

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

**Moch. Radhitya Sabeth Taufan (L2C606030) dan Zulfahmi (L2C606051)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058  
Pembimbing : Ir. Nur Rokhati, MT

## **Abstrak**

*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.*

*Keyword: rayap, chitosan, biotermitisida*

*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*

*Keyword: termite, chitosan, biotermitisida.*

## I. PENDAHULUAN

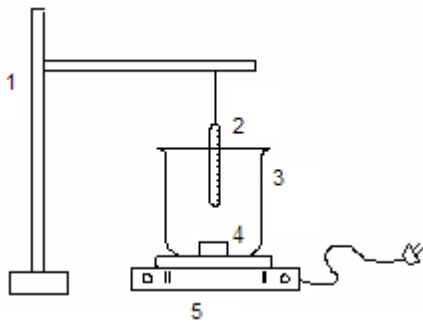
Rayap merupakan serangga yang sudah akrab dengan kehidupan manusia. Namun, rayap selalu diidentikan sebagai hama perusak bangunan, perumahan, arsip, buku, tanaman, dan sebagainya. Padahal, pada awalnya rayap merupakan serangga yang berperan sebagai pembersih sampah alam. Saat ini, rayap perusak termasuk 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.

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). 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.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah kulit udang, HCl, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH (Asam Asetat), dan aquadest.



Keterangan :

1. Statif dan klem
2. Termometer
3. Beaker glass
4. Magnetic Stirrer
5. Kompur listrik
6. Termostat

Gambar 1 Rangkaian Alat Proses Demineralisasi, Deproteinasi, Deasetalisasi dan Adsorpsi Logam Berat.

### 2.2 Cara Kerja

#### Pembuatan Chitin

##### Deproteinasi

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). Aduk campuran dengan magnetic stirrer konstan (skala 5) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 65 °C selama 120 menit. Saring slurry dengan penyaring. Pencucian dan pengeringan Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral. Keringkan endapan dalam oven.

## Demineralisasi

Campur sampel dengan larutan HCl 1 N dalam beaker glass. Perbandingan berat sampel : larutan HCl 1 N = 1 : 4 (gr serbuk/ ml larutan HCl). Aduk campuran dengan magnetic stirer konstan (skala 5) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 30 °C, selama 30 menit. Saring slurry dengan penyaring. Pencucian dan pengeringan Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral. Saring dengan penyaring. Keringkan endapan dalam oven, didapat chitin. Proses untuk menghasilkan chitin dilakukan sebanyak 4 x masing-masing dengan perbandingan 1 : 4 (gr kulit udang : volume NaOH) = 250 gr : 1 liter; 375 gr : 1,5 liter; 625 gr : 2,5 liter; 500 gr : 2 liter. Chitin kasar yang dihasilkan ini kemudian dicampur hingga homogen.

## Deasetilasi Chitin menjadi Chitosan

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. Aduk campuran dengan pengadukan konstan (skala 5) menggunakan magnetic stirer, pada suhu tertentu (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 °C), selama selang waktu 1 jam, saring slurry dengan penyaring. Cuci endapan dengan aquadest sampai pH netral, saring dengan penyaring. Keringkan endapan dalam oven, didapat chitosan. Kemudian ayak chitosan hingga didapat dalam serbuk terhalus (dalam 3 skala).

## 3. Cara Penelitian

Proses deasetilasi dengan metode ekstraksi padat cair untuk menghilangkan gugus asetil dari chitin. Analisa derajat deasetilasi menggunakan FTIR, lalu optimasi proses deasetilasi menggunakan cara grafis secara bertahap. Lalu mengamati pengaruh pH, konsentrasi asam asetat, dan konsentrasi chitosan terhadap bio termitisida. Dari hasil pengamatan tersebut dapat diketahui kondisi optimumnya untuk diaplikasikan sebagai bio termitisida.

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

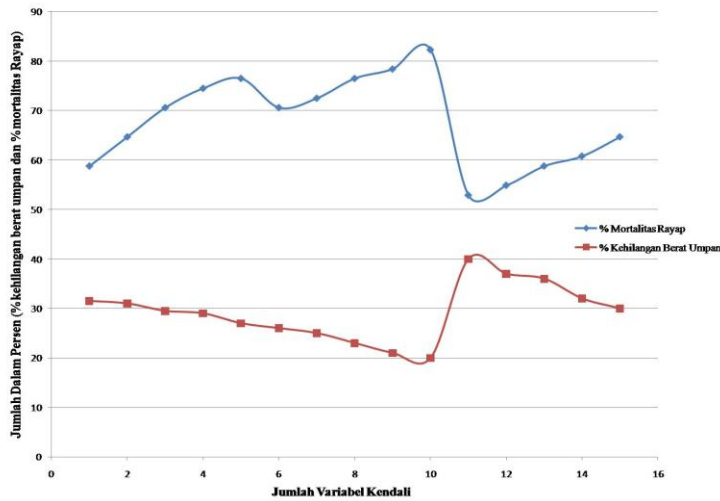
### 1. Pengaruh Persentase Mortalitas Rayap dan Kehilangan Berat Umpan (Kayu) terhadap:

- Konsentarsi 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 1.1 Hasil Run Penelitian Biotermitisida untuk pH 5

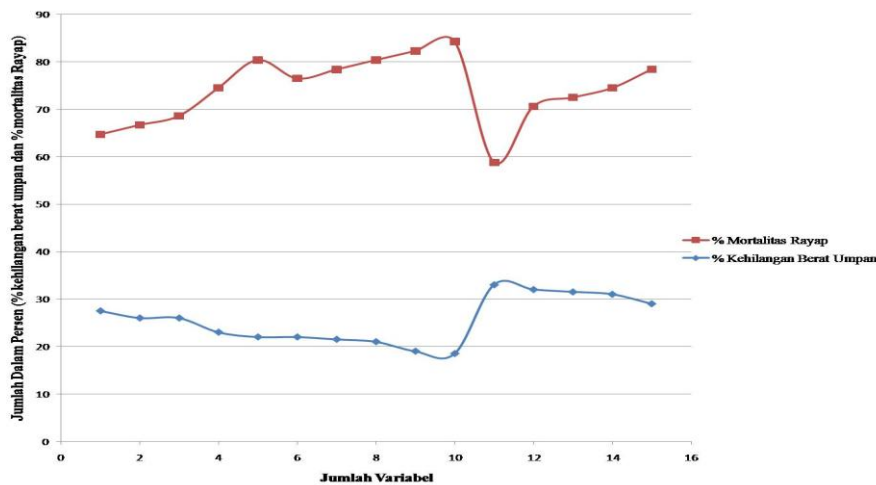
|                           | Pengamatan Minggu ke- | VARIABEL KENDALI |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |  |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
|                           |                       | S; 1; 1          | S; 1; 2 | S; 1; 3 | S; 1; 4 | S; 1; 5 | S; 2; 1 | S; 2; 2 | S; 2; 3 | S; 2; 4 | S; 2; 5 | S; 3; 1 | S; 3; 2 | S; 3; 3 | S; 3; 4 | S; 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      |  |  |  |



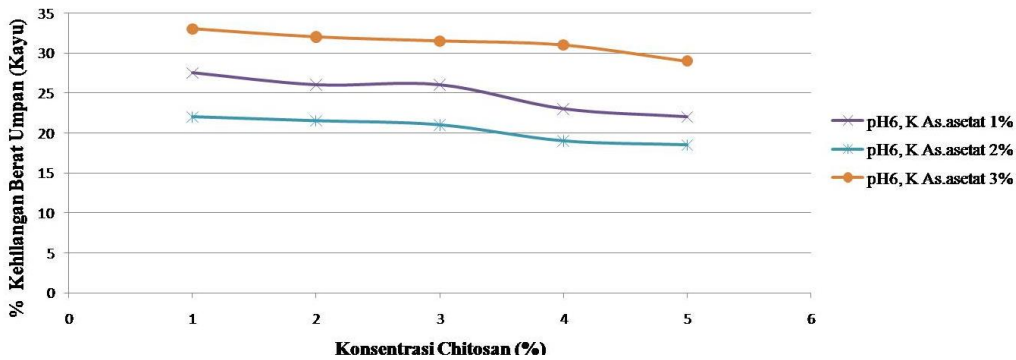
Grafik 1 % Mortalitas Rayap dan % Kehilangan Berat Umpan pada pH 5

Tabel 1.2 Hasil Run Penelitian Biotermitisida untuk pH 6

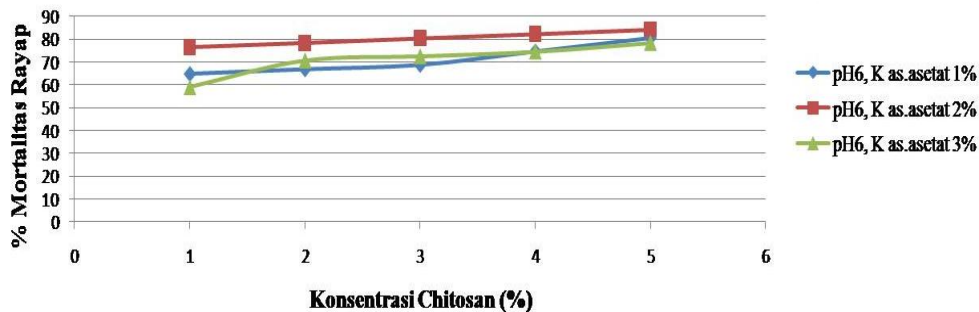
|                           | Pengamatan/<br>Minggu ke. | VARIABEL KENDALI |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|---------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           |                           | 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   |
| 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 2 % Mortalitas Rayap dan % Kehilangan Berat Umpan pada pH 6



**Grafik 3 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap % Kehilangan Berat Umpan**



**Grafik 4 Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap % Mortalitas Rayap**

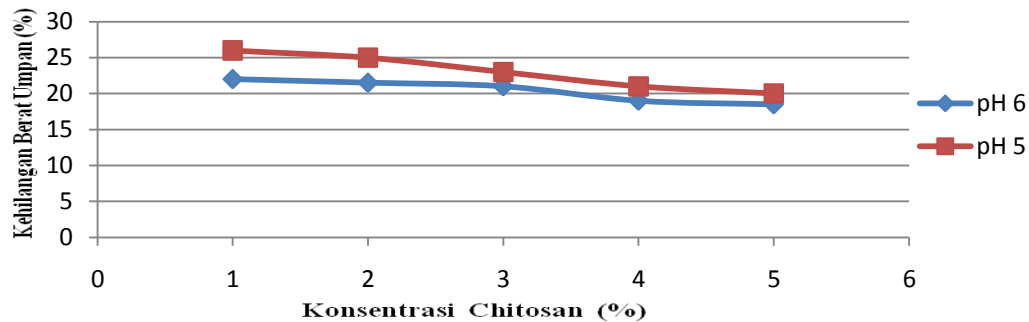
Dari Tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa setiap perlakuan pada setiap pengamatan mengalami peningkatan persentasi mortalitas rayap (pengamatan dilaksanakan selama 2 bulan, dan untuk menghitung mortalitas rayap dilakukan pada hari ke-1 minggu pertama dan di hari terakhir bulan ke-2 dan kehilangan 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 bahwa konsentrasi terendah belum menunjukkan gejala kematian pada rayap tetapi pada konsentrasi tinggi sudah langsung menunjukkan gejala kematian. Dari tabel 3 dan 4, didapatkan gambaran lebih detail tentang pengaruh konsentrasi chitosan terhadap

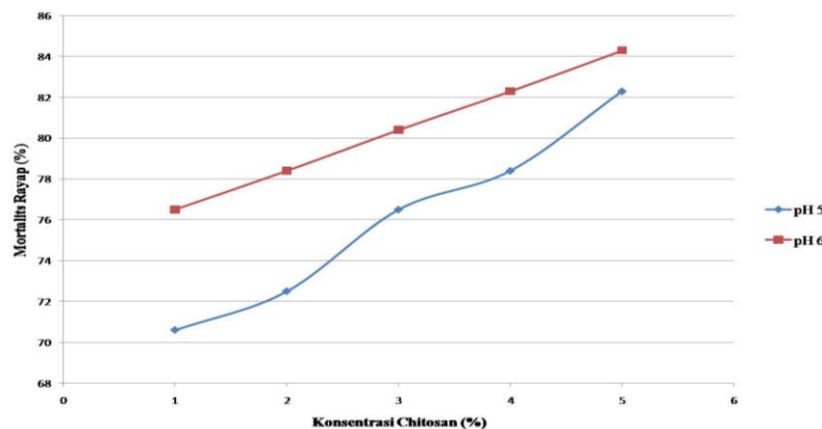
mortalitas rayap adalah semakin tinggi konsentrasi chitosan, maka mortalitas rayap semakin tinggi dan % kehilangan berat umpan semakin kecil.

- **pH**

Dalam penelitian kami, variabel pengendali pH adalah pada pH 5 sampai 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 5 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada pH 5 & pH 6**



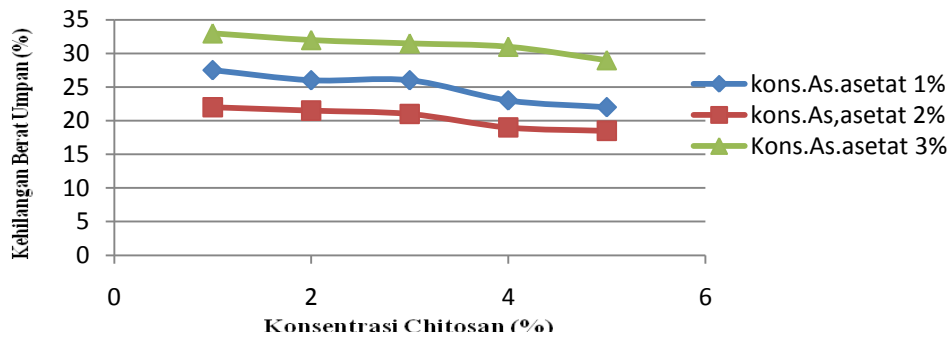
**Grafik 6 Konsentrasi Chitosan Vs Mortalitas Rayap pada pH 5 dan 6**

- **Konsentrasi Asam Asetat**

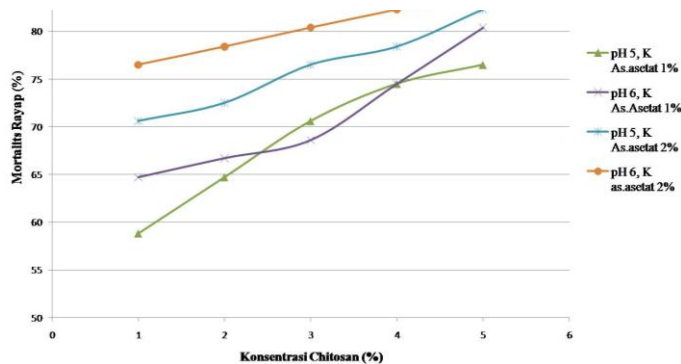
Chitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viscositas cukup tinggi ketika dilarutkan, sebagian besar reaksi karakteristik chitosan merupakan reaksi karakteristik

chitin. Adapun 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). Hidrogel chitosan yang dibentuk oleh penambahan bahan senyawa penaut silang disebut hidrogel chitosan kovalen atau ionic. 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 7 Konsentrasi Chitosan Vs Kehilangan Berat Umpan pada Konsentrasi As.asetat 1%,2%,&3%**



**Grafik 8 Konsentrasi Chitosan Vs Mortalitas Rayap pada Konsentrasi 1% dan 2%**

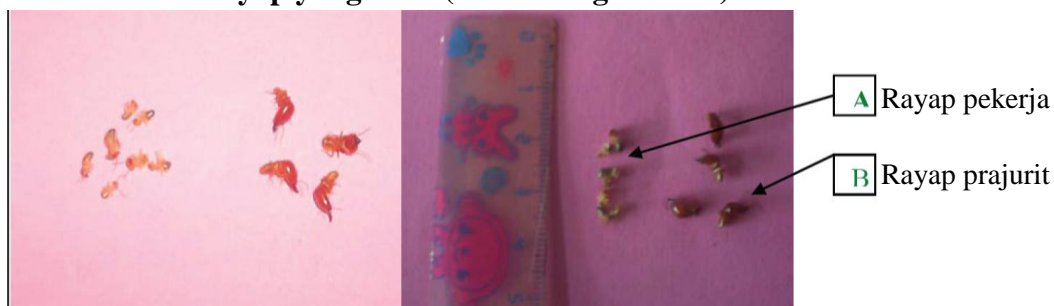
## 2. Kondisi Operasi Optimum

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, konsentrasasi 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%.

## 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.1** 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.

## **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.

## DAFTAR PUSTAKA

- Meyers. S. P. No, H. K. Lee, K.S. "Isolation and Characterization of Chitin from Crawfish Shell Waste". *J. Agricfood Chem*, 1989, 37, 575
- Suhardi. "Khitin dan Khitosan, Pusat Antar Universitas Pangan dan gizi". PAU, Universitas Gajahmada, Yogyakarta. 1997
- Abuzaytun, Reem and Shahidi, Fereidon, "Chitin, Chitosan and Co-Product: Chemistry, Production, Application and health effect". Elsevier, 2005. Hal. 94-131
- Efrina Desyanti dan Rafiah. "Pembuatan Khitosan dari Kulit Udang". Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Serpong. 1999
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Muzarelli, R. A. "Chitin In The Polysaccharisses". (G. O. Aspinall, ed), vol. 3, Page 417-450. Academic Press, New York. 1985
- Tarumingkeng, R.C; 2005. Biologi dan prilaku rayap. <http://tumoutu.net> /biologi dan prilaku rayap.htm
- Nandika, D ; Y. rismayadi, dan F. Diba, 2003. Rayap, Biologi dan pengendalian. Muhammadiyah university press, surakata
- Hasan, T. 1986. Rayap dan pemeberantasannya (penaggulangannya dan pecegahan). Yasaguna. Jakarta.
- Biro Pusat Statistik, "Statistika Indonesia". Jakarta. 1993