sebagai bio-termitisida yang lebih sehat, ekonomis dan ramah lingkungan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi.

1.3 Tujuan Penelitian

Memperoleh chitosan yang memiliki nilai ekonomis tinggi dari proses deasetilasi dengan kondisi operasi yang optimum hingga di dapat produk bio-termitisida yang berkadar tinggi. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui proses pembuatan bio-termitisida dari limbah kulit udang.
2. Menentukan kondisi optimum pembuatan chitosan.
3. Mengetahui pengaruh derajat deasetilasi (DD) chitosan terhadap bio-termitisida.
4. Mengetahui pengaruh pH dan konsentrasi chitosan terhadap pembuatan bio-termitisida.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rayap

2.1.1 Tentang Rayap

Rayap merupakan serangga kecil berwarna putih pemakan selulosa yang sangat berbahaya bagi bangunan yang di bangun dengan bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti kayu dan produk turunan kayu (papan partikel, papan serat, *polywood*, *blockboard*, dan *laminated board*).

Dalam konsep perlindungan bangunan bahwa perencanaan dalam mendirikan suatu bangunan harus dapat bertahan dan berfungsi sebagaimana mestinya dalam jangka waktu yang relatif lama. Usaha dalam mempertahankan bangunan untuk dapat bertahan lama dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Faktor-faktor penyebab kerusakan bangunan perlu diketahui sebelum melakukan usaha proteksi bangunan maupun usaha dalam rangka membasmi faktor perusak tersebut. Salah satu langkah yang diambil adalah mengidentifikasi rayap. Dengan diidentifikasi, maka akan dengan mudah perlakuan pembasmian dan proteksi akan lebih mudah dan efektif disesuaikan dengan jenis rayap.

Rayap termasuk ke dalam ordo isoptera, mempunyai 7 (tujuh) famili termitidae yang merupakan kelompok rayap tinggi. Rayap merupakan serangga pemakan kayu (*Xylophagus*) atau bahan-bahan yang mengandung selulosa (Nandika, 2003). Rayap juga hidup berkoloni dan mempunyai sistem kasta dalam kehidupannya. Kasta dalam rayap terdiri dari 3 kasta yaitu :

1. *Kasta prajurit*, kasta ini mempunyai ciri-ciri kepala yang besar dan penebalan yang nyata dengan peranan dalam koloni sebagai pelindung koloni terhadap gangguan dari luar. Kasta ini mempunyai *mandible* yang sangat besar yang digunakan sebagai senjata dalam mempertahankan koloni.
2. *Kasta pekerja*, kasta ini mempunyai warna tubuh yang pucat dengan sedikit kutikula dan menyerupai nimfa. Kasta pekerja tidak kurang dari 80-90 % populasi dalam koloni. Peranan kasta ini adalah bekerja sebagai pencari makan, memberikan makan ratu rayap, membuat sarang dan memindahkan makanan saat sarang terancam serat melindungi dan memelihara ratu.

3. *Kasta reproduktif*, merupakan individu-individu seksual yang terdiri dari betina yang bertugas bertelur dan jantan yang bertugas membuahi betina. Ukuran tubuh ratu mencapai 5-9 cm atau lebih.

Selain mempunyai kasta dalam koloninya rayap juga mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda dibanding dengan serangga lainnya. Menurut Nandika (2003) dan Tambunan et al (1989) sifat rayap terdiri dari :

1. *Cryptobiotik*, sifat rayap yang tidak tahan terhadap cahaya.
2. *Thropalaxis*, perilaku rayap yang saling menjilati dan tukar menukar makanan antar sesama individu.
3. *Kanibalistik*, perilaku rayap untuk memakan individu lain yang sakit atau lemas.
4. *Neurophagy*, perilaku rayap yang memakan bangkai individu lainnya.

2.1.2 Faktor Pendukung Pertumbuhan Rayap

Menurut Nandika (2003), beberapa faktor pendukung perkembangan rayap meliputi:

1. Tipe tanah

Tanah bagi rayap berguna sebagai tempat hidup dan dapat mengisolasi rayap dari suhu serta kelembaban yang sangat ekstrim. Rayap hidup pada tipe tanah tertentu, namun secara umum rayap tanah lebih menyukai tipe tanah yang banyak mengandung liat. Serangga ini tidak menyukai tanah berpasir karena tipe tanah ini memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Hanya beberapa jenis rayap yang hidup di daerah padang pasir diantaranya adalah *Amitermes* dan *Psammotermes*. Rayap lainnya seperti *Trinervitermes* hidup pada tanah pasir yang terbuka dan memiliki sifat semi kering dan basah. Pada areal berpasir, rayap dapat meningkatkan infiltrasi air dan mengembalikannya ke bagian atas tanah.

2. Tipe vegetasi

Sarang rayap *Anoplotermes pacificus* yang terdapat di dalam tanah dapat dilubangi oleh akar-akar tanaman. Akar-akar tanaman tersebut dimakan oleh rayap, tetapi tidak menyebabkan tanaman tersebut mati karena sebagian besar akar yang tidak dimakan oleh rayap dapat menyerap bahan-bahan organik yang terdapat didalam sarang rayap. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara rayap dan tumbuhan yang sama-sama menggunakan tanah sebagai tempat hidupnya.

3. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan populasi rayap meliputi curah hujan, suhu, kelembaban, ketersediaan makanan, dan musuh alami. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain. Kelembaban dan suhu

merupakan faktor yang secara bersama-sama mempengaruhi aktivitas rayap. Perubahan kondisi lingkungan menyebabkan perubahan perkembangan, aktivitas dan perilaku rayap.

a. Curah hujan

Curah hujan merupakan pemicu perkembangan eksternal dan berguna untuk merangsang keluarnya kasta reproduksi dari sarang. Laron tidak keluar jika curah hujan rendah. Curah hujan yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan aktivitas rayap. Curah hujan umumnya memberikan pengaruh fisik secara langsung pada kehidupan koloni rayap, khususnya yang membangun sarang didalam atau dipermukaan tanah. Namun, pada koloni *Neotermes tectonae* pengaruh curah hujan secara langsung sedikit, mengingat rayap ini bersarang didalam kayu yang melindunginya dari terpaan curah hujan. Curah hujan memberikan pengaruh tidak langsung melalui perubahan kelembaban dan kadar air kayu.

b. Kelembaban

Perubahan kelembaban sangat mempengaruhi aktivitas jelajah rayap. Pada kelembaban yang rendah, rayap bergerak menuju daerah dengan suhu yang lebih rendah. Namun demikian, rayap memiliki kemampuan untuk menjaga kelembaban didalam liang-liang kembaranya sehingga tetap memungkinkan rayap bergerak kedaerah yang lebih kering. Jika permukaan air tanahrendah, serangga ini hanya sedikit dipengaruhi oleh perubahan iklim termasuk kelembaban.

Rayap tanah seperti *Coptotermes*, *Macrotermes* dan *Odontotermes* memerlukan kelembaban yang tinggi. Perkembangan optimumnya dicapai pada kisaran kelembaban 75-90%. Sebaliknya pada rayap kayu kering *Cryptotermes* tidak memerlukan air atau kelembaban yang tinggi.

c. Suhu

Suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi kehidupan serangga, baik terhadap perkembangan maupun aktivitasnya. Pengaruh suhu terhadap serangga terbagi menjadi beberapa kisaran. *Pertama*, suhu maksimum dan minimum yaitu kisaran suhu terendah atau tertinggi yang dapat menyebabkan kematian pada serangga; *kedua* adalah suhu estivasi atau hibernasi yaitu kisaran suhu diatas atau dibawah suhu optimum yang dapat mengakibatkan serangga mengurangi aktivitasnya atau dorman; dan *ketiga* adalah kisaran suhu optimum. Pada sebagian besar serangga kisaran suhu optimumnya adalah 15-38⁰C.

Rayap yang berbeda genera atau berbeda jenis dari genera yang sama dapat memiliki toleransi suhu yang berbeda. Rayap *Coptotermes formosanus* memiliki toleransi suhu yang lebih tinggi dibandingkan rayap *Reticulitermes flavipes*. Berdasarkan sebaran rayap

Neotermes tectonae di hutan jati yang berada di Pulau Jawa (ketinggian 0-700 mdpl) diduga rayap jenis ini memiliki kisaran suhu optimum 22-26°C.

Menurut Kalsoven (1930) dalam Nandika (2003), kisaran suhu pada musim penerbangan sangat mempengaruhi keluarnya laron *N. tectonae*. Pendapat ini dikemukakan berdasarkan kenyataan bahwa laron *N. tectonae* tidak akan keluar bila turun hujan pada malam hari sebelum masa penerbangan, besar kemungkinan karena pengaruh suhu yang rendah pada saat hujan turun.

Suhu dan kelembaban juga mempengaruhi kondisi vegetasi yang pada gilirannya mempengaruhi rayap disekitarnya. Di tempat terbuka dimana sinar matahari langsung menembus permukaan tanah pada tengah hari hingga awal sore hari ketika suhu berada pada puncaknya, rayap sering berada di bawah tanah atau berada didalam sarang. Namun mereka tetap dapat berada di permukaan tanah bila terdapat naungan yang besar yang menciptakan suhu optimum (*thermal shadow*). Sementara itu di daerah semi gurun dengan penutupan vegetasi yang rendah, rayap *Psammotermes* sering ditemukan di bawah batu atau naungan. Naungan dengan dimensi yang besar paling menarik bagi rayap tersebut karena dapat menciptakan suhu dan kelembaban yang lebih baik.

Jenis tanaman penutup tanah juga mempengaruhi suhu tanah. Lapangan dengan tanaman sereal memberikan sedikit perlindungan dari pada jenis tanaman lain atau semak. Pada daerah pasir suhu permukaan dapat menjadi lebih tinggi dan perlindungan vegetasi merupakan hal penting.

Mekanisme pengaturan suhu pada sarang rayap dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: (1) Dengan cara isolasi, yaitu membangun sarang yang tebal, gudang makanan dan ruangan lain disekitar sarang. Dengan isolasi ini suhu sarang menjadi terkontrol dan transfer panas dari luar ke dalam sarang diperlambat. (2) Pengaturan suhu dengan cara mengatur arsitektur sarang (termoregulasi). Dengan adanya termoregulasi suhu antar ruangan sarang dapat berbeda-beda dan mampu dikendalikan oleh rayap. (3) Dengan mempertahankan kandungan air tanah penyusun sarang. Pada jenis rayap pembuat kebun, metabolisme makanan yang dikumpulkan dari kebun jamur (*fungus-comb*) mampu menghasilkan karbondioksida, panas dan air. Panas yang dihasilkan dapat memelihara suhu sarang sehingga suhu dapat dipertahankan pada kisaran optimum yaitu 29-32°C.

2.1.3 Rayap Perusak Bangunan

Menurut Nandika (2003), rayap merusak bangunan tanpa mempedulikan kepentingan manusia. Rayap mampu merusak bangunan gedung, bahkan juga menyerang dan merusak

mebeler di dalamnya, buku-buku, kabel listrik dan telepon, serta barang-barang yang disimpan. Nandika (2003) menambahkan bahwa rayap untuk mencapai sasaran dapat menembus tembok yang tebalnya beberapa senti meter (cm), menghancurkan plastik, kabel penghalang fisik lainnya. Apapun bentuk konstruksi bangunan gedung (*slab*, *basement*, atau *cawal space*) rayap dapat menembus lubang terbuka atau celah pada slab, disekitar celah kayu atau pipa ledeng, celah antara pondasi dan tembok maupun pada atap kuda-kuda.

Survei penyebaran jenis rayap di kota-kota besar seperti Jakarta dan kota besar lainnya ditemukan jenis rayap tidak kurang dari 8 sampai 15 jenis rayap (Nandika, 2003). Beberapa jenis rayap yang ditemukan di Jakarta antara lain *Microtermes inspiratus*, *M. incertoides*, *Macratermes gilvus*, *Odontermes javanicus*, *Coptotermes curvignathus*, *C. haviland*, dan *C. kalshoveni*. Di Surabaya ditemukan sekurang-kurangnya 9 jenis rayap diantaranya adalah *Coptotermes sp*, *M gilvus*, *M. inspiritus*, *O. makasarensis*, *O. javanicus*, *O. grandiceps*, *Hypotermes sp*, *S. javanicus*, dan *N. matangensis*. Di Bandung yang ditemukan adalah *C. cynocephalus*, *C. dudleyi*, *M. gilvus*, *M. inspiratus*, *Capruterme mohri*, dan *O. sundaicus* (Nandika, 2003).

2.1.4 Cara Penanggulangan Rayap

Untuk mencegah atau mengurangi akibat kerusakan rayap telah tersedia suatu cara pengendalian yang efektif. Pada prinsipnya proses pengendalian rayap pada bangunan gedung dan rumah adalah dengan perlakuan tanah (*soil treatment*) dan menggunakan kayu dengan keawetan tinggi atau kayu yang telah diawetkan (*wood treatment*). Ada dua metode perlakuan rayap yang ditentukan menurut saat aplikasi dilakukan yaitu metode pra perlakuan/pra konstruksi (*pre-treatment*) yang mengacu pada SNI-03-2404-1991 dan pasca perlakuan/pasca konstruksi (*post-treatment*) yang mengacu pada SNI-03-2405-1991. Metode *pre-treatment* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu perlakuan khemis dan perlakuan khemis-mekanis (khemek).

1. Perlakuan khemis diterapkan pada pondasi bangunan yang tidak dilengkapi dengan *sloof* beton bertulang. Tahapan pelaksanaannya sebagai berikut:
 - a. Setelah parit pondasi selesai digali, dasar parit disemprot larutan termitisida dengan dosis 5 liter permeter panjang pondasi.
 - b. Setelah pondasi tersusun dan pengurugan mencapai setengahnya, dilakukan penyemprotan pada tanah urugan (*back fill*) dikedua sisi pondasi. Jumlah larutan semprot pada masing-masing sisi sebesar 5 liter larutan termitisida per 30 cm kedalaman pondasi dengan lebar 20 cm.

- c. Setelah pengurugan tanah selesai, dilakukan penyemprotan pada kedua sisi pondasi dengan jumlah larutan semprot 5 liter per meter panjang pondasi.
 - d. Penyemprotan permukaan tanah yang akan tertutup lantai. Penyemprotan ini merupakan tahap akhir yaitu setelah penyemprotan disekitar pondasi selesai dilaksanakan. Dosis penyemprotan permukaan tanah yang akan tertutup lantai adalah 5 liter per meter persegi. Setelah semuanya selesai, maka tanah disekitar pondasi serta dibawah lantai menjadi beracun sehingga rayap tidak lagi dapat menembusnya (termitisida berperan sebagai rintangan khemis atau *chemical barrier*)
2. Perlakuan khemis-mekanis diterapkan pada pondasi bangunan yang dilengkapi dengan *sloof* beton bertulang. Tahapan pelaksanaannya sebagai berikut:
- a. Setelah parit pondasi diurug, kedua sisinya diinjeksi larutan termitisida dengan dosis 5 liter per meter panjang pondasi setiap sisinya dengan kedalaman 30 cm.
 - b. *Sloof* dan dinding pondasi serta tempat-tempat rentan rayap disemprot larutan termitisida dengan dosis 4-7,5 liter per meter persegi permukaan tergantung kebutuhan.
 - c. Penyemprotan tanah yang akan tertutup lantai dilakukan setelah penyemprotan disekeliling pondasi dan persiapan tanah untuk pemasanganb lantai sudah selesai dilaksanakan. Setelah semua proses selesai ,maka tanah disekitar pondasi serta dibawah lantai menjadi beracun sehingga rayap tanah tidak lagi dapat menembusnya. Metode *post-treatment* merupakan metode pengendalian (tindakan kuratif) untuk menghilangkan dan melindungi bangunan yang telah terserang rayap. Pemilihan tindakan pengendalian memerlukan pemahaman yang baik terhadap karakteristik rayap yang menyerang bangunan, kondisi lingkungan maupun kondisi bangunan yang terserang itu sendiri. Metode *pos treatment* ini meliputi:
 - 1) Perlakuan tanah pasca konstruksi

Perlakuan tanah dengan injeksi termitisida pada bangunan yang telah terserang rayap merupakan teknologi yang banyak dipakai sekarang ini. Termitisida digunakan untuk mengisolasi bangunan dari koloni rayap yang berada dibawah bangunan sehingga rayap yang telah menginfestasi bangunan akan terputus dengan sarangnya. Perlakuan tanah pasca konstruksi dilakukan dengan menggunakan penyemprot bertekanan tinggi (*power sprayer*) yang berfungsi untuk memasukkan termitisida ke permukaan tanah dibawah lantai bangunan sehingga termitisida dapat menyebar secara merata. Sebelum tindakan tersebut, terlebih dahulu permukaan lantai sepanjang pondasi dibor dengan jarak sekitar 30-40cm sehingga terbentuk lubang yang

berhubungan dengan tanah sebagai tempat dimana penyemprotan dilakukan. Sementara itu, kayu yang terserang jika masih layak dipakai dapat dilubangi dan diberi perlakuan termitisida dengan teknik injeksi atau penyemprotan.

2) Penekanan populasi (pengumpanan)

Cara pengendalian dengan metode ini diperkirakan akan menjadi metode andalan dalam pengendalian rayap dimasa depan. Dalam metode pengumpanan, insektisida yang digunakan dikemas dalam bentuk yang disenagi rayap sehingga menarik untuk dimakan. Prinsip teknologi ini adalah memanfaatkan sifat *tropalaksis* rayap, dimana racun yang dimakan disebar ke dalam koloni oleh rayap pekerja. Untuk itu racun yang digunakan harus bekerja secara lambat (*slow action*) sehingga rayap pekerja yang memakan umpan tadi masih sempat kembali ke sarangnya dan menyebarkan racun kepada anggota koloni lainnya. Keandalan teknologi ini telah dievaluasi di Florida, Amerika Serikat pada rayap jenis *R. flavipes* Kollar dan *C. formosanus* Shiraki. Dengan 4-1500 mg bahan umpan, populasi rayap tanah dapat dikurangi sebesar 90-100% dari satu koloni rayap yang berjumlah 0,17-2,8 juta ekor. Keberhasilan penggunaan umpan tergantung pada tingkah laku dari aktivitas jelajah rayap, jenis umpan yang digunakan (bentuk, ukuran dan kandungan bahan aktif), daya tarik umpan serta penempatan umpan dilapangan/lokasi. Berdasarkan sifatnya, teknik ini memiliki beberapa keuntungan dibandingkan teknik pengendalian yang lain, diantaranya lebih ramah lingkungan karena bahan kimia yang digunakan tidak mencemari tanah, memiliki sasaran yang spesifik (rayap), mudah dalam penggunaannya dan mempunyai kemampuan mengeliminasi koloni secara total.

3) Pengendalian hayati

Pengendalian hayati cukup potensial untuk menekan populasi rayap. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan potensi *nemathoda* sebagai agen pengendalian hayati. *Nemathoda* mampu ditularkan dari satu individu rayap ke individu yang lain setelah penularan oleh satu individu *nemathoda* dewasa. Namun demikian, masalah utama penggunaan *nemathoda* untuk pengendalian adalah dalam mentransfer rayap sehingga berhubungan secara langsung dengan *nemathoda* dan daya tahan *nemathoda* tersebut yang memerlukan air bebas. Rayap yang terinfeksi oleh *nemathoda* cenderung diisolasi dari koloninya oleh rayap pekerja lainnya sehingga menghambat infeksi *nemathoda* lebih lanjut.

2.2 Limbah Kulit Udang

Sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut yang luas, Indonesia mempunyai potensi besar untuk produksi udang. Diperkirakan produksi udang per tahun mencapai 130 ribu ton untuk sumber air laut, dan 82 ribu untuk sumber air payau, atau total sebesar 212 ribu ton (Santoso, 1990).

Udang merupakan salah satu andalan komoditi perikanan Indonesia yang diekspor ke luar negeri dalam bentuk tanpa kepala atau tanpa kepala dan kulit (dikupas). Dari aktivitas pengambilan daging udang oleh industri pengolahan/pembudidayaan udang dihasilkan limbah kulit udang oleh (cangkang) cukup banyak yang jumlahnya dapat mencapai sekitar 30-40 % dari berat udang, tergantung bentuk olahannya (Soegiarto, Toro, Soegiarto, 1979).

Secara umum, cangkang kulit udang mengandung 27,6% mineral, 34,9% protein, 18,1% chitin, dan komponen lain seperti zat terlarut. Lemak dan protein tercerna sebesar 19,4% (Suhardi, 1992).

Selama ini, limbah kulit udang hanya dimanfaatkan sebagai tepung dan campuran pakan ternak, tetapi pemanfaatan ini belum dapat mengatasi limbah kulit udang secara maksimal. Dengan melihat komposisi dalam cangkang kulit udang diatas, maka limbah kulit udang dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi, salah satunya dengan chitosan.

2.3 Chitin

2.3.1 Pengertian Chitin

Chitin berasal dari bahasa Yunani *chitin*, yang berarti kulit kuku. Yang merupakan komponen utama dari eksoskeleton invertebrata, crustacea, insekta, dan juga dinding sel dari fungsi dan yeast dimana komponen ini berfungsi sebagai komponen penyokong dan pelindung. Senyawa chitin adalah suatu polimer golongan polisakarida yang tersusun atas satuan-satuan beta $-(1\rightarrow4)2$ -asetamido-2-deoksi-D-glukosa, yang secara formalnya dapat dipertimbangkan sebagai suatu senyawa turunan selulosa yang gugus hidroksil pada atom C-2 digantikan oleh gugus asetamido (Suhardi, 1992). Nama lain senyawa chitin adalah 2-asetamida-2-deoksi-D-glukopiranososa.

2.3.2 Sumber-Sumber Chitin

Chitin merupakan salah satu tiga besar dari polisakarida yang paling banyak di temukan selain selulosa dan *starch* (zat tepung). Chitin menduduki peringkat kedua setelah selulosa sebagai komponen organik paling banyak di alam. Selulosa dan starch merupakan zat penting bagi tumbuhan untuk membentuk makanannya (zat karbohidrat) dan

pembentukan dinding sel. Chitin banyak ditemukan secara alamiah pada kulit jenis crustacea, antara lain kepiting, udang, lobster. Chitin juga banyak di temukan di dalam rangka luar marine zoo-plankton termasuk jenis coral dan jellyfish. Jenis serangga yaitu kupu-kupu, kumbang mempunyai zat chitin terutama pada lapisan kutikula luar. Pada dinding sel yeast, mushroom, dan jenis jamur lainnya banyak ditemukan chitin.

Chitin merupakan polimer alamiah yang dapat di temukan di alam berbeda-beda tergantung pada sumbernya. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 2.1

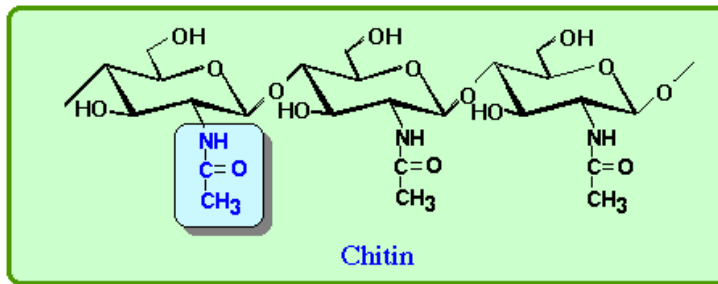
Tabel 2.1 Persentase Chitin pada Binatang

Sumber	% Chitin
Fungi (jamur)	5-20%
Worms(cacing)	3-20%
Squigs/octopus (gurita)	30%
Spiders (laba-laba)	38%
Scorpions (kalajengking)	38%
Cockroaches (kecoa)	35%
Water beetle (kumbang air)	37%
Silk worm	44%
Hermit crab	69%
Kepiting	71%
Udang	20-30%

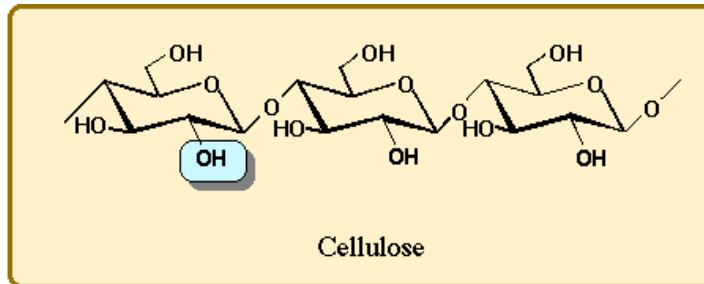
Sumber : Muzzarelli (1985)

2.3.3 Sifat Fisis Chitin

Secara umum chitin $(C_8H_{13}O_5N)_n$ mempunyai bentuk fisis berupa kristal berwarna putih hingga kuning muda, tidak berasa tidak berbau dan memiliki berat molekul yang besar dengan nama kimia Poly N-acetyl-D-glucosamine (atau beta (1-4) 2-acetamido-2-deoxy-D-glucose). Struktur chitin dan sellulosa dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Struktur Chitin



Gambar 2. Struktur Sellulosa

Dari gambar diatas secara struktural terdapat perbedaan antara chitin dengan sellulosa dilihat dari gugusnya dimana chitin termasuk kedalam heteropolimer dan sellulosa termasuk homopolimer. Chitin merupakan polimer alamiah (biopolymer) dengan rantai molekul yang sangat panjang dengan rumus molekul dari chitin yaitu $[C_8H_{13}O_5N]_n$. Dari rumus molekul tersebut maka berat molekulnya $[203,19]n$. Penelitian lebih lanjut ditemukan bahwa zat chitin dari crustacea mempunyai bentuk sel rhombik dengan dimensi $a = 9,40 \text{ \AA}$; $b=10,46 \text{ \AA}$; $c=19,25$. Tiap sel terdiri dari 8 unit *acetylglucosamine*, dimana gugus acetylaminonnya saling berganti-ganti dari unit satu ke unit berikutnya. Karena chitin mempunyai molekul dengan berat yang besar dan sangat panjang maka tidak dapat diukur dengan pasti. Spesifikasi chitin secara umum dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Chitin

Spesifikasi	Keterangan
Kadar air	2-10% pada keadaan normal
Nitrogen	6-7%
Drajat deasetilasi	Umumnya 10%
Abu pada suhu 900 °C	umumnya , 10%
Konstanta disosiasi K1	6 - 7%
Asam amino	Glisin,serin dan asam aspartat

Karotenoid	Tidak selalu ada
------------	------------------

Sumber : Muzarelli (1985)

2.3.4 Sifat Kimia Chitin

Chitin adalah senyawa yang stabil terhadap reaksi kimia, rendahnya reaktivitas kimia, tidak beracun (non toxic) dan bersifat biodegradable. Chitin tidak larut dalam air (bersifat hidrofobik), alkohol serta tidak larut dalam asam maupun alkali encer. Chitin dapat larut dengan proses degradasi menggunakan asam-asam mineral pekat pada asam formiat anhidrous, namun tidak jelas apakah semua jenis chitin dapat larut dalam asam formiat anhidrous (Lee, 1974). Mudah tidaknya chitin terlarut sangat tergantung pada derajat kristalisasi, karena hanya β -chitin yang terlarut dalam asam formiat anhidrous. Sifat kelarutan, derajat berat molekul, kelengkapan gugus asetil berbeda-beda menurut sumber bahan dan metode yang diterapkan (Austin dkk, 1981).

2.4 Chitosan

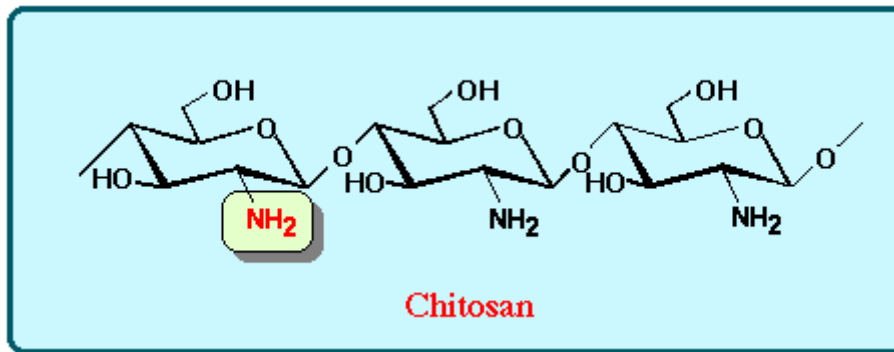
2.4.1 Chitosan Secara Umum

Chitosan dihasilkan dari chitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan chitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Perbedaan antara chitin dan chitosan adalah pada setiap cincin molekul chitin terdapat gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{-CO}$) pada atom karbon kedua, sedangkan pada chitosan terdapat gugus amina ($-\text{NH}$). Chitosan dapat dihasilkan dari chitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan dengan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu tinggi.

Chitosan adalah biopolimer yang mempunyai keunikan yaitu dalam larutan asam, chitosan memiliki karakteristik kation dan bermuatan positif, sedangkan dalam larutan alkali, chitosan akan mengendap.

2.4.2 Sifat Fisis Chitosan

Chitosan merupakan kopolimer D-glucosamine dan N-acetyl-D-glucosamine dengan ikatan β -(164), yang diperoleh dari alkali atau deacetylation enzimatis dari polisakarida chitin. Chitosan mempunyai nama kimia *Poly d-glucosamine (beta (1-4) 2-amino-2-deoxy-D-glucose)*, dengan gambar sebagai berikut :



Gambar 3. Struktur Chitosan

Chitosan dapat diperoleh dengan berbagai macam bentuk morfologi diantaranya struktur yang tidak teratur, bentuknya kristaline atau semikristaline. Selain itu dapat juga berbentuk padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal chitin murni. Chitin memiliki sifat biologi dan mekanik yang tinggi diantaranya adalah biorenewable, biodegradable, dan biofungsional. Chitosan mempunyai rantai yang lebih pendek daripada rantai chitin. Kelarutan chitosan dalam larutan asam serta viskositas larutannya tergantung dari derajat deasetilasi dan derajat degradasi polimer. Terdapat dua metode untuk memperoleh chitin, chitosan dan oligomernya dengan berbagai DD, polimerisasi, dan berat molekulnya (M_w) yaitu dengan kimia dan enzimatis.

Suatu molekul dikatakan chitin bila mempunyai derajat deasetilasi (DD) sampai 10% dan kandungan nitrogennya kurang dari 7%. Dan dikatakan chitosan bila nitrogen yang terkandung pada molekulnya lebih besar dari 7% berat (Muzzarelli, 1985) dan DD lebih dari 70% (Li et al., 1992)

Chitosan kering tidak mempunyai titik lebur. Bila disimpan dalam jangka waktu yang relatif lama pada suhu sekitar 100 oF maka sifat keseluruhannya dan viskositasnya akan berubah. Bila chitosan disimpan lama dalam keadaan terbuka maka akan terjadi dekomposisi warna menjadi kekuningan dan viskositasnya berkurang. Suatu produk dapat dikatakan chitosan jika memenuhi beberapa standar seperti tertera pada Table 4.

Table 2.3 Standard Chitosan

Deasetilasi	$\geq 70\%$ jenis teknis dan $> 95\%$ jenis farmasikal
Kadar abu	Umumnya $< 1\%$
Kadar air	2 – 10 %
Kelarutan	Hanya pada $\text{pH} \leq 6$

Kadar nitrogen	7 - 8,4 %
Warna	Putih sampai kuning pucat
Ukuran partikel	5 ASTM Mesh
Viscositas	309 cps
E.Coli	Negatif
Salmonella	Negatif

Sumber : Muzzarelli (1985) dan Austin (1988)

2.4.3 Sifat Fisis Kimia Chitosan

Chitosan banyak digunakan pada berbagai aplikasi sebagai bidang, hal tersebut dikarenakan adanya gugus amino pada posisi C₂ dan juga karena gugus hidroksil primer dan sekunder pada posisi C₃ dan C₆. Chitosan adalah turunan yang paling sederhana dari chitin. Tidak seperti polisakarida kehadiran gugus amino bermuatan positif yang terdapat sepanjang ikatan pilernya menyebabkan molekul dapat mengikat muatan negatif permukaan melalui ikatan ionik atau hydrogen (Muzzarelli, 1973; Rha, 1984; Shahidi, 1995), sehingga chitosan memiliki sifat kimia linier polyamine (poly D-glucosamine), gugus amino yang reaktif, gugus hidroksi yang reaktif.

Chitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viscositas cukup tinggi ketika dilarutkan, sebagian besar reaksi karakteristik chitosan merupakan reaksi karakteristik chitin. Adapun berbagai solvent yang digunakan umumnya tidak beracun untuk aplikasi dalam bidang makanan seperti tertera pada Table 5.

Tabel 2.4 Solvent yang Digunakan untuk Melarutkan Chitosan

Senyawa	Solvent
Chitosan	Asam format/air ; asam asetat/air ; asam laktat/air ; asam glutamate/air

Larutan chitosan memiliki sifat-sifat yang spesifik dimana terdapat dua jenis gugus asam amino, yaitu :

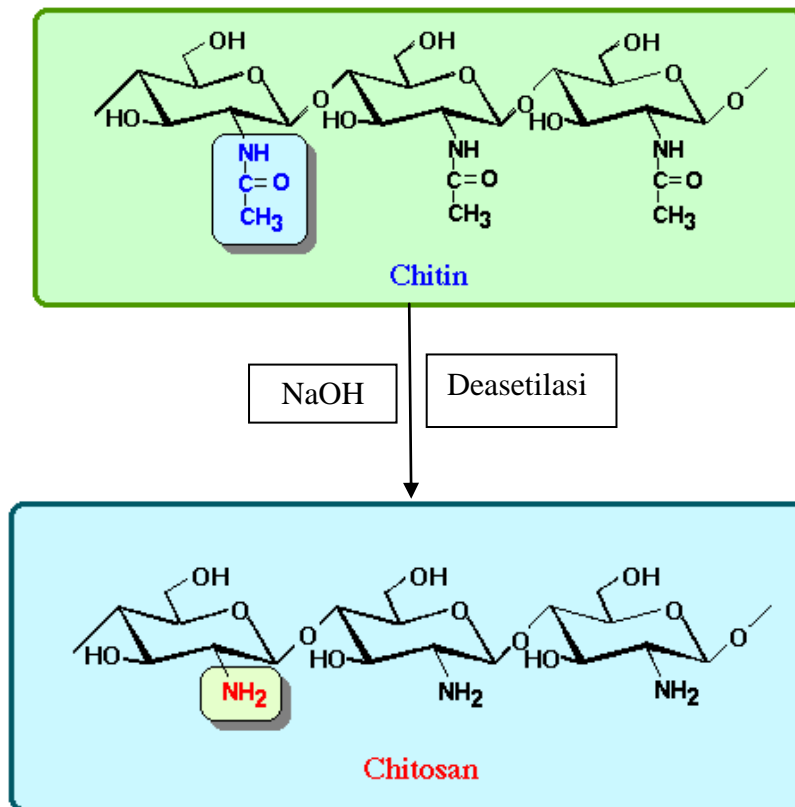
1. Amino bebas (-NH₂)
 - Larut dalam larutan asam
 - Tidak larut dalam H₂SO₄
 - Limited solubility dalam H₃PO₄
 - Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik
2. Kation Amino (-NH₂⁺)

- Larut dalam larutan dengan pH < 6,5
- Memebentuk larutan yang kental
- Membentuk gel dengan polyanion
- Dapat larut didalam campuran alkohol dengan air

2.4.4 Mekanisme Reaksi Pembentukan Chitosan dari Chitin

Reaksi pembentukan chitosan dari chitin merupakan reaksi hidrolisa suatu amida oleh suatu basa. Chitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basanya. Mula-mula terjadi reaksi adisi, dimana gugus -OH^- min masuk kedalam gugus NHCOCH_3 kemudian terjadi eliminasi gugus CH_3COO^- sehingga di hasilkan suatu amida yaitu chitosan.

Secara sederhana reaksi pembentukan chitosan dari chitin dapat ditulis sebagai berikut:



Gambar 4. Reaksi Pembentukan Chitosan dari Chitin

2.5 Termitisida

2.5.1 Jenis Termitisida

a) Berdasarkan Unsur Kimia

1. Termitisida organik yang berasal dari tanaman atau bagian tanaman, seperti pyrethin, nikotin, dan pyrethin.

2. Termitisida anorganik yang berasal dari mineral seperti boron, arsen, tembaga, seng, dan timah.
3. Termitisida sintesis organik yang mengandung karbon, hidrogen, dan salah satu atau lebih klorin, fosfor, dan nitrogen.
4. Termitisida yang berasal dari mikroorganisme, seperti virus, jamur, dan bakteri.

2.5.2 Kandungan Bahan Aktif dan Pengaruhnya Terhadap Rayap

Termitisida mengandung bahan aktif berupa zat kimia murni tertentu. Mencegah dan mengendalikan serangan rayap perusak dibutuhkan termitisida yang memiliki daya racun tinggi (high toxic) serta tingkat residu yang cukup tinggi dan persisten. Daya residu dari bahan aktif termitisida sangat berpengaruh terhadap aplikasi pencegahan dan pengendalian serangan rayap perusak. Alasannya, rayap perusak akan teracuni, bahkan terbunuh ketika bersentuhan atau melewati bahan yang ada residu termitisidanya.

Beberapa jenis termitisida dengan kandungan bahan aktifnya :

1. Organoklor
2. Organofosfat
3. Karbamat
4. Fumigants
5. Nitro Guanidine
6. Pythroid
7. Phenyl Pyrazole

2.5.3 Cara Aman Memakai Termitisida

Termitisida merupakan bahan yang sangat beracun. Karena itu, pemakaian termitisida harus teliti dan hati-hati sehingga tidak membahayakan pekerja dan lingkungan sekitarnya.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam aplikasi termitisida agar efektif, aman, efisien, dan tepat sasaran :

1. Termitisida yang digunakan harus asli dan terdaftar resmi sesuai dengan jenis rayap yang menyerang dan objek yang akan dilindungi.
2. Penakaran, pengenceran, dan pencampuran termitisida sebaiknya dilakukan di tempat terbuka atau ruangan yang berventilasi baik.
3. Termitisida dipakai sesuai dengan dosis yang dianjurkan, jangan berlebihan atau kurang dari dosis yang sudah ada.
4. Termitisida sebaiknya tidak terhirup melalui pernapasan atau terkena kulit, mata, mulut atau pakaian.
5. Selama mengaplikasikan termitisida sebaiknya tidak makan, minum, atau merokok.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Rancangan Percobaan

III.1.1 Penetapan Variabel

- Variabel Kendali
Proses Deasetilasi
 - Konsentrasi NaOH (%) : 50 (w/v)
 - Suhu (°C) : 80
- Pembuatan chitosan menjadi bio-termisida
 - pH : 5, 6, 7
 - Konsentrasi Asam asetat (%) : 1, 2, 3
 - Konsentrasi Chitosan (gr/cc) : 1, 2, 3, 4, 5 (w/v)
 - Waktu : 2 bulan (diamati per minggu)

III.2 Bahan dan Alat yang Digunakan

H.2.1 Bahan yang Digunakan

1. Kulit udang
2. HCl 1 N
3. NaOH
4. CH₃COOH (Asam Asetat)
5. Aquadest

H.2.2 Alat yang Digunakan

1. Beaker glass
2. Thermometer
3. Labu takar
4. Corong
5. Pipet
6. Pengaduk
7. Gelas ukur
8. Timbangan
9. Statif dan klem
10. Oven
11. Magnetic stirer & pemanas
12. Penyaring
13. Ayakan
14. pH universal
15. Cawan porselen
16. Blender
17. Akuarium
18. Plastik transparan

III.3 Metoda Penelitian

- Proses deasetilasi dengan metode ekstraksi padat cair untuk menghilangkan gugus asetil dari chitin.
- Analisa derajat deasetilasi menggunakan FTIR.
- Optimasi proses deasetilasi menggunakan cara grafis dengan menggunakan software window office excel dan Statistica (RSM).

III.4 Respon/ Pengamatan

III.4.1 Pengamatan Terhadap Produk Chitosan

Respon yang diamati adalah derajat deasetilasi dari chitosan yang dihasilkan setelah proses deasetilasi chitin berbagai konsentrasi NaOH, suhu, dan pH serta pengaruh derajat deasetilasi (DD) terhadap pembuatan bio-termitisida.

III.4.2 Pengamatan Keefektifan Bio-Termitisida Terhadap Rayap

Cara untuk menguji keefektifan bio-termitisida dari chitosan adalah :

- Pengumpanan Terhadap Rayap

Kayu yang telah dilapisi bio-termitisida kemudian dimasukkan ke dalam akuarium kosong, kemudian akuarium itu dimasukkan pasir \pm 1 kg hingga terisi kira-kira 5 cm (sebagai medianya). Untuk menjaga kelembaban ditambahkan 20 ml air. Sebanyak 51 ekor rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren) atau rayap kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light) yang terdiri atas 45 ekor kasta pekerja dan 5 ekor rayap prajurit serta 1 rayap ratu dimasukkan ke dalam akuarium berisi pasir dan didiamkan selama 1 bulan di tempat yang gelap dalam keadaan tertutup tetapi diberi sedikit aerasi.

- Analisa Data

Setelah 30 hari, umpan yang tersisa dikeluarkan dari dalam akuarium. Penimbangan dilakukan untuk mendapatkan berat akhir kayu uji (W_2) sehingga dapat diketahui persen kehilangan berat kayu uji, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kehilangan berat umpan (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana W_1 : berat umpan awal (gram)

W_2 : berat umpan akhir (gram)

Mortalitas rayap diamati setiap hari dan diakhir pengamatan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{N_1}{N_2} \times 100\%$$

Dimana N_1 : jumlah rayap yang mati setelah pengumpanan

N_2 : jumlah rayap awal

III.5 Prosedur/ Langkah Percobaan

A. Pembuatan Chitin

⌘ Deproteinasi

1. Campur kulit udang yang telah digiling/ dihaluskan (keadaan kering kemudian di blender) dengan larutan NaOH 3,5 % (w/v) dalam beaker glass. Perbandingan kulit udang : larutan NaOH 3,5 % = 1 : 4 (gr serbuk/ ml larutan NaOH).
2. Aduk campuran dengan magnetic stirer konstan (skala 5) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 65 °C selama 120 menit.
3. Saring slurry dengan penyaring.

⌘ Pencucian dan pengeringan

1. Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral.
2. Saring endapan dengan penyaring.
3. Keringkan endapan dalam oven.

⌘ Demineralisasi

1. Campur sampel dengan larutan HCl 1 N dalam beaker glass. Perbandingan berat sampel : larutan HCl 1 N = 1 : 4 (gr serbuk/ ml larutan HCl).
2. Aduk campuran dengan magnetic stirer konstan (skala 5) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 30 °C, selama 30 menit.
3. Saring slurry dengan penyaring.

⌘ Pencucian dan pengeringan

1. Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral.

2. Saring dengan penyaring.
3. Keringkan endapan dalam oven, didapat chitin.

B. Deasetilasi Chitin menjadi Chitosan

1. Campur chitin dengan larutan NaOH konsentrasi tertentu (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 %) dengan perbandingan 1 : 25 (w/v) atau 20 gr dimasukkan dalam 500 ml larutan NaOH.
2. Aduk campuran dengan pengadukan konstan (skala 5) menggunakan magnetic stirrer, pada suhu tertentu (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 °C), selama selang waktu 1 jam, saring slurry dengan penyaring.
3. Cuci endapan dengan aquadest sampai pH netral, saring dengan penyaring.
4. Keringkan endapan dalam oven, didapat chitosan.
5. Kemudian ayak chitosan hingga didapat dalam serbuk terhalus (dalam 3 skala).



- A. Chitosan bentuk serpihan
- B. Chitosan bentuk butiran
- C. Chitosan bentuk serbuk

C. Analisa Derajat Deasetilasi

Analisa derajat deasetilasi (DD) menggunakan metoda FTIR :

- Chitosan yang dihasilkan dapat dianalisa %DD dengan metoda garis Moore dan Robert dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$DD = \frac{1 - A_{3410}}{A_{1588}} \times \frac{1}{1.33}$$

Dimana nilai $A = \log (P_o/P) =$ Absorbansi

A_{3410} = absorbansi pada panjang gelombang 3410 cm^{-1} untuk serapan gugus hidroksi/ amin (-OH, -NH₂).

A_{1588} = absorbansi pada panjang gelombang 1588 cm^{-1} untuk serapan gugus asetamida (CH₃COONH-).

D. Pembuatan Bio-Termitisida dari Chitosan

1. Sebelum diaplikasikan, terlebih dahulu chitosan (berbentuk serbuk) yang telah ditimbang konsentrasi sesuai variabel berubahnya, dilarutkan dengan asam asetat (CH_3COOH) dengan konsentrasi 1 – 3%.
2. Larutan tersebut diaduk sampai rata dan dibiarkan selama 24 jam.
3. Selanjutnya, larutan chitosan (berbentuk gel yang cukup kental) diaplikasikan ke kayu yang sering diserang rayap atau bahan berlignoselulosa lainnya.
4. Media juga setiap hari harus diberi air, agar media bisa tetap terjaga kelembabannya (diusahakan jangan sampai kering).
5. Media diamati selama 2 bulan, dengan terus diamati per minggu.
6. Pengaplikasian ini bisa dilakukan melalui peleburan, penyemprotan, vakum, impregnasi, atau perendaman dengan berbagai tingkat konsentrasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Persentase Mortalitas Rayap dan Kehilangan Berat Umpan (Kayu) terhadap:

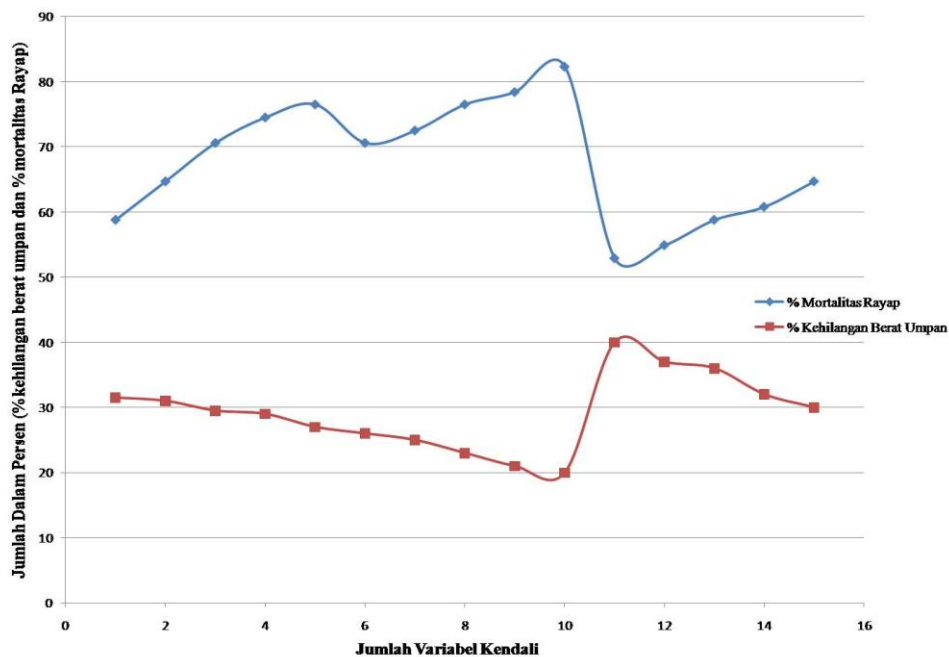
- **Konsentrasi Chitosan**

Hasil analisis penggunaan berbagai konsentrasi chitosan sebagai biotermitisida terhadap pengendalian hama rayap tanah *Macrotermes gilvus Hagen* di laboratorium menunjukkan pengaruh nyata. Berikut ini data-data penelitian yang kami peroleh:

Tabel 4.1 Hasil Run Penelitian Biotermitisida untuk pH 5

	Pengamatan Minggu ke-	VARIABEL KENDALI														
		5;1;1	5;1;2	5;1;3	5;1;4	5;1;5	5;2;1	5;2;2	5;2;3	5;2;4	5;2;5	5;3;1	5;3;2	5;3;3	5;3;4	5;3;5
Awal: 200 gr	1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	2	187	187	188	190	192	189	189	188	191	190	189	186	187	190	188
	3	176	171	176	180	177	178	175	174	181	180	179	178	171	179	175
	4	168	164	168	175	163	157	173	172	170	171	166	166	152	167	156
	5	151	140	153	157	150	155	169	170	167	169	143	147	145	157	147
	6	145	138	146	149	146	149	150	154	158	165	130	135	134	143	140
	7	137	138	141	142	146	148	150	154	158	160	120	126	128	136	140
Akhir: X gr	8	137	138	141	142	146	148	150	154	158	160	120	126	128	136	140
% Kehilangan berat umpan:		31,5	31	29,5	29	27	26	25	23	21	20	40	37	36	32	30
% Mortalitas:		58,8%	64,7%	70,6%	74,5%	76,5%	70,6%	72,5%	76,5%	78,4%	82,3%	52,9%	54,9%	58,8%	60,8%	64,7%
Jumlah Rayap yang Mati:		30	33	36	38	39	36	37	39	40	42	27	28	30	31	33

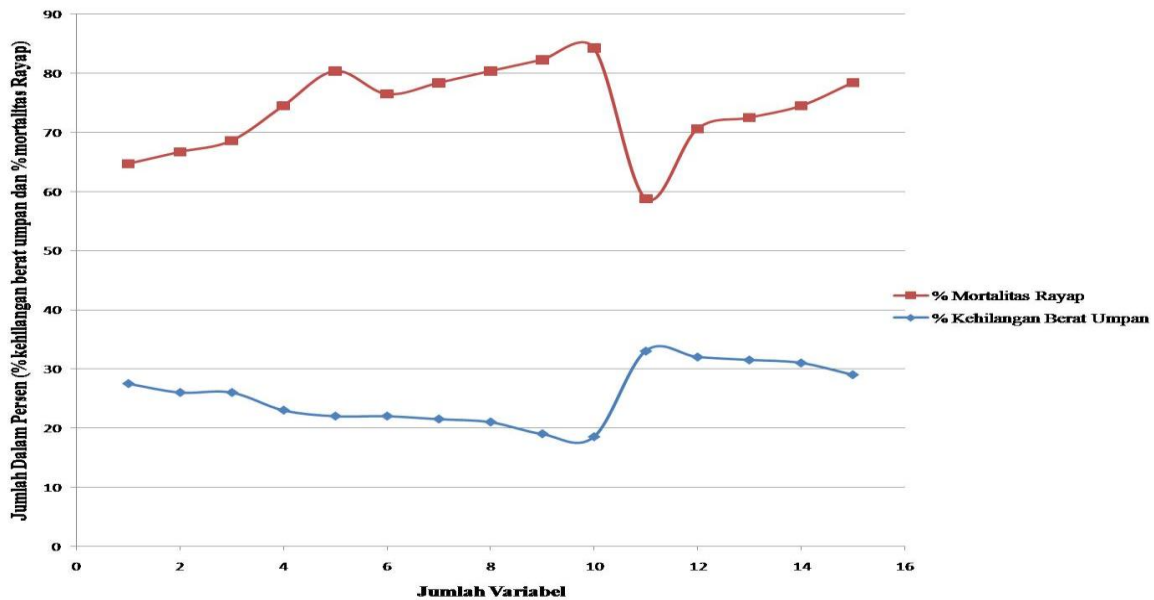
Grafik 4.1 %Mortalitas Rayap dan %Kehilangan Berat Umpan pada pH 5



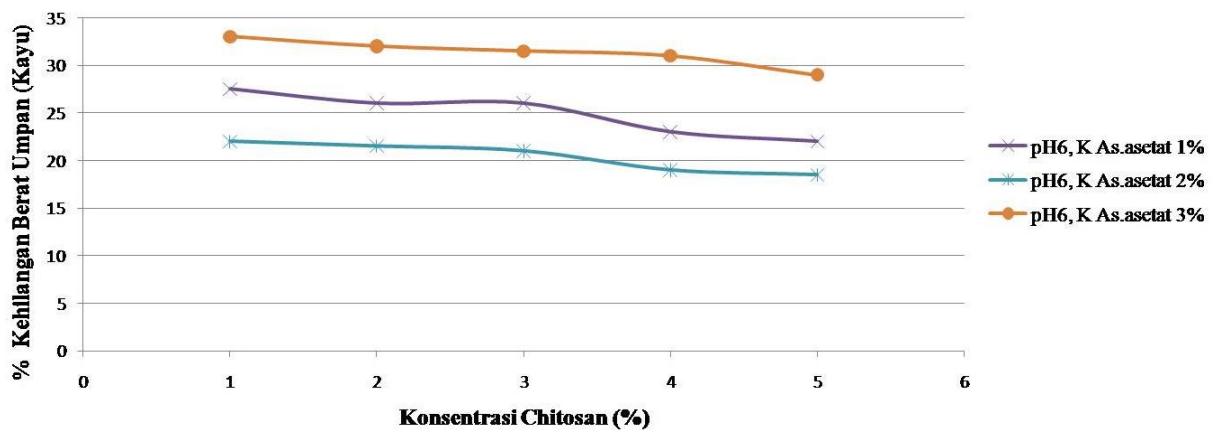
Tabel 4.2 Hasil Run Penelitian Biotermitisida untuk pH 6

	Pengamatan/ Minggu ke-	VARIABEL KENDALI														
		6;1;1	6;1;2	6;1;3	6;1;4	6;1;5	6;2;1	6;2;2	6;2;3	6;2;4	6;2;5	6;3;1	6;3;2	6;3;3	6;3;4	6;3;5
Awal: 200 gr	1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	2	184	186	186	188	185	187	191	189	190	185	182	186	187	185	191
	3	170	173	172	181	175	174	179	177	185	175	161	170	175	171	174
	4	156	150	154	177	160	162	165	164	178	171	147	144	150	148	163
	5	155	150	150	168	158	159	162	160	172	167	143	139	146	143	150
	6	153	151	148	157	156	157	157	158	166	163	140	136	137	138	147
	7	145	148	148	154	156	156	157	158	162	163	134	136	137	138	142
	8	145	148	148	154	156	156	157	158	162	163	134	136	137	138	142
Akhir: X gr	8	145	148	148	154	156	156	157	158	162	163	134	136	137	138	142
% Kehilangan berat umpan:		27,5	26	26	23	22	22	21,5	21	19	18,5	33	32	31,5	31	29
% Mortalitas:		64,7%	66,7%	68,6%	74,5%	80,4%	76,5%	78,4%	80,4%	82,3%	84,3%	58,8%	70,6%	72,5%	74,5%	78,4%
Jumlah Rayap yang Mati:		33	34	35	38	41	39	40	41	42	43	30	36	37	38	40

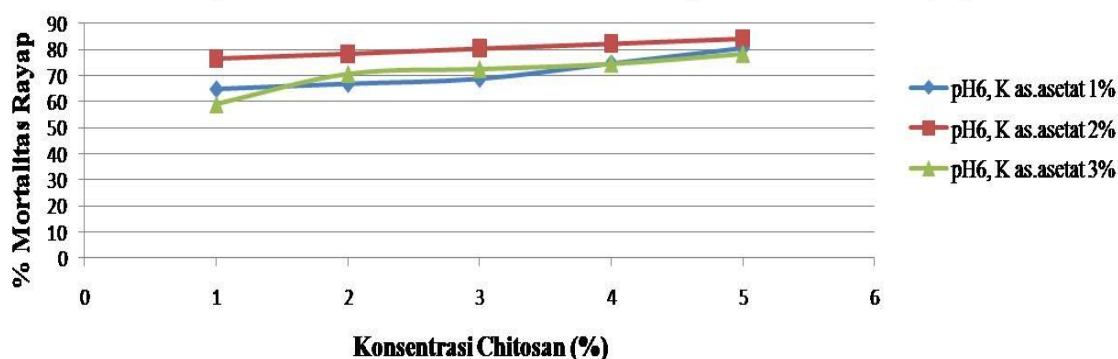
Grafik 4.2 %Mortalitas Rayap dan %Kehilangan Berat Umpan pada pH 6



Grafik 4.3 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap %Kehilangan Berat Umpan



Grafik 4.4 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap %Mortalitas Rayap



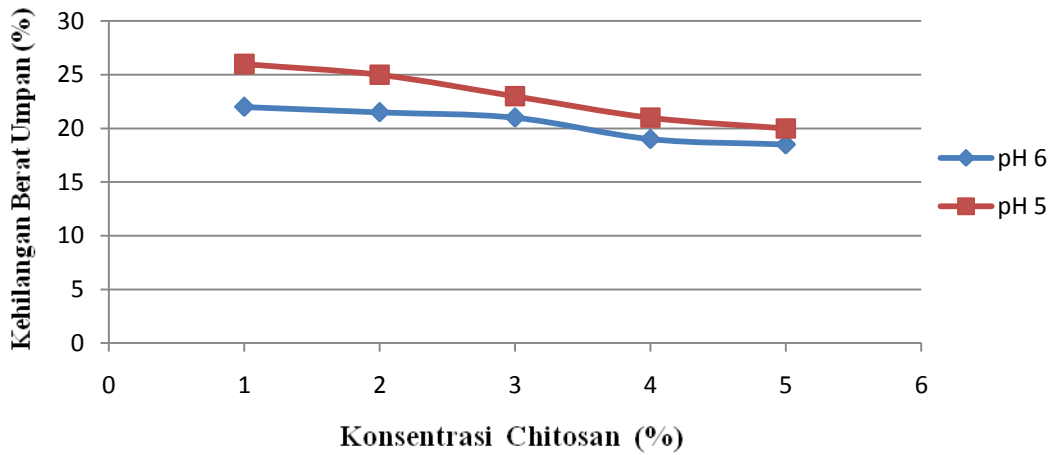
Dari Tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa setiap perlakuan pada setiap pengamatan mengalami peningkatan persentase mortalitas rayap (pengamatan dilaksanakan selama 2 bulan, dan untuk menghitung mortalitas rayap dilakukan pada hari ke-1 minggu pertama dan di hari terakhir bulan ke-2 dan kehilangan berat umpan/ kayu, pengamatan dilaksanakan selama 2 bulan, dengan pengamatan teknis dilakukan tiap 1 minggu sekali). Chitosan dengan konsentrasi 5% pada semua variabel, menunjukkan tingginya mortalitas rayap dan kehilangan berat umpan pada penelitian kami. Hal ini sesuai dengan *literatur Prasetyo dan Yusuf (2005)* yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi chitosan yang diberikan semakin tinggi mortalitas rayap. Maka hal ini pun berpengaruh dengan kehilangan berat umpan (kayu), dimana dengan semakin tingginya mortalitas maka tingkat kehilangan berat umpan akan semakin kecil.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa konsentrasi terendah belum menunjukkan gejala kematian pada rayap tetapi pada konsentrasi tinggi sudah langsung menunjukkan gejala kematian. Dari tabel 1.3 dan 1.4, didapatkan gambaran lebih detail tentang pengaruh konsentrasi chitosan terhadap mortalitas rayap adalah semakin tinggi konsentrasi chitosan, maka mortalitas rayap semakin tinggi dan %kehilangan berat umpan semakin kecil.

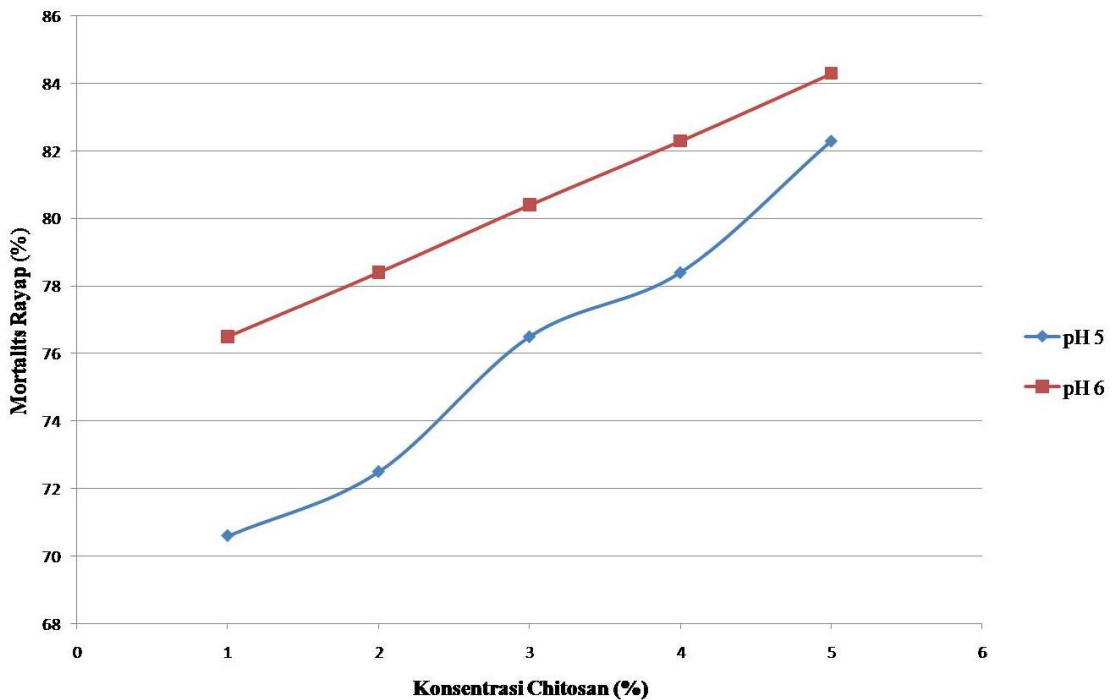
- **pH**

Dalam penelitian kami, variabel pengendali pH adalah 5-7. Dari penelitian yang kami lakukan, hanya pH 5 dan 6 saja yang bisa melarutkan chitosan, sedangkan pH 7 chitosan tidak bisa larut, meski solvent (asam asetat) diberi lebih banyak tetap saja tidak bisa melarutkan chitosan. Hal ini sesuai dengan karakteristik chitosan yang hanya bisa larut pada pH tidak lebih dari 6,5. Dan secara keseluruhan pH 6 adalah yang paling optimal, hal ini sesuai dengan hasil percobaan kami dimana pada pH 6 mortalitas rayap mencapai 85,3 % dan kehilangan berat umpan tidak lebih dari 20 % yaitu 18,5 %. Hal ini bisa dilihat pada grafik berikut;

Grafik 4.5 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada pH 5 & pH 6



Grafik 4.6 Konsentrasi Chitosan vs Mortalitas Rayap pada pH 5 dan 6



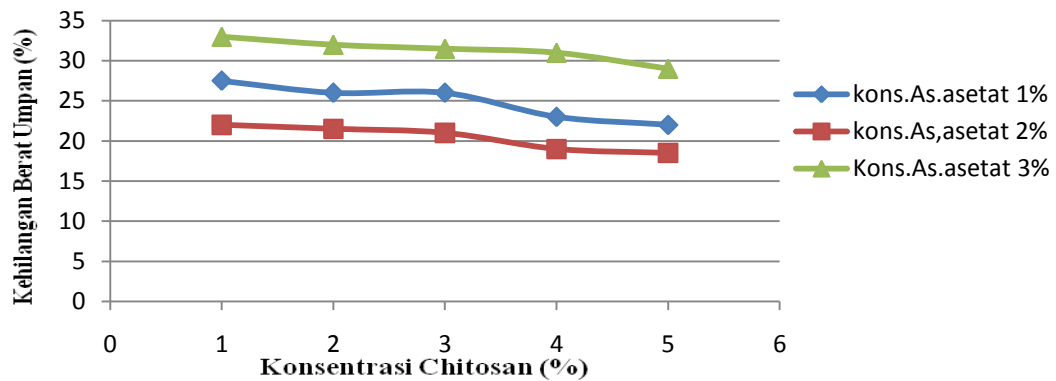
- **Konsentrasi Asam Asetat**

Chitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viskositas cukup tinggi ketika dilarutkan, sebagian besar reaksi karakteristik chitosan merupakan reaksi karakteristik chitin. Adapun solvent yang kami gunakan adalah asam asetat. Chitosan larut pada kebanyakan larutan organik pada pH sekitar 4, tetapi tidak larut pada pH lebih 6,5 juga tidak larut dalam pelarut air, alkohol, dan aseton.

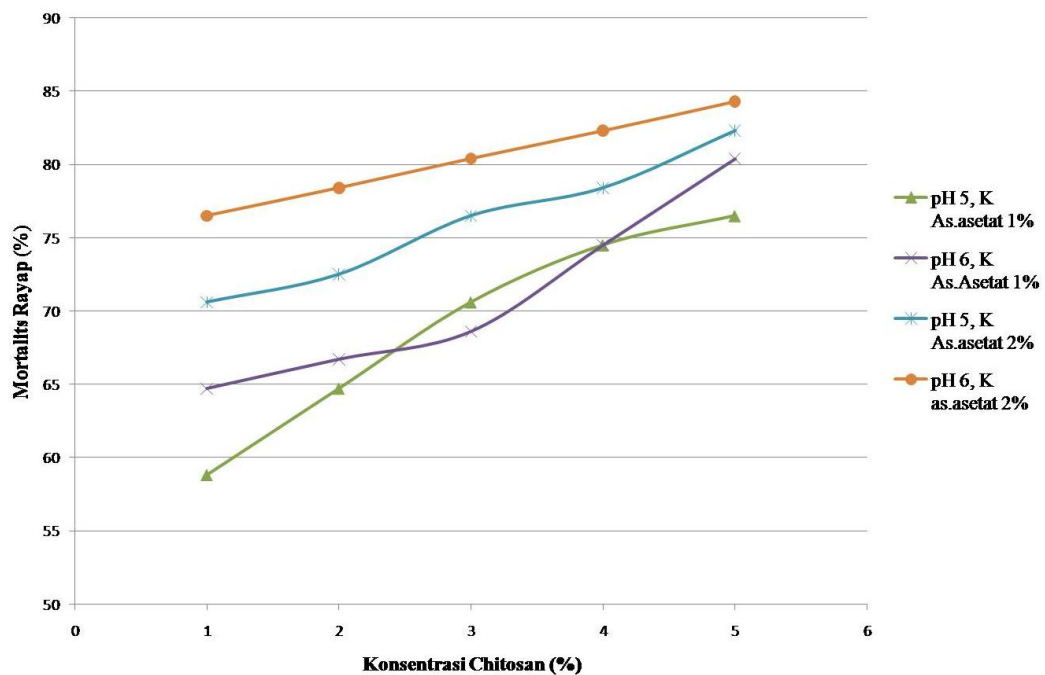
Pelarutan chitosan dalam asam asetat merupakan cara sederhana untuk membentuk biotermitisida (hidrogel chitosan). Rantai polimer akan saling berdekatan, sehingga ruang

atau pori untuk difusi molekul mengecil. Hal tersebut akan menyebabkan hidrogelnya menjadi kering atau mengerut (bila asam asetat yang ditambahkan tinggi, dlm hal ini konsentrasi 3%), hal ini mengakibatkan chitosan sangat sulit larut. Namun yang terjadi bila digunakan konsentrasi asam asetat kecil (1%-2%), chitosan dapat larut sempurna dan hasilnya biotermitisida akan maksimal hasilnya. Sebagai bahan yang dapat membengkak, rantai polimer hidrogel akan melebar dan dapat ditentukan oleh sifat dari pelarut yang digunakan saat perendaman. Dan dalam percobaan kami, dengan menggunakan konsentrasi asam asetat 2% dengan pH 6 dan konsentrasi asam asetat 5% didapatkan hasil yang optimum yaitu kehilangan berat umpan hanya 18,5% sedangkan mortalitas rayapnya mencapai 85,3%. Hal ini sesuai dengan grafik berikut;

Grafik 4.7 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada Konsentrasi As.asetat 1%,2%,&3%

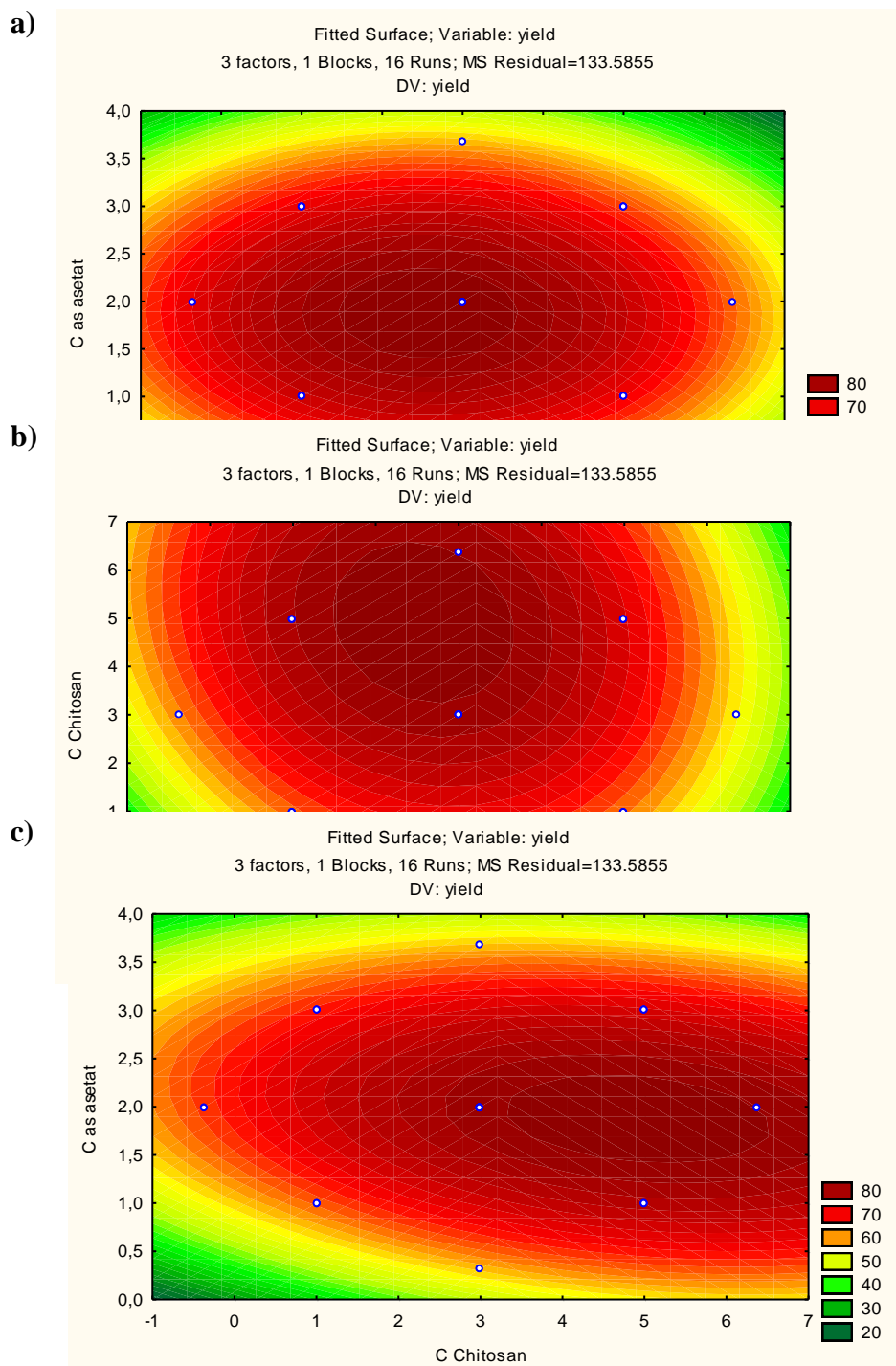


Grafik 4.8 Konsentrasi Chitosan vs Mortalitas Rayap pada Konsentrasi 1% dan 2%



4.2. Kondisi Operasi Optimum

Dari hasil percobaan diatas (Tabel 1), menunjukkan bahwa kondisi operasi optimum terjadi pada variabel pH, konsentrasi chitosan, dan konsentrasi asam asetat tertentu dalam hal ini pH-6 dengan konsentrasi chitosan 5% dan konsentrasi asam asetat 2% adalah yang paling optimum. Selain itu, jika dibandingkan dengan hasil percobaan dengan menggunakan *Software Statistic* dengan metode RSM (Respon Surface Methodology) didapatkan kondisi operasi yang juga sesuai dengan hasil pengujian kami di laboratorium yaitu pH-6, konsentarasasi chitosan 5%, dan konsentrasi asam asetat 2%. Namun, hasil lain yang diperoleh bila menggunakan *Software Statistica* yaitu range konsentrasi chitosan adalah 3,2% - 6,5%; range pH 5,25 – 6,25; dan range konsentrasi asam asetat 1,5% - 2,5%.



Gambar run menggunakan software statistica dengan metoda RSM 5.a) Chitosan dengan konsentrasi 5%, b) Asam Asetat dengan konsentrasi 2%, c) pH dengan rangenya-6

4.3. Gejala Serangan Chitosan Terhadap *Macrotermes gilvus* Hagen

Berdasarkan hasil pengamatan pada pemberian perlakuan chitosan dapat dilihat bahwa *M. Gilvus* pada awalnya, minggu pertama setelah aplikasi menunjukkan perubahan kurang efektif bergerak, baik pada kasta prajurit maupun pada pekerja. Tetapi kemudian rayap pekerja aktif kembali bergerak dan berusaha untuk menghindari dari cahaya. Pada minggu pertama setelah aplikasi, ditemukan rayap yang mati pada konsentrasi yang lebih tinggi menunjukkan perubahan warna pada abdomen rayap pekerja berwarna kehitaman dan pada kasta prajurit yang berwarna lebih tua dari coklat kemerahan, tubuh rayap juga menjadi kering dan mudah hancur.

Gambar 6. Rayap yang Mati (Hasil Pengamatan)



Dengan adanya perubahan tersebut sesuai dengan *Nandika, dkk (2003)* dapat diketahui bahwa komponen esensial didalam kutikula rayap adalah chitin, yang sangat resisten terhadap bahan kimia sangat keras dan sulit diuraikan.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa:

1. Semakin tinggi konsentrasi chitosan yang diberikan semakin tinggi mortalitas rayap sebaliknya kehilangan berat umpan semakin rendah.
2. pH 6, konsentrasi asam asetat 2%, dan konsentrasi chitosan 5% adalah variable kondisi operasi yang paling optimum untuk bio termitisida.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biotermitisida dari chitosan efektif digunakan sebagai anti rayap.

5.2 SARAN

Pada saat pengumpanan kondisi kelembaban harus dijaga agar kondisi awalnya tetap sesuai dengan kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Meyers. S. P. No, H. K. Lee, K.S. "Isolation and Characterization of Chitin from Crawfish Shell Waste". *J. Agricfood Chem*, 1989, 37, 575
- [2] Suhardi. "Khitin dan Khitosan, Pusat Antar Universitas Pangan dan gizi". PAU, Universitas Gajahmada, Yogyakarta. 1997
- [3] Abuzaytun, Reem and Shahidi, Fereidon, "Chitin, Chitosan and Co-Product: Chemistry, Production, Application and health effect". Elsevier, 2005. Hal. 94-131
- [4] Efrina Desyanti dan Rafiah. "Pembuatan Khitosan dari Kulit Udang". Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Serpong. 1999
- [5] Liu, H ., Du, Y. H., Wang, X. H., Sun, L.P. "Chitosan Kill Bacteria Through Cell Membrane Damage". *Internasional Journal of Food Microbiology*, 95, 2004. Hal. 147-155
- [6] Rabea, E. I., Badaawy, M. E. T., Stevens, C. V., Smagghe, G., & Steurbaut, W. "Chitosan as Anti Microbial Agen: Application and Mode of Action". *Biomacromolecules*, 4, 2003. Page. 1957-1465
- [7] Rabea, E. I., Badaawy, M. E. T., Stevens, C. V., Smagghe, G., & Steurbaut, W. "Chitosan as Anti Microbial Agen: Application and Mode of Action". *Biomacromolecules*, 4, 2003. Page. 1957-1465
- [8] Strand, S. P., Va'rum, K. M., & Ostgaard, K. "Interaction between chitosans and bacterial suspensions: Adsorption and Flocculation and Surfaces". *B: Biointerfaces*, 27, 2003, Page. 71-81
- [9] Devlieghere. F., Vermeulen, A., & Debevere, J. "Chitosan: Antimicrobial Activity, Interaction with food component and applicability as s coating on fruit ang vegetable". *Food Microbiology*, 21, 2004. Page. 703-714
- [10] Ralston, G. B., Tracey, M. V., & Wrench, P. M. "Inhibition of fermentation in bake's yeast by chitosan". *Biochimica et BIophysica Acta*, 93, 1964. Page. 652-655
- [11] Muzarelli, R. A. "Chitin In The Polysaccharisses". (G. O. Aspinall, ed), vol. 3, Page 417-450. Academic Press, New York. 1985
- [12] Tarumingkeng, R.C; 2005. Biologi dan prilaku rayap. <http://tumoutu.net> /biologi dan prilaku rayap.htm
- [13] Nandika, D ; Y. rismayadi, dan F. Diba, 2003. Rayap, Biologi dan pengendalian. Muhammadiyah university press, surakarta
- [14] Hasan, T. 1986. Rayap dan pemeberantasannya (penaggulangannya dan pecegahan). Yasaguna. Jakarta.

[15] Biro Pusat Statistik, "Statistika Indonesia". Jakarta. 1993

LEMBAR KONSULTASI

Skripsi

Nama : Moch. Radhitya Sabeth T. / Zulfahmi

NIM : L2C606030 / L2C606051

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Anti Rayap (Bio-Termitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu

Tanggal Mulai : 1 Maret 2009

Pembimbing : Ir. Nur Rokhati, MT

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf		Keterangan
			Mahasiswa	Dosen	
1	07-Apr	Konsultasi Hasil			
2	01-Mei	Konsultasi Hasil			
3	03-Mei	Bab I			
4	08-Mei	Bab II			
5	13-Mei	Bab III			
6	17-Mei	Bab IV			
7	19-Mei	Bab IV			
8	22-Mei	Bab IV			
9	31-Mei	Bab V			

Dinyatakan selesai

Tanggal:

Dosen Pembimbing,

Ir. Nur Rokhati, MT

NIP : 19620327 199102 001