

Demi masa,
Sesungguhnya manusia itu
benar-benar berada dalam kerugian,
Kecuali orang-orang yang beriman
dan
mengerjakan amal saleh,
serta nasehat menasehati supaya mentaati kebenaran
dan nasehat menasehati supaya menetapkan kesabaran.

(Qur'an Surat Al 'Ashr: 1-3)

Teruntuk:
papa, mama,
euceu, rina, iva, dan kang drajat
serta guru-guruku ...

RINGKASAN

RIKA RAFFIUDIN. Populasi Flagelata dalam Usus Rayap *Coptotermes curvignathus* Holmgren dengan Pemberian Pakan Tiga Jenis Kayu (di bawah bimbingan NAWANGSARI SUGIRI, MOHAMMAD AMIR, dan DODI NANDIKA).

Rayap (Insecta : Isoptera) terutama rayap subteran termasuk *Coptotermes curvignathus* Holmgren merupakan hama kayu penting di Indonesia. Serangga tersebut mampu mencerna kayu karena di dalam ususnya terdapat protozoa (Klas : Mastigopora atau Flagelata) yang hidup secara simbiosis mutualisme. Namun demikian, sampai saat ini jenis flagelata yang bersimbiosis dengan jenis rayap di Indonesia belum banyak dikenali. Suatu penelitian telah dilakukan untuk mengetahui genus flagelata yang terdapat pada usus rayap *C. curvignathus* serta mengetahui pengaruh tiga jenis pakan yaitu kayu kamper, meranti dan sengon terhadap populasi masing-masing genus flagelata. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa di dalam usus rayap *C. curvignathus* terdapat lebih dari satu genus flagelata yang berbeda responnya terhadap jenis pakan rayap tersebut.

Contoh rayap diambil dari Hutan Percobaan Yanlappa, Jasinga. Untuk mengidentifikasi genus flagelata, rayap dibedah, lalu usus dan flagelatanya dikeluarkan pada larutan NaCl fisiologis atau larutan formalin sepuluh persen. Identifikasi genus flagelata dilakukan dengan meng-

gunakan kunci pengenalan dari Kudo (1971), serta analisis morfologi dari Koidzumi (1921) dan Das (1976).

Analisis populasi flagelata dilakukan dengan menghitung jumlah masing-masing genus flagelata dengan menggunakan metode Mauldin (1981) yang dimodifikasi. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Rancangan Lingkungan Petak Terbagi. Dalam hal ini jenis kayu dianggap sebagai petak utama, sedangkan waktu pengamatan sebagai anak petak. Masing-masing petak dan anak petak mendapat tiga ulangan dengan tiga anak contoh rayap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam usus rayap *C. curvignathus*, terdapat tiga genus flagelata yaitu *Pseudotriconympha* (famili Trichonymphidae), *Holomastigotoides*, dan *Spirotriconympha* (famili Holomastigotidae). Ketiga genus flagelata tersebut tergolong ordo Hypermastigida. Genus *Pseudotriconympha* merupakan genus yang paling peka dan terkecil populasinya (rata-rata 732 flagelata / rayap), sedangkan genus *Spirotriconympha* merupakan genus yang terbesar populasinya (rata-rata 2968 flagelata / rayap).

Hasil analisis selanjutnya menunjukkan bahwa jenis kayu sebagai pakan rayap berpengaruh nyata terhadap populasi flagelata ($p < 0.01$). Dengan perkataan lain perbedaan jenis pakan kayu mengakibatkan perbedaan perkembangan populasi flagelata. Sampai dengan minggu I



memang terjadi penurunan populasi flagelata yang sangat tajam, diduga karena rayap mengalami tekanan akibat penempatan rayap di laboratorium. Akan tetapi penurunan populasi tersebut berbeda pada masing-masing genus flagelata. Penurunan paling tajam terjadi pada *Pseudotriconympha* yang diberi pakan kayu kamper. Hal ini diduga karena flagelata ini berukuran besar sehingga sangat peka terhadap perubahan lingkungan dan racun yang diduga terdapat dalam kayu kamper. Penurunan terbesar kedua terjadi pada *Spirotrichonympha* yang memiliki tiga jenis flagelata dan merupakan flagelata terkecil. Di pihak lain *Holomastigotoides* merupakan flagelata yang paling rendah penurunannya, baik pada kayu kamper, meranti maupun sengon, terutama antara minggu 0-I. Hal ini diduga karena genus ini mempunyai keragaman jenis yang terbesar sehingga lebih mampu bertahan hidup.

Pada minggu III seluruh genus flagelata sudah tidak ditemukan pada rayap yang diberi pakan kayu kamper. Diduga setelah mencicipi kayu kamper antara minggu 0-I, selanjutnya rayap memilih berpuasa karena kayu tersebut tidak sesuai dan terakhir seluruh rayap mati pada minggu III. Oleh karena itu kayu kamper diduga mengandung zat ekstraktif yang bersifat racun bagi rayap. Sebaliknya kayu meranti diduga mengandung nutrisi dan zat ekstraktif yang sesuai dengan kebutuhan rayap maupun flagelata. Hal



ini ditandai dengan rendahnya penurunan populasi hampir semua genus flagelata dan meningkatnya setiap genus populasi flagelata antara minggu II-III. Peningkatan terbesar terjadi pada genus *Pseudotrichonympha* karena genus yang berukuran terbesar ini membutuhkan pakan dalam jumlah besar. Karena pakan kayu meranti sesuai dengan kebutuhan maka terjadi peningkatan kelimpahan sel yang tinggi. Peningkatan sel pada setiap genus flagelata tersebut membentuk kurva pertumbuhan normal sebagaimana pertumbuhan sel di dalam kultur tertutup dan mulai menurun pada minggu IV hingga minggu VIII. Berdasarkan fenomena tersebut disarankan untuk meneliti kandungan zat ekstraktif pada kayu kamper yang diduga bersifat racun bagi rayap sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengendalian rayap secara biologis.



POPULASI FLAGELATA DALAM USUS RAYAP *Coptotermes curvignathus*
Holmgren DENGAN PEMBERIAN PAKAN TIGA JENIS KAYU

RIKA RAFFIUDIN

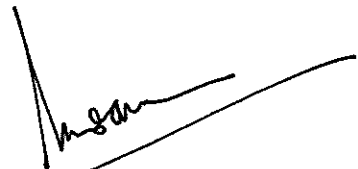
Laporan Masalah Khusus
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Biologi
pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
1991

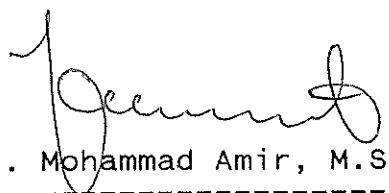
J u d u l : POPULASI FLAGELATA DALAM USUS RAYAP *Cop-
totermes curvignathus* Holmgren DENGAN
PEMBERIAN PAKAN TIGA JENIS KAYU

Nama Mahasiswa : RIKA RAFFIUDIN
N I M : G 23 1722

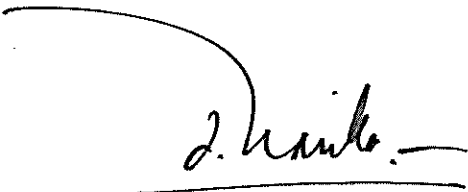
Menyetujui



Prof. Dr. Nawangsari Sugiri
Pembimbing I



Drs. Mohammad Amir, M.Sc.
Pembimbing II



Dr. Dodi Nandika, M.Sc.
Pembimbing III

Mengetahui



Ikin Mansjoer, M.Sc.
Ketua Jurusan Biologi

Tanggal Lulus: 10 APR 1991

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 17 Juni 1967 di Jakarta dari ayah D. Raffiudin dan ibu Sufiaty, sebagai anak kedua dari empat bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Santa Maria, Jakarta pada tahun 1980 dan Sekolah Menengah Pertama Regina Pacis, Jakarta pada tahun 1983. Pada tahun 1983 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Regina Pacis, Jakarta dan lulus pada tahun 1986.

Pada tahun 1986 penulis diterima sebagai mahasiswa di Institut Pertanian Bogor melalui program Penelusuran Minat dan Kemampuan (PMDK). Selanjutnya penulis diterima di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 1987. Pendidikan terakhir tersebut dapat diselesaikan pada tahun 1991.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah swt. atas rahmat dan kurnia-Nya sehingga penyusunan laporan masalah khusus ini dapat diselesaikan. Laporan masalah khusus ini merupakan salah satu syarat untuk menempuh jenjang pendidikan S₁ di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan penghargaan kepada Prof. Dr. Nawangsari Sugiri, Drs. Mohammad Amir dan Dr. Ir. Dodi Nandika M.Sc. atas petunjuk, pengarahan, dan bimbingan yang diberikan selama persiapan dan pelaksanaan penelitian hingga penulisan laporan ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Drh. Djoko Walujo atas kesediaannya sebagai wakil tim penguji dari komisi pendidikan Jurusan Biologi FMIPA IPB dalam ujian masalah khusus,
2. Prof. Dr. Rudy Tarumingkeng, Prof. Dr. Surjono Suryokusumo, dan Dr. Ir. Wasrin Syafii dari Fak. Kehutanan IPB, Prof. Dr. Soeprapto dari Fak. Kedokteran Hewan IPB, dan Ir. Satrio, M.Sc. dari Jurusan Statistika FMIPA IPB, atas segala bantuan yang telah diberikan,
3. Dr. Michael A. Yamin dari Univ. Rockefeller USA, Dr. A. K. Das dari Zoological Survey of India, Prof. Dr.

Soichi Imai dari Nippon Veterinary and Zootechnical College (Jepang), Dr. Mauldin dari Forest Service-USDA, USA dan Dr. Kazuko Yara dari Divisi Pendidikan Univ. Ryukyus-Jepang, yang telah berkenan mengirimkan literatur yang sangat dibutuhkan,

3. Staf Laboratorium Biologi Terpadu (Mbak Retno dan Pak Edi), laboran dari Laboratorium Zoologi (Mbak Tini, Pak Jupri, Pak Nunuk dan Pak Jumingan), dan laboran dari Laboratorium Hama Hasil Hutan (Pak Koko dan Pak Adang) atas bantuannya selama penelitian,
4. Ibu Soleh dan keluarga di Hutan Percobaan Yanlappa, Jasinga, atas bantuannya selama pengumpulan rayap,
5. Kedua orangtua dan keluarga penulis yang telah memberikan dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini,
6. Kang Drajat Nugraha yang selalu memberikan bantuan dan semangat,
7. Serta teman-teman penulis: Ani, Hening, Nunuk, Ima, yang turut membantu kelancaran pelaksanaan penelitian hingga penulisan laporan ini.

Semoga penelitian ini dapat terus berlanjut dan laporan masalah khusus ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membutuhkannya.

Bogor, Mei 1991

Rika Raffiudin

Pengaruh Jenis Kayu dan Waktu Pengamatan	43
KESIMPULAN DAN SARAN	56
Kesimpulan	56
Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Morfometri Genus <i>Pseudotrichonympha</i>	30
2.	Morfometri Genus <i>Holomastigotoides</i>	35
3.	Morfometri Genus <i>Spirotrichonympha</i>	39
4.	Rataan Populasi Flagelata pada Perlakuan Beberapa Jenis Kayu	44
5.	Rataan Populasi Flagelata pada Perlakuan Beberapa Waktu Pengamatan	45
6.	Laju Penurunan Populasi Flagelata Selama Tiga Minggu	46

Hal Cipta (Inventori) Unsur-unsur yang
 1. Dilindungi sebagai hak cipta adalah karya-karya kefarmasi, farmasi, dan kesehatan lainnya.
 2. Pengalihan hak cipta ke pihak lain harus dilakukan secara tertulis, dan harus disertai dengan persetujuan dari pihak yang memberikan hak cipta.
 3. Pengalihan hak cipta ke pihak lain harus dilakukan secara tertulis, dan harus disertai dengan persetujuan dari pihak yang memberikan hak cipta.
 4. Pengalihan hak cipta ke pihak lain harus dilakukan secara tertulis, dan harus disertai dengan persetujuan dari pihak yang memberikan hak cipta.
 5. Pengalihan hak cipta ke pihak lain harus dilakukan secara tertulis, dan harus disertai dengan persetujuan dari pihak yang memberikan hak cipta.
 6. Pengalihan hak cipta ke pihak lain harus dilakukan secara tertulis, dan harus disertai dengan persetujuan dari pihak yang memberikan hak cipta.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Rayap Pekerja <i>C. curvignathus</i>	9
2.	Rayap Prajurit <i>C. curvignathus</i>	10
3.	Skema Alat Pencernaan Rayap	14
4.	Skema Flagelata yang Terdapat di dalam Usus Rayap <i>C. curvignathus</i>	21
5.	Fotomikrograf Genus <i>Pseudotriconympha</i>	31
6.	Fotomikrograf Beberapa Tipe Genus <i>Holomastigotoides</i>	36
7.	Fotomikrograf Beberapa Tipe Genus <i>Spirotrichonympha</i>	39
8.	Morfologi Usus Bagian Tengah dan Belakang dari Saluran Pencernaan <i>C. curvignathus</i>	42
9.	Grafik Populasi Flagelata dengan Pengaruh Jenis Kayu dan Beberapa Waktu Pengamatan	44
10.	Grafik Populasi Genus <i>Pseudotriconympha</i> ..	47
11.	Grafik Populasi Genus <i>Holomastigotoides</i> ...	47
12.	Grafik Populasi Genus <i>Spirotrichonympha</i> ...	48

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Populasi Flagelata dengan Pengaruh Jenis Kayu dan Waktu Pengamatan	62
2.	Analisis Sidik Ragam Genus : (a) <i>Pseudotrichonympha</i> , (b) <i>Holomastigotoides</i> , dan (c) <i>Spirotrichonympha</i> ..	63
3.	Komponen Kimia Kayu Kamper, Meranti dan Sengon	65
4.	Kandungan Zat Ekstraktif pada Kayu Kamper, Meranti, dan Sengon	66

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dua puluh tahun terakhir ini kebutuhan akan bahan bangunan (perumahan) meningkat dengan cepat. Keadaan ini bukan hanya disebabkan oleh peledakan penduduk akan tetapi juga karena meningkatnya tuntutan masyarakat akan mutu pemukiman yang lebih baik. Hal ini mengakibatkan terus meningkatnya kebutuhan kayu yang merupakan komponen penting dalam konstruksi bangunan. Di pihak lain, kenyataan menunjukkan bahwa kayu yang terdapat di Indonesia, umumnya (80-85 persen) tergolong kelas awet rendah (kelas III-IV) (Oey Djoen Seng, 1965) yang mudah dirusak oleh organisme perusak kayu. Salah satu organisme perusak kayu yang banyak menimbulkan kerusakan pada bangunan di daerah tropik adalah rayap (Insecta: Isoptera) (Kalshoven, 1981).

Kerugian ekonomis yang ditimbulkan oleh rayap tidaklah kecil. Sebagai contoh menurut Koch (1972) dalam Steller dan Labosky (1982), badan penelitian kehutanan di Amerika Serikat setiap tahun mengeluarkan kurang lebih satu milyar dollar untuk mengatasi serangan rayap. Kota Bogor sendiri berdasarkan Jambak (1990) setiap tahun menderita kerugian sebesar sekitar Rp 140 juta akibat serangan rayap. Menurut Supriana (1983), penelitian menyeluruh kerugian akibat serangan rayap di Indonesia

1943). Di pihak lain flagelata mendapat makanan dan kondisi anaerob di dalam usus rayap. Rayap sangat tergantung pada flagelata karena enzim selulase untuk mencerna selulosa dari kayu sebagian atau seluruhnya disediakan oleh flagelata tersebut. Dengan perkataan lain rayap tidak dapat hidup jika flagelata di dalam ususnya sudah tidak aktif. Oleh karena itu pengetahuan tentang flagelata sangat penting sebagai salah satu usaha pengendalian rayap. Untuk mengawali pengetahuan mengenai flagelata tersebut diperlukan data taksonomi mengenai keanekaragaman flagelata yang terdapat di dalam usus rayap.

Kenyataan menunjukkan bahwa kayu selain mengandung bahan nutrisi juga mengandung zat ekstraktif yang diduga bersifat racun bagi rayap baik langsung maupun tidak langsung (Jurd dan Manners, 1980; Yazaki, 1982; Steller dan Labosky, 1984). Hal itu disebabkan komponen zat ekstraktif mempengaruhi kehidupan flagelata di dalam usus rayap (Mauldin, Carter dan Rich, 1981a; 1981b). Berdasarkan pertimbangan di atas perlu dilakukan penelitian tentang flagelata yang terdapat di dalam usus rayap dan pengaruh beberapa jenis kayu sebagai pakan rayap terhadap populasi flagelata tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan metode pengendalian rayap secara hayati.



Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui :

1. Genus flagelata yang terdapat pada usus rayap *Coptotermes curvignathus* Holmgren.
2. Pengaruh tiga jenis kayu (kamper, meranti, sengon atau jeunjing) sebagai pakan rayap terhadap populasi flagelata di dalam usus rayap *C. curvignathus*.

Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Di dalam usus rayap *C. curvignathus* terdapat flagelata yang hidup bersimbiosis secara mutualisme.
2. Diduga rayap *C. curvignathus* memiliki lebih dari satu genus flagelata.
3. Setiap genus flagelata berbeda responnya terhadap jenis pakan



TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Rayap

Rayap (Ordo Isoptera) di Indonesia umumnya dikenal dengan sebutan 'anai-anai' atau 'rinyuh'. Sedangkan di daerah subtropik rayap disebut 'semut putih' (*white ant*) karena dengan semut (Ordo Hymenoptera) selintas keduanya mempunyai morfologi yang hampir sama (Borrer dan de Long, 1971). Sebenarnya tidak ada hubungan evolusi (filogeni) antara rayap dengan semut. Menurut Honigberg (1970) hubungan lebih erat sebenarnya terjadi antara rayap dengan kecoa (Blattaria: Dictyoptera).

Telah diidentifikasi kurang lebih 1900 spesies rayap dan fosilnya yang sebagian besar ditemukan di daerah tropik. Krishna (1969) mengklasifikasikan rayap menjadi enam famili, yaitu famili Mastotermitidae, Kalotermitidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, dan Termitidae. Lima famili yang pertama dikenal sebagai rayap tingkat rendah, sedangkan famili keenam yang meliputi 75 persen dari seluruh spesies yang diketahui tergolong rayap tingkat tinggi.

Berdasarkan habitatnya, Roonwal (1979) mengklasifikasikan rayap menjadi dua golongan, yaitu rayap penghuni kayu (*wood dwelling termites*) dan rayap penghuni tanah (*earth dwelling termites*). Rayap penghuni kayu meliputi rayap yang hidup di dalam kayu kering maupun kayu lembab

sedangkan rayap penghuni tanah membentuk sarang di dalam tanah atau sarangnya masih berhubungan dengan tanah yang dibedakan atas rayap subteran, rayap pembentuk bukit tanah dan rayap bersarang karton. Menurut Amir (1990)⁽¹⁾ di Indonesia hanya terdapat tiga famili rayap yaitu famili Kalotermitidae (rayap kayu kering), Rhinotermitidae dan Termitidae keduanya termasuk rayap subteran.

Biologi Rayap

Rayap merupakan kelompok serangga sosial yang sangat jelas pembagian tugasnya, yang dinyatakan dalam pembagian kasta. Lee dan Wood (1971) membagi kasta berdasarkan kemampuannya bereproduksi, yaitu kasta reproduktif yang terdiri dari raja dan ratu yang bersayap serta kasta steril yang terdiri dari prajurit dan pekerja yang tidak bersayap.

Kasta reproduktif terdiri dari reproduktif primer (pendiri koloni) yang umum disebut laron dan reproduktif sekunder yang terbentuk jika kasta reproduktif primer sudah kurang atau tidak berfungsi lagi. Ciri khas kasta ini adalah adanya sepasang sayap pada dua ruas toraks terakhir. Ciri lainnya adalah selama masa hidupnya mengalami satu periode yang menyenangi sinar (*photo positive*) meskipun umumnya rayap memiliki sifat kriptobiotik (senang sembunyi).

⁽¹⁾ Komunikasi pribadi



Pada famili Termitidae dalam waktu satu tahun abdomen ratu akan membesar sampai 5-7 cm, sedangkan raja tidak banyak mengalami perubahan ukuran tubuhnya. Selama hidupnya ratu hanya bertugas untuk bertelur, didampingi oleh raja yang selalu berada di sekitarnya (Skaife, 1954).

Menurut Hickin (1971) pemeliharaan sarang, pengatur keseimbangan kasta, pemberian maupun pencarian makanan untuk ratu, raja, prajurit dan semua imago dilakukan oleh rayap pekerja yang jumlahnya mencapai 90 persen dari seluruh anggota koloni. Kelompok rayap inilah yang bertanggungjawab dalam merusak kayu. Meskipun demikian, rayap sebenarnya mempunyai peranan penting dalam menyelenggarakan daur hutan secara efisien. Rayap menghancurkan reruntuhan hutan yang tanpa henti bertambah terus (Farb, 1981).

Rayap prajurit yang hanya berjumlah sepuluh persen dari seluruhnya bertugas menjaga koloni dari serangan musuh. Ciri khas kasta ini adalah mandibulanya yang telah termodifikasi menjadi besar, kepala berstruktur kuat dengan sklerisasi yang jelas. Prajurit rayap *Nasutitermes* mandibulanya mengecil. Dalam pertahanan koloni rayap prajurit tidak menggunakan mandibulanya tetapi menyempatkan cairan beracun pada musuhnya melalui bagian kepala yang disebut 'nagus' (hidung). Bentuk mandibula yang khas ini seringkali digunakan sebagai ciri identifikasi



spesies rayap. Bentuk kepala tersebut menghambat kasta prajurit untuk mendapatkan makanannya sendiri.

Biologi *Coptotermes curvignathus* Holmgren.

C. curvignathus termasuk rayap subteran yang paling luas serangannya di Indonesia. Menurut Ahmad (1965) sistematik rayap jenis ini adalah sebagai berikut:

- Klas : Insecta
 Ordo : Isoptera
 Famili : Rhinotermitidae,
 Subfamili : Coptotermitinae
 Genus : *Coptotermes*.
 Spesies : *C. curvignathus*

Menurut Tarumingkeng (1971) *Coptotermes* merupakan genus yang terbesar dari famili Rhinotermitidae. Kalshoven (1961) dalam Natawiria (1974) menyatakan bahwa rayap *Coptotermes* adalah satu-satunya genus dari subfamili Coptotermitinae yang tersebar di daerah tropik dan banyak juga di daerah Oriental dan Australia. Genus ini di daerah tropik banyak terdapat di daerah dataran rendah yang bercurah hujan tinggi dan teratur. Fenomena ini menunjukkan bahwa rayap jenis ini memerlukan air dalam jumlah besar dan kelembaban nisbi yang tinggi (95 - 98 persen), oleh karena itu serangan rayap tersebut banyak terjadi pada bulan Agustus sampai Oktober.



Coptotermes termasuk jenis rayap yang dapat cepat menyesuaikan diri terhadap keadaan yang berbeda dengan habitat sebelumnya (Kalshoven, 1963 dalam Natawiria 1974). Sarang *C. curvignathus* sebenarnya terdapat di dalam tanah. Namun bila habitat aslinya diganggu karena diubah menjadi hutan tanaman maka koloni-koloni rayap akan mempertahankan hidupnya dengan mempergunakan sisa-sisa kayu, kayu-kayu terbakar dan tunggak-tunggak sebagai bahan makanannya. Hal ini terjadi pada Hutan Percobaan Yanlappa yang sebelumnya merupakan hutan alam. Bahkan rayap ini dapat berubah menjadi 'rayap rumah' bila daerahnya diubah menjadi daerah perumahan.

Kasta pekerja *C. curvignathus* yang berwarna putih pucat (Gambar 1) mampu memperluas serangannya karena kelompok pekerja ini mampu membentuk saluran-saluran yang ditutupi oleh tanah yang melekat pada tembok maupun



1 mm

Gambar 1. Rayap Pekerja *C. curvignathus*

bahan tanaman yang masih hidup maupun yang sudah mati. Rayap *C. curvignathus* hidup dengan makan pohon baik yang masih hidup maupun sudah ditebang. Dalam keadaan tertentu bahan-bahan seperti kulit atau plastik diserang pula (Hickin, 1971). Rayap juga bersifat kanibal yaitu makan individu yang sudah tua dan tidak berfungsi lagi juga makan rayap yang mati. Dalam keadaan terdesak rayap juga akan memakan sesamanya di dalam suatu koloni. Beberapa jenis rayap tingkat tinggi 'membuat kebun jamur' (*fungus garden*) sebagai sumber makanannya.

Berdasarkan cara bersarang dan kondisi makanannya, rayap dibagi menjadi dua kelompok utama. Kelompok pertama adalah rayap kayu kering yang hidup dan bersarang di dalam kayu kering yang menjadi makanannya. Termasuk dalam kelompok ini adalah famili Kalotermitidae. Kelompok kedua adalah rayap subteran yang mencapai makanannya dari sarangnya di dalam tanah dan keluar melalui terowongan yang dibuat khusus. Rayap yang tergolong di dalam kelompok ini adalah famili Mastotermitidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae dan Termitidae.

Peristiwa perpindahan makanan dari rayap pekerja kepada rayap kasta lainnya disebut *trofalaksis* (Hickin, 1971). Ada dua jenis makanan yang dipindahkan, yaitu makanan yang dimuntahkan dari mulut yang berupa substansi cair disebut makanan *stomodeal*, serta makanan yang berupa



tetesan isi kantung rektum dikenal dengan makanan *proctodeal*. Jenis makanan ini bukan merupakan kotoran atau *faeces* yang dikeluarkan, tapi merupakan substansi cair yang berasal dari kantung rektum.

Menurut McBee (1977) dalam Clarke dan Bauchop (1977) sistem perpindahan makanan pada rayap tingkat rendah termasuk *C. curvignathus* lebih banyak secara *proctodeal*. Hal itu disebabkan sistem *proctodeal* lebih efektif dalam penyampaian kembali mikroorganisme terutama flagelata. Sedangkan makanan *stomodeal* selain hanya sebagian yang sudah dicerna, juga tidak mengandung flagelata.

Perilaku Makan di Lapang dan di Laboratorium

Di lapang atau di alam rayap dihadapkan kepada keadaan banyak pilihan makanan. Dalam keadaan ini mereka akan memilih tipe makanan yang mengandung selulosa yang cukup, tetapi juga tipe makanan yang mudah dikunyah dan mudah digigit. Karena gigitan rayap bersifat mekanis, tipe makanan yang sangat keras akan dihindari jika tipe makanan yang lebih lunak tersedia.

Secara laboratoris, beberapa faktor alam yang harus dikendalikan adalah suhu, kelembaban udara, kebutuhan air pada taraf optimum serta pencegahan kematian rayap akibat penyakit atau penurunan kualitas makanan. Di laboratorium, lingkungan tersebut sudah dibuat manusia atas dasar persyaratan hidup rayap di alam. Menurut Supriana (1983)

dalam keadaan serupa ini rayap dihadapkan kepada keadaan pilihan tunggal atau terpaksa. Dalam keadaan terpaksa rayap akan makan makanan yang diberikan. Pada taraf awal rayap akan melakukan penyesuaian dengan lingkungan hidup yang sesuai dengan lingkungan yang disediakan. Pada tahap ini aktivitas makan rayap masih rendah, bagi yang tidak mampu menyesuaikan diri akan mati. Rayap yang berhasil menyesuaikan diri dengan lingkungan hidup yang disediakan akan melakukan orientasi makanan.

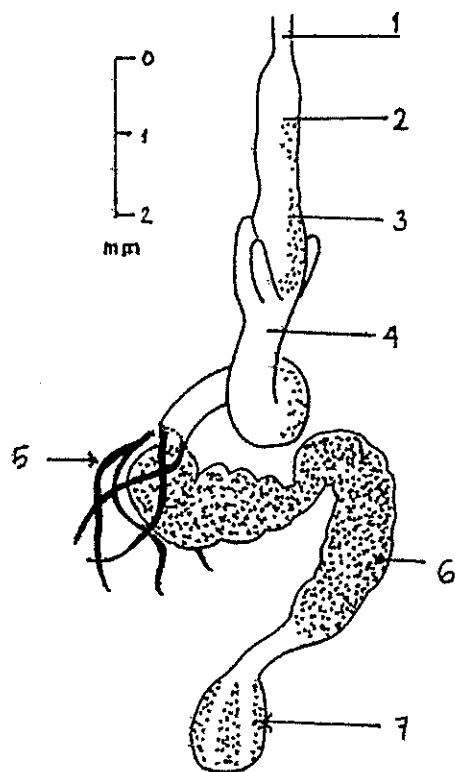
Orientasi ini dapat berlangsung secara acak atau dapat pula berlangsung karena faktor tertentu, misalnya karena sejenis bau dari makanan yang diberikan. Tahap ketiga rayap mencoba mencicipi makanan yang diberikan dengan jalan menggigit bagian permukaan makanan. Bila bagian itu tidak sesuai, mereka akan beralih ke bagian lain hingga ditemukan bagian yang sesuai dan memenuhi syarat sebagai makanan. Jika makanan sesuai, rayap akan meneruskan makan. Sebaliknya bila makanan itu tidak memenuhi syarat, rayap akan memilih berpuasa. Rayap yang lemah akan berangsur-angsur mati atau sakit.

Alat Pencernaan Rayap

Menurut Hickin (1971) sistem saluran pencernaan makanan pada rayap seperti halnya pada semua serangga terdiri dari tiga bagian, yaitu usus depan, usus tengah dan usus belakang (Gambar 3). Sistem ini diawali dari mulut

dengan faring (*pharynx*) yang berhubungan langsung dengan esofagus. Faring berbentuk lurus dan sempit di bagian depan, membesar di bagian belakang. Pada setiap sisi saluran itu terdapat kelenjar saliva.

Setelah esofagus terdapat bagian yang membesar, yaitu tembolok (*crops*) yang menjadi tempat penyimpanan sementara makanan, terbentuk dari dinding tipis yang akan membesar jika terisi makanan (O'Brien dan Slaytor, 1982).



Keterangan:

1. Esofagus
2. Tembolok
3. Rempela/Proventrikulus
4. Usus tengah/Ventrikulus
5. Tubulus Malpighi
6. Kantung rektum
7. Rektum

Gambar 3. Skema Alat Pencernaan Rayap (Noirot dan Noirot-Timothee (1969)

Makanan dapat bertahan dalam tembolok karena adanya otot sirkular yang menahannya agar tidak masuk ke proventrikulus atau rempela yang terletak berbatasan dengannya. Makanan dihaluskan dalam rempela, setelah itu masuk ke dalam usus tengah atau ventrikulus. Usus tengah berbentuk silinder, banyak mengandung epitel ekskretori. Di bagian akhir usus tengah yang menuju usus belakang terdapat bagian pascaventrikulus (*post ventriculus*) yang melekat sepuluh filamen ekskretori, disebut *tubulus Malpighi*. Di dalam pascaventrikulus juga terdapat gigi-gigi pembatas yang menghambat agar flagelata tidak kembali ke usus tengah. Selanjutnya adalah bagian usus yang terbesar, yaitu usus belakang yang terdiri dari kantung rektum, kolon dan rektum. Kantung rektum meliputi sebagian besar usus belakang. Bagian ini terbagi menjadi tiga segmen yang di dalamnya terdapat sejumlah besar mikroorganisme, protozoa (flagelata), bakteri dan spirokaeta. Lai dan Tamashiro (1986) menyatakan bahwa pada ketiga bagian tersebut terdapat perbedaan genus flagelata yang mendominasinya. Hal itu karena adanya perbedaan kandungan oksigen pada ketiga bagian usus itu. Bukti yang menunjang hal tersebut antara lain adalah pendapat Cleaveland (1925d, 1925e), dan Mauldin *et al* (1972, 1977) yang menyatakan bahwa flagelata pada rayap sangat sensitif terhadap suplai oksigen.



dungan berupa tempat tinggal yang anaerob dan makanan kepada flagelata. Di pihak lain flagelata menyumbangkan enzim selulase untuk pencernaan selulosa yang masuk ke dalam saluran pencernaan rayap. Rayap juga memanfaatkan hasil akhir dari metabolisme selulosa yang berupa asam asetat dengan menggunakannya sebagai salah satu sumber energi.

Kemampuan flagelata mencerna kayu diperlihatkan dengan kemampuan flagelata tersebut mencerna kayu di dalam kultur *in vitro*. Seperti yang dinyatakan oleh Cleveland (1925a) yang meneliti flagelata *Trichonympha* bahwa serpihan kayu masuk ke dalam tubuh flagelata tersebut melalui bagian posterior yang sedang berinvaginasi. Serpihan kayu yang telah masuk akan terlihat jelas dalam tubuh flagelata. Dengan mematikan flagelata melalui pemberian oksigen pada jumlah tertentu, maka beberapa hari kemudian rayap akan mati.

Pada dasarnya rayap juga menghasilkan enzim selulase seperti yang berhasil diekstrak dari usus rayap *Zootermopsis angusticollis* dan *Reticulitermes*. Akan tetapi enzim selulase yang dihasilkan rayap belum mencukupi seluruh enzim selulase yang dibutuhkan. Oleh karena itu enzim selulase yang sama yang dihasilkan flagelata melengkapi dan memenuhi kebutuhan rayap (Yamin, 1981).

Menurut Breznak dan Pankratz (1976) Selain flagelata, di dalam usus rayap terdapat juga sejumlah bakteri dan spirokaeta. Penelitian terhadap rayap *Reticulitermes flavipes* dan *Coptotermes heimi* di India membuktikan bahwa spirokaeta tidak bertanggung jawab terhadap metabolisme selulosa. Hal ini telah dibuktikan karena dengan cara mengurangi atau menghilangkan spirokaeta (tanpa mengganggu flagelata) ternyata kehidupan rayap dapat terus berlangsung.

Menurut Yamin (1981), flagelata yang diisolasi dari rayap dapat tumbuh tanpa bakteri dan tetap dapat menghasilkan asetat yang merupakan hasil perombakan selulosa oleh selulase. Banyak peneliti yang menghubungkan kemampuan flagelata mencerna selulosa karena adanya bantuan bakteri (Breznak, 1982). Sejumlah besar bakteri pengikat nitrogen banyak ditemukan pada usus rayap.

Interaksi yang saling menguntungkan antara rayap dan flagelata ini, terjadi pada rayap tingkat rendah (Honigberg, 1970). Semakin primitif atau rendah tingkat kehidupan rayap maka semakin besar ketergantungannya pada flagelata. Rayap tingkat tinggi yaitu famili Termitidae justru tidak mengadakan simbiosis secara mutualisme dengan flagelata. Ketidaktergantungan ini disebabkan rayap itu hanya sedikit mengkonsumsi selulosa. Sumber makanan lain adalah 'kebun jamur', ataupun humus (Misra, 1964).

Metabolisme Selulosa

Menurut O'Brian dan Slaytor (1982) sistem enzimatik yang menghidrolisis selulosa meliputi dua tipe selulase: [1,4-(1.3;1,4)- β -D-glucan-4-glucanohydrolase, EC3.2.1.4], yang disebut C_1 dan C_x . Enzim C_1 aktif dalam menghancurkan kristal atau selulosa murni dan bertindak sebagai *eksoglukanase*. Sedangkan sistem enzimatik C_x menghidrolisis non-kristal selulosa atau turunan selulosa terlarut (misalnya karboksिमethylsellulose) dan bertindak sebagai *endoglukanase*.

Enzim ketiga yang menyempurnakan hidrolisis adalah selobiose yang menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa. Rayap prajurit tidak mampu menelan makanannya langsung karena selain terjadi sklerisasi pada mandibulanya. Makanan juga tidak dapat dicerna dengan baik karena kasta ini hanya memiliki enzim selobiase. Oleh karena itu kasta prajurit mendapat makanan *stomodéal* dan *proctodéal* dari para pekerjanya.

Hungate (1943) dan Cook (1943) telah berhasil memperlihatkan selulase yang melakukan fermentasi 70 - 75 persen selulosa menjadi asetat, karbon dioksida dan hidrogen. Asetat digunakan oleh rayap sebagai sumber energi. Walaupun demikian simbiosis antara flagelata dengan rayap tidak sesederhana itu. Hal itu disebabkan rayap

yang sudah dihilangkan protozoanya tidak dapat hidup hanya diberikan asetat saja.

Flagelata yang Terdapat pada *Coptotermes*

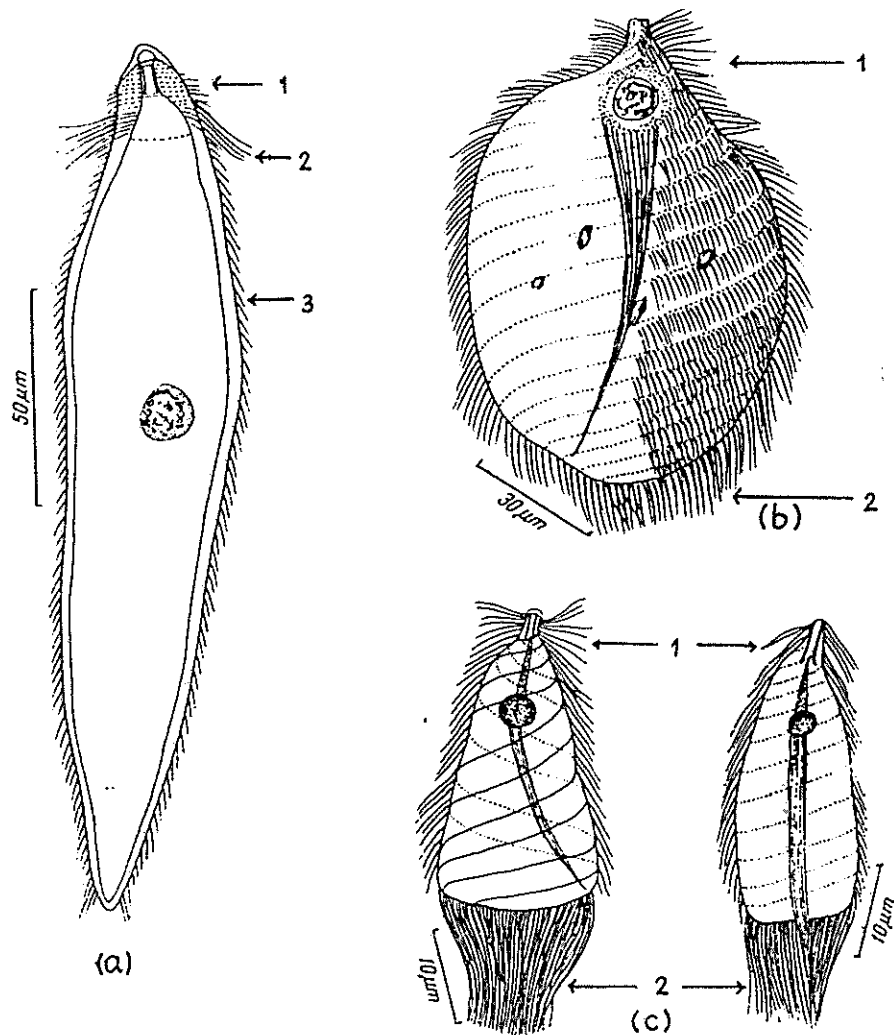
Uttangi dan Joseph (1960) menyatakan bahwa setiap rayap inang mempunyai flagelata yang spesifik walaupun belum dapat dikatakan secara umum. Komposisi flagelata pada suatu jenis rayap dapat berbeda tergantung pada jenis kayu yang menjadi makanannya. Hal ini disebabkan karena kayu mempunyai kandungan zat kimia, seperti selulosa, lignin, dan zat ekstraktif dalam jumlah berbeda.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Koidzomi (1921) pada *Coptotermes formosanus* di Jepang dan pada *C. heimi* oleh Das (1976) di India, terdapat kesamaan genus flagelata pada kedua jenis rayap tersebut.

Menurut Yamin (1979) hampir semua spesies rayap *Coptotermes* dihuni flagelata genus *Pseudotrichonympha*, *Holomastigotoides*, dan genus *Spirotrichonympha*, (Gambar 4) dengan keanekaragaman spesies yang tinggi.

Masing-masing rayap mempunyai flagelata yang spesifik walaupun belum dapat dikatakan secara umum (Uttangi dan Joseph, 1960). Menurut Uttangi dan Joseph (1960) tidak terlihat adanya hubungan evolusi yang paralel antara flagelata simbiotik dengan rayap sebagai inangnya. Rayap yang mempunyai karakter sederhana tidak selalu mengandung flagelata kelas rendah dan demikian sebaliknya.

nya dengan rayap tingkat tinggi. Baik flagelata yang belum maju maupun yang sudah maju, keduanya sering ditemukan.



Gambar 4. Skema Flagelata yang Terdapat di dalam Usus Rayap *C. curvignathus* (Das, 1976)
 (a) Genus *Pseudotrichonympha*;
 (b) Genus *Holomastigotoides* dan
 (c) Genus *Spirotrichonympha*
 (1) Flagelum tipe I
 (2) Flagelum tipe II
 (3) Flagelum tipe III

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai pertengahan bulan Juni 1990 sampai dengan bulan Oktober 1990 di Laboratorium Terpadu Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam - Institut Pertanian Bogor; Laboratorium Hama Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan - Institut Pertanian Bogor; Laboratorium Entomologi, Balai Penelitian dan Pengembangan Zoologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia; dan Hutan Percobaan Yanlappa, Jasinga.

Metode Penelitian

Penyiapan rayap

Rayap *C. curvignathus* dikumpulkan dari sarang rayap di Hutan Percobaan Yanlappa, Jasinga, menggunakan umpan kayu pinus berukuran 10 x 8 x 1.5 cm, yang bagian tengahnya dibuat celah memanjang. Sebelum kayu pinus dimasukkan ke dalam kaleng yang bagian dasarnya mempunyai beberapa lubang, kayu tersebut direndam dalam air selama tiga hari. Kaleng berisi potongan kayu pinus diletakkan dengan posisi telungkup pada tanah yang di bawahnya terdapat sarang rayap *C. curvignathus*. Spesimen rayap yang terkumpul dibawa ke laboratorium dengan memasukkan kaleng susu yang sudah berisi rayap tersebut ke dalam kaleng minyak besar. Selama perjalanan kondisi di dalam kaleng

bekas minyak selalu diusahakan lembab dengan meletakkan kertas basah di dalamnya. Rayap diidentifikasi untuk memastikan spesies tersebut *C. curvignathus*, dengan menggunakan kunci identifikasi 'Termites of Thailand' (Ahmad, 1965).

Pengamatan Flagelata

Bagian antara toraks dan abdomen dijepit dengan pinset untuk mengeluarkan usus rayap di bawah mikroskop stereo. Bagian lateral abdomen rayap disayat/dirobek dengan jarum halus (sonde) sehingga usus keluar. Usus ditempatkan pada gelas objek cekung yang telah ditetaskan formalin sepuluh persen atau NaCl fisiologis 0.3 persen.

Usus rayap dipotong dengan gunting pada bagian tubulus Malphigi yaitu diantara usus tengah dan usus belakang. Usus tengah dan tubuh rayap disingkirkan dan usus belakang ditekan perlahan dengan jarum sonde untuk mengeluarkan flagelata. Teknik perlakuan rayap maupun flagelata adalah modifikasi dari teknik Mauldin *et al* (1981b).

Identifikasi Flagelata

Identifikasi flagelata dilakukan untuk menentukan beberapa genus flagelata yang ada, dengan menggunakan kunci identifikasi yang dirangkum oleh Kudo (1971) di bawah mikroskop. Pengamatan morfologi dilakukan dengan bantuan hasil penelitian Koidzumi (1921), Cleveland

(1935), Das (1976) dan Yamin (1979). Pengamatan genus flagelata dilakukan baik pada preparat segar maupun preparat semi awetan (Kirby, 1926; Suntoro, 1983). Preparat semi awetan dibuat dengan menggunakan larutan fiksasi Bouin dan larutan pewarna Haematoksilin. Komposisi larutan tersebut adalah sebagai berikut (Suntoro, 1985) :

Larutan Bouin :

- Asam pikrat jenuh, aquosa 75 ml
- Formaldehid 25 ml
- Asam asetat glasial 5 ml

Haematoksilin (Delafield) :

- Haematoksilin 3.5 g
- Ammonia alum 27 g
- Akuades 320 ml
- Alkohol absolut 100 ml
- Gliserol 80 ml

Preparat segar flagelata dengan pipet diteteskan 2 - 3 tetes larutan fiksatif Bouin dan ditunggu selama 1.5 - 2 jam. Setelah itu dibilas dengan akuades. Pewarnaan dilakukan dengan meneteskan satu tetes larutan pewarna Haematoksilin selama 1 - 3 detik, langsung dibilas dengan akuades, lalu dilakukan pemotretan preparat basah dan semi awetan dengan mikroskop foto dengan perbesaran 40 x 10. Juga dilakukan pemotretan sebuah penampang

saluran pencernaan rayap yang masih utuh dengan perbesaran 10 x 100.

Penyiapan Kayu dan Lingkungan Percobaan

Dalam percobaan ini digunakan tiga jenis kayu yaitu kayu kamper (*Dryobalanops* sp.), meranti (*Shorea leprosula*) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*). Ketiga jenis kayu tersebut dipotong membentuk lapisan tipis dan serbuk dengan mesin pencacah kayu. Ke dalam masing-masing cawan petri yang sudah dilapisi kertas karbon hitam dimasukkan satu jenis potongan lapisan tipis kayu beserta serbuknya sebanyak kurang lebih 8 g. Sejumlah 200 rayap pekerja dan 20 rayap prajurit dimasukkan ke dalam masing-masing cawan petri (diameter 20 cm). Seluruh cawan petri disimpan dalam sebuah inkubator dengan RH 95 persen, suhu 25°C).

Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan lingkungan *Rancangan Acak Lengkap* dengan rancangan perlakuan berupa *Rancangan Petak Terbagi* untuk mengetahui pengaruh tiga jenis kayu terhadap populasi masing-masing genus flagelata. Sebagai petak utama adalah jenis kayu dan anak petak adalah waktu pengamatan. Petak utama (jenis kayu) yang digunakan yaitu kayu kamper, meranti, dan sengon. Anak petak (waktu pengamatan) terdiri dari empat kali penga-



matan yaitu minggu 0 (sebagai kontrol, yaitu populasi alami masing-masing genus flagelata di alam), minggu I, minggu II, dan minggu III. Setiap perlakuan petak utama (jenis kayu) diulang tiga kali sehingga seluruhnya terdapat sembilan cawan petri. Setiap ulangan diambil tiga rayap sebagai anak contoh. Seluruh waktu pengamatan dilakukan pada cawan petri yang sama. Analisis populasi flagelata dilakukan dengan menghitung jumlah masing-masing genus flagelata dengan menggunakan *counter*.

Model Rancangan adalah (Steel dan Torrie, 1980):

$$Y_{ijk1} = u + A_i + e_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk} + P_{ijk1}$$

Y_{ijk1} = Pengaruh pada anak contoh ke-1, ulangan ke-k karena perlakuan petak utama A ke-i dan anak petak B ke-j

u = Nilai tengah atau rata-rata umum

A_i = Pengaruh petak utama : kayu, $i = 1, 2, 3$

e_i = Pengaruh galat petak utama

B_j = Pengaruh anak petak : waktu, $j = 1, 2, 3, 4$

$(AB)_{ij}$ = Pengaruh interaksi A ke-i dan B ke-j

E_{ijk} = Pengaruh galat anak petak

P_{ijk1} = Pengaruh galat murni (anak contoh)

Pengamatan dilakukan pada jumlah atau kelimpahan individu masing-masing genus flagelata pada setiap waktu pengamatan, lama rayap dapat bertahan hidup, panjang dan lebar flagelata, panjang dan lebar inti, panjang beberapa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Taksonomi Flagelata

Dari pengamatan dapat dikelompokkan tiga kelompok flagelata yang masing-masing berbeda morfologinya. Kelompok flagelata I sangat khas terlihat di antara genus flagelata lainnya yang ada pada rayap *C. curvignathus*. Bentuknya jauh lebih besar dan lebih panjang dibanding kelompok flagelata lain. Ukuran panjang dan lebar tubuh adalah 150.14 x 31.20 um (Tabel 1). Ciri khas lain yang membedakannya dengan kelompok flagelata lain adalah bagian anterior tubuhnya yang berbentuk seperti lonceng. Tubuh bagian anterior dipisahkan dari bagian posterior dengan sekat yang tampak membentuk setengah lingkaran, seakan menjadi batas antara ekstrimitas anterior dengan posterior (Gambar 5a). Ukuran bagian terlebar lonceng adalah 13.10 um. Di bagian tengah lonceng terdapat tabung rostral dengan panjang 6 um yang dikelilingi oleh dua lapis endoplasma. Tepat di bagian depan tabung rostral terdapat tutup apikal berbentuk setengah lingkaran yang hanya dikelilingi oleh satu lapis endoplasma. Baik tabung rostral maupun tutup apikal tampak transparan (Gambar 5b). Bagian lonceng atau anterior ini diselaputi oleh tiga macam flagelum yang dapat dibedakan satu dengan lain berdasarkan lokasi dan panjang flagelum. Pertama adalah flagelum yang terdapat pada bagian anterior (Gambar 4a,

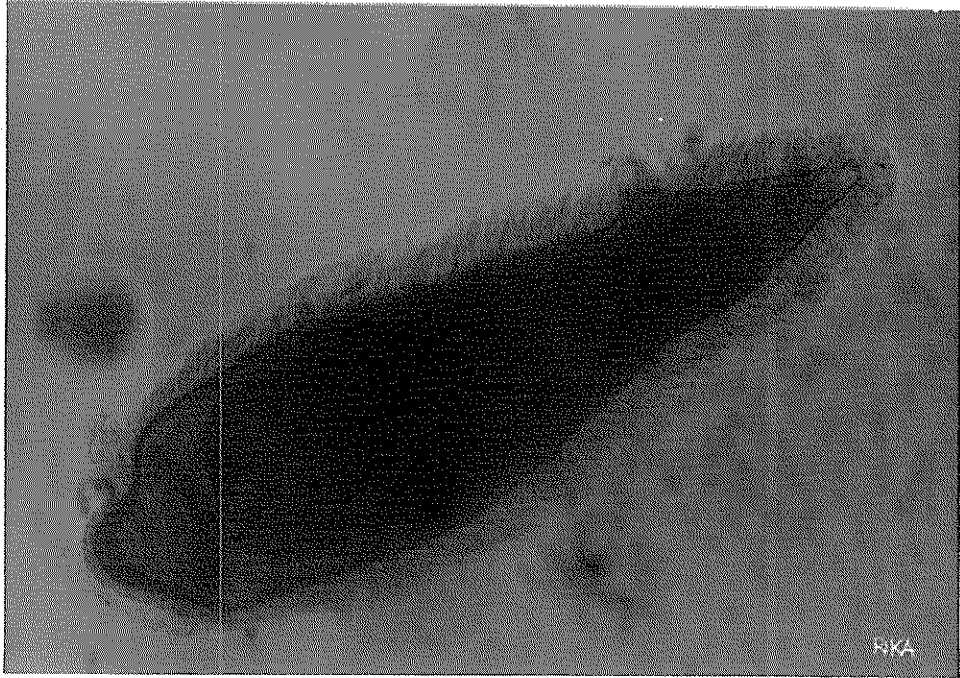
Tabel 1. Morfometri Genus *Pseudotriconympha*

Bagian Tubuh	Panjang rata-rata (um)	Lebar rata-rata (um)
Seluruh tubuh	150.14	31.20
Inti	9.30	8.60
Rostrum	6.00	-
Lebar bagian lonceng	13.10	-
Flagelum tipe I	3.88	-
Flagelum tipe II	8.00	-
Flagelum tipe III	6.50	-

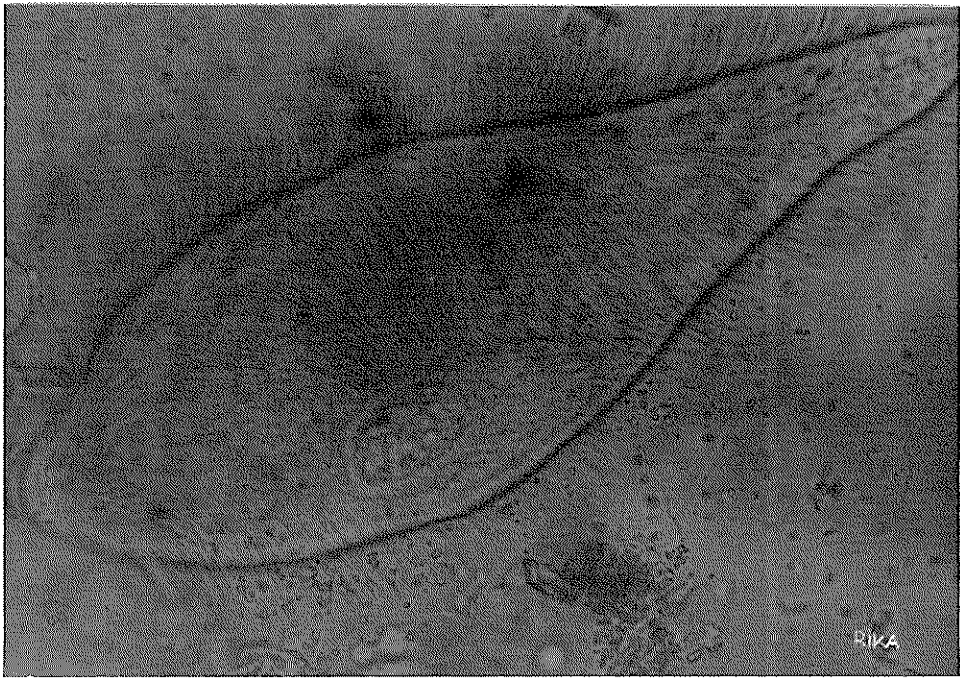
kecoa. Selain itu flagelata ini hanya memiliki satu inti, walaupun demikian, sitoplasmanya terdiri atas bagian-bagian yang sangat kompleks. Reproduksi aseksualnya berdasarkan pembelahan secara longitudinal.

Ordo Hypermastigida mempunyai delapan famili, yaitu: famili Holomastigotidae, Lophomonadidae, Hoplonymphidae, Staurojoeninidae, Kofoiidae, Trichonymphidae, Eucomonymphidae dan famili Teranymphidae. Anggota masing-masing famili ini memiliki bentuk yang sangat khas.

Selanjutnya genus *Pseudotriconympha* ini tergolong famili Trichonymphidae karena individu Trichonymphidae mempunyai bagian anterior yang sangat berdeferensiasi dengan moncong yang dilapisi dengan dua lapisan endoplasma pada dinding tubuh. Selain itu, bagian anterior tampak tebal dipadati dengan banyak flagelum yang melintang.



(a)



(b)

10 um

Gambar 5. Fotomikrograf Genus *Pseudotriconympha*
(a) dengan pewarnaan
(b) tanpa pewarnaan

Anggota famili ini berukuran sangat besar, relatif lebih besar dibandingkan dengan flagelata lain. Karena tubuhnya yang besar itu maka dapat terlihat sebuah inti yang juga berukuran cukup besar.

Menurut Cleveland (1925d) flagelata ini tidak mempunyai mulut yang permanen, makanan dicerna melalui bagian ujung belakang tubuh. Hal ini tampak dalam pengamatan serpihan kayu masuk ke dalam tubuh melalui tubuh bagian belakang dengan posisi endosentrik. Pembelahan melalui pembelahan longitudinal sederhana, sedangkan inti membelah secara mitosis, dan makanan masuk secara holozoik.

Selama ini telah ditemukan dua genus dalam famili Trichonymphidae, yaitu genus *Trichonympha* dan *Pseudotrichonympha*. Kedua genus tersebut hampir serupa dalam morfologi tubuh bagian anterior, yaitu bentuknya menyerupai lonceng. Hal yang membedakan kedua genus itu adalah genus *Trichonympha* mempunyai ujung posterior yang membulat seperti mangkuk, sedangkan genus *Pseudotrichonympha* mempunyai bagian posterior yang memanjang dengan ujung meruncing.

Berdasarkan populasinya, genus *Pseudotrichonympha* merupakan genus yang terkecil jumlahnya, tetapi karena tubuhnya yang besar maka tampak mendominasi seluruh populasi. Pada pengamatan genus ini terlihat memiliki dua



tipe flagelata (Gambar 5a dan 5b) yang diduga merupakan spesies tersendiri.

Bila dibandingkan dengan kelompok flagelata I, kelompok flagelata II memiliki ukuran sedang, yaitu 50.37 um (Tabel 2). Secara umum tubuh membulat dengan ujung anterior yang makin meruncing (Gambar 5). Kelompok flagelata II pembagian tubuh anterior dan posteriornya tidak jelas seperti halnya pada genus *Pseudotrichonympha*.

Berbeda dengan genus *Pseudotrichonympha*, kelompok flagelata II pada tubuhnya banyak terdapat jajaran badan basal yang berbentuk spiral sebagai tempat flagelum berasal. Perbedaan lainnya adalah kelompok flagelata II hanya memiliki dua jenis flagelum, yaitu flagelum yang mengelilingi tubuh bagian anterior dan lateral (Tipe I) dan flagelum di bagian posterior (Tipe II).

Umumnya flagelata kelompok lain bergerak dan berenang maju ke muka. Namun pergerakan flagelata ini sangat khas dan berbeda dari yang lain, yaitu dengan maju secara bergulung-gulung ke muka.

Inti kelompok flagelata II ini tidak berhasil diamati, tetapi menurut Das (1976), inti terletak di bagian anterior. Terdapat pula aksostil yang terdiri dari fibril-fibril halus yang memanjang dari ujung posterior inti hingga bagian posterior tubuh (Gambar 3b). Dibandingkan dengan genus flagelata lain, kelompok ini terdiri

atas tipe-tipe flagelata yang cukup beragam. Umumnya kelompok flagelata lain hanya terdiri atas dua hingga tiga tipe yang berbeda, sedangkan kelompok flagelata II ini tampak terdiri atas delapan tipe yang diperkirakan masing-masing merupakan spesies tersendiri. Fenomena ini sesuai dengan kunci identifikasi Das (1981).

Kelompok flagelata II berdasarkan ciri khas morfologi tergolong genus *Holomastigotoides* dengan sistematik⁽¹⁾ :

- Filum : Protozoa
- Subfilum : Plasmodroma
- Klas : Mastigophora
- Subklas : Zoomastigida
- Ordo : Hypermastigida
- Famili : Holomastigotoidae
- Genus : *Holomastigotoides*

Genus *Holomastigotoides* tergolong dalam ordo Hypermastigida, juga karena memiliki sangat banyak flagelum dan khas hanya menghuni saluran pencernaan rayap. Selanjutnya genus ini tergolong dalam famili Holomastigotoidae karena berbeda dengan famili Trichonymphidae. Famili ini batas tubuh antara bagian anterior dan posteriornya tidak jelas. Ukuran tubuh flagelata ini juga jauh lebih kecil dibanding flagelata famili Trichonymphidae.

(1) Berdasarkan kunci pengenalan protozoa dari Kudo (1971)

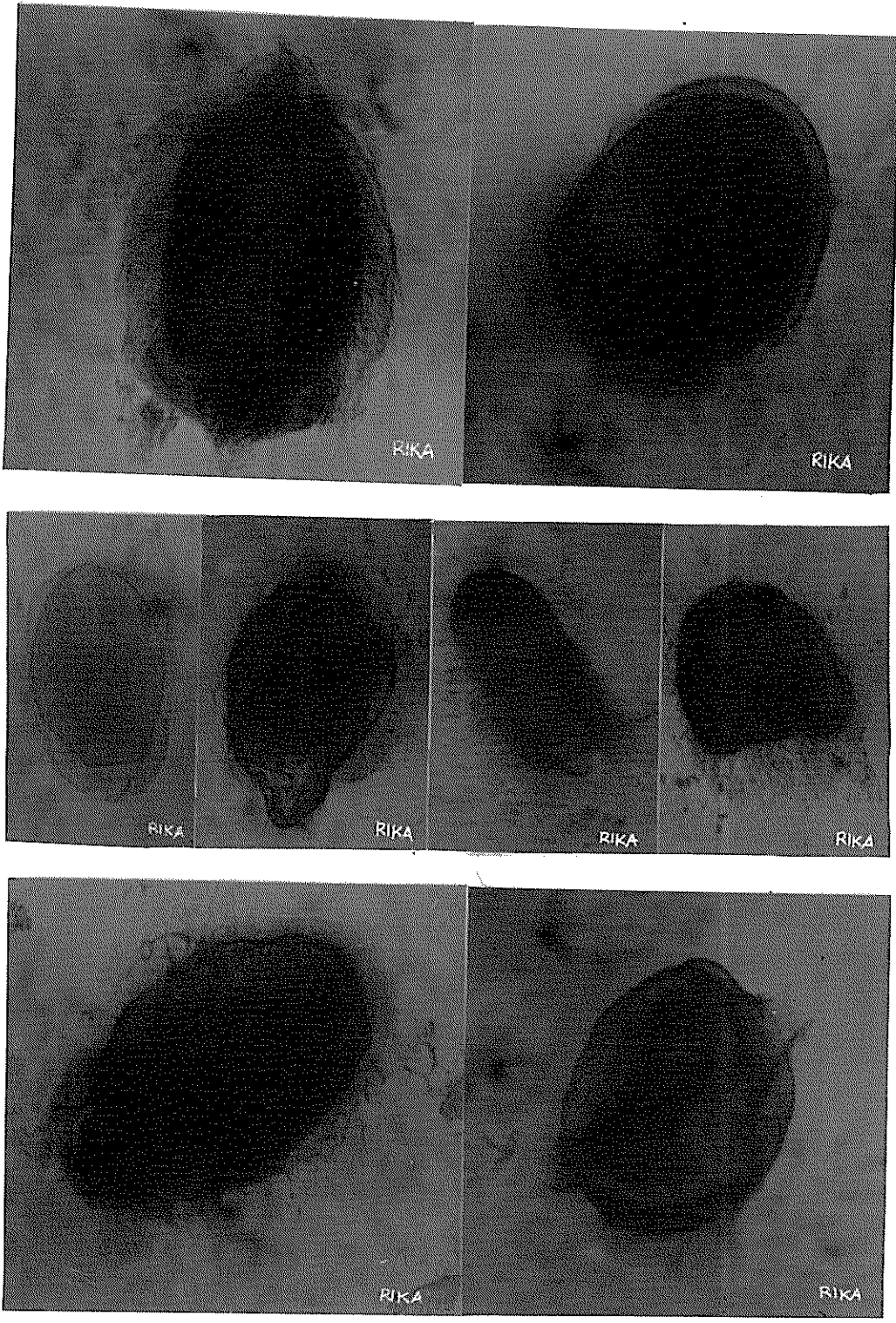
Tabel 2. Morfometri Genus *Holomastigotoides*

Bagian Tubuh	Panjang rata-rata (um)	Lebar rata-rata (um)
Seluruh tubuh	50.37	33.39
Flagelum tipe I	5.69	-
Flagelum tipe II	8.11	-

Ciri khas genus *Holomastigotoides* adalah tersebarnya flagelum secara spiral yang jelas terlihat dari ujung anterior dengan arah ke kanan. Kadang-kadang bagian kecil pada ujung belakang tubuh tidak berflagelum.

Famili Holomastigotoidae terdiri atas sembilan genus, yaitu genus *Holomastigotes*, *Holomastigotoides*, *Spirotrichonympha*, *Spirotrichonymphella*, *Microspirotrichonympha*, *Spirotrichosoma*, *Macrospironympha*, *Leptospirotrichonympha*, dan genus *Apospirotrichonympha* (Kudo, 1971).

Diantara genus-genus tersebut, flagelata yang berukuran besar ($\pm 50 - 70$ um) hanya genus *Holomastigotoides*, genus *Macrospirotrichonympha*, dan genus *Leptospirotrichonympha*. Sedangkan genus lainnya berukuran lebih kecil ($\pm 10 - 40$ um). Ketiga genus yang berukuran relatif besar tersebut, masing-masing mempunyai ciri khas pada penyebaran flagelum dan bentuk tubuhnya. Pada genus *Holomastigotoides* flagelum tersebar merata di seluruh permukaan tubuh, baik pada bagian anterior maupun posterior.



10 μm

Gambar 6. Fotomikrograf Beberapa Tipe Genus *Holomas-tigotoides*

Sedangkan genus *Macrospirotrichonympha* flagelum hanya terdapat pada bagian anterior dan sebagian dari bagian posterior. Bentuk tubuhnya pun lebih mengarah kepada bentuk segitiga. Adapun pada genus *Leptospirotrichonympha* flagelum berkelompok membentuk sekumpulan serabut yang bervariasi panjangnya dengan bentuk tubuh yang long-jong.

Kelompok flagelata III merupakan flagelata yang berukuran terkecil yaitu 16.57×14.80 um (Tabel 3), dari seluruh kelompok flagelata yang ada pada usus rayap *C. curvignathus*. Kelompok flagelata ini berbentuk khas hampir menyerupai segitiga dengan ujung masing-masing yang membulat (Gambar 7). Bagian anterior meruncing sedangkan bagian posterior merupakan bagian yang rata dan terlebar. Kelompok ini diperkirakan terdapat dua hingga tiga jenis flagelata.

Jajaran flagelum juga berasal dari badan basal yang berbentuk seperti spiral, dengan dua macam flagelum, yaitu flagelum yang terdapat di bagian anterior dan lateral tubuh (Tipe I) dan flagelum yang terdapat di bagian posterior (Tipe II). Flagelum tipe II pada kelompok II sedikit berbeda dengan yang ada pada genus *Holomastigotoides* karena flagelum tipe II pada kelompok II terlihat lebih berperan dalam pemasukan makanan ke dalam tubuh. Hal itu diduga karena bentuknya yang lebih panjang dan

tampak tebal. Pada pengamatan terlihat serpihan kayu selalu ditarik dengan menggunakan flagelum tipe II itu.

Inti kelompok flagelata III juga tidak berhasil dilihat sedangkan menurut Das (1976) inti terletak di bagian anterior. Walaupun flagelata kelompok ini berukuran terkecil akan tetapi merupakan kelompok dengan jumlah yang terbanyak. Karena itu diduga genus ini yang mendominasi populasi flagelata dalam usus rayap *C. curvignathus*.

Kelompok flagelata III, berdasarkan data di atas⁽¹⁾ tergolong dalam genus *Spirotrichonympha*. Sistematis kelompok flagelata III adalah sebagai berikut⁽¹⁾ :

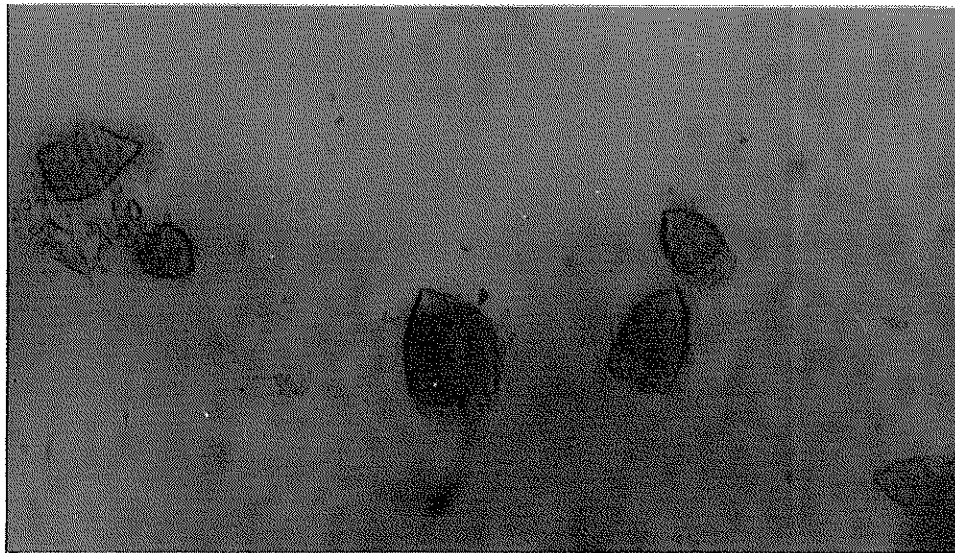
- Filum : Protozoa
- Subfilum : Plasmodroma
- Klas : Mastigophora
- Subklas : Zoomastigida
- Ordo : Hypermastigida
- Famili : Holomastigotidae
- Genus : *Spirotrichonympha*

Genus *Spirotrichonympha* juga dimasukkan ke dalam famili Holomastigotidae karena mempunyai jajaran basal tubuh yang melingkar seperti spiral. Dari sejumlah genus pada famili Holomastigotidae terdapat tiga genus yang berukuran kecil ($\pm 10-20 \mu\text{m}$), yaitu genus *Spirotrichonympha*, *Holomastigotes*, dan genus *Microspirotrichonympha*.

⁽¹⁾ Berdasarkan kunci pengenalan protozoa dari Kudo (1971)

Tabel 3. Morfometri Genus *Spirotrichonympha*

Bagian Tubuh	Panjang rata-rata (um)	Lebar rata-rata (um)
Seluruh tubuh	16.57	14.80
Flagelum tipe I	2.23	-
Flagelum tipe II	5.20	-



10 um

Gambar 7. Fotomikrograf Beberapa Tipe Genus *Spirotrichonympha*

Ketiganya mempunyai bentuk yang berbeda. Genus *Spirotrichonympha* berbentuk hampir menyerupai segitiga dengan masing-masing ujung yang membulat, sedangkan *Holomastigotes* berbentuk seperti belah ketupat dan genus *Microspirotrichonympha* ujung anterior runcing dan posterior bulat.

Dari hasil pengamatan terhadap morfologi beberapa kelompok flagelata, ketiga kelompok flagelata tersebut

tergolong dalam tiga genus yang berbeda, yaitu *Pseudotrichonympha*, *Holomastigotoides*, dan *Spirotrichonympha*, berturut-turut untuk kelompok flagelata 1, 2, dan 3.

Ketiga genus tersebut pertama kali ditemukan oleh Grassi pada tahun 1911 yang dilanjutkan Koidzumi tahun 1921. Cleveland khusus mengadakan penelitian pada *Pseudotrichonympha* pada tahun 1925. Selama kurun beberapa puluh tahun tidak diperoleh data taksonomi mengenai flagelata-flagelata tersebut. Barulah pada tahun 1976 Das mulai meneliti taksonomi ketiga genus tersebut. Yamin pada tahun 1981 berhasil merangkum nama seluruh spesies flagelata rayap tetapi tanpa disertai data morfologinya.

Sistematik dan identifikasi flagelata yang diamati pada penelitian ini baru mencapai tahap genus. Hal ini karena untuk mengidentifikasi sampai dengan spesies ditemukan beberapa kendala. Kendala yang utama adalah tidak diperolehnya kunci identifikasi flagelata pada rayap secara umum maupun pada rayap *C. curvignathus* khususnya.

Pada penelitian ini untuk identifikasi digunakan kunci yang telah dirangkum oleh Kudo (1971). Kunci identifikasi ini dipilih karena merupakan kunci identifikasi terakhir yang terlengkap. Untuk menunjang identifikasi detail morfologi digunakan data yang disusun oleh Koidzumi pada tahun 1921 dan Das pada tahun 1976.



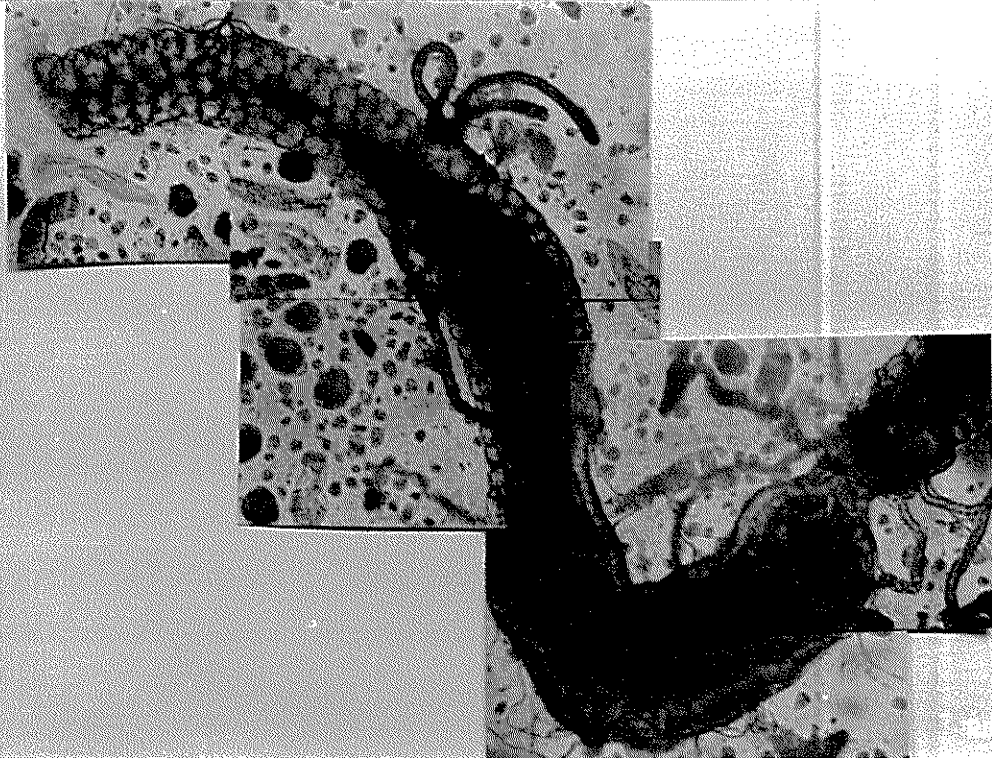
Seperti yang dinyatakan oleh Honigberg (1970), pada masing-masing jenis rayap terdapat jenis-jenis flagelata yang spesifik. Tetapi Yamin (1981) menyatakan bahwa minimal terdapat kesamaan genus flagelata pada rayap yang genusnya sama. Hal itu dapat dibuktikan berdasarkan penelitian Koidzumi pada rayap subteran *Coptotermes formosanus* dari Jepang (1921) yang memiliki flagelata dengan genus yang sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Das (1976) pada rayap subteran *C. heimii* dari India. Berdasarkan hal itu, sebagai penunjang, identifikasi flagelata pada rayap *C. curvignathus* digunakan ciri-ciri morfologi berdasarkan kedua penelitian tersebut.

Selain keterbatasan penggunaan kunci identifikasi, terdapat pula keterbatasan teknik dan peralatan yang digunakan sehingga detail-detail morfologi untuk mencapai tingkat spesies belum dapat dicapai. Menurut Das (1976) untuk mencapai tingkat spesies diperlukan data mengenai panjang dan lebar inti, panjang dan bentuk aksostil.

Bagi flagelata yang berukuran besar seperti *Pseudotrichonympha*, bentuk dan ukuran inti dapat diamati. Akan tetapi data ini tidak dapat diperoleh bagi flagelata lainnya yang berukuran relatif jauh lebih kecil seperti *Holomastigotoides* dan *Spirotrichonympha*. Inti keduanya dapat diamati melalui pengamatan dengan pembesaran 3000 kali (Koidzumi, 1921). Dalam penelitian ini, pengamatan

hanya dilakukan pada pembesaran terbesar 1000 kali, dan pembuatan fotomikrograf dengan pembesaran 400 kali.

Pada penelitian diamati juga morfologi sebagian saluran pencernaan rayap, yang meliputi usus tengah, usus belakang beserta tubulus Malpighi. Saluran pencernaan rayap yang berasal dari alam usus bagian tengah tampak transparan, sedangkan usus belakang tampak gelap. Antara kedua bagian usus tersebut terdapat tubulus Malpighi. Usus belakang yang tampak gelap menandakan adanya populasi flagelata yang sangat banyak (Gambar 7). Hal ini sesuai dengan pendapat Mauldin *et al* (1981a).



10 um

Gambar 8. Morfologi Usus Bagian Tengah dan Bagian Belakang dari Saluran Pencernaan Rayap *C. curvignathus*

Pengaruh Jenis Kayu dan Waktu Pengamatan

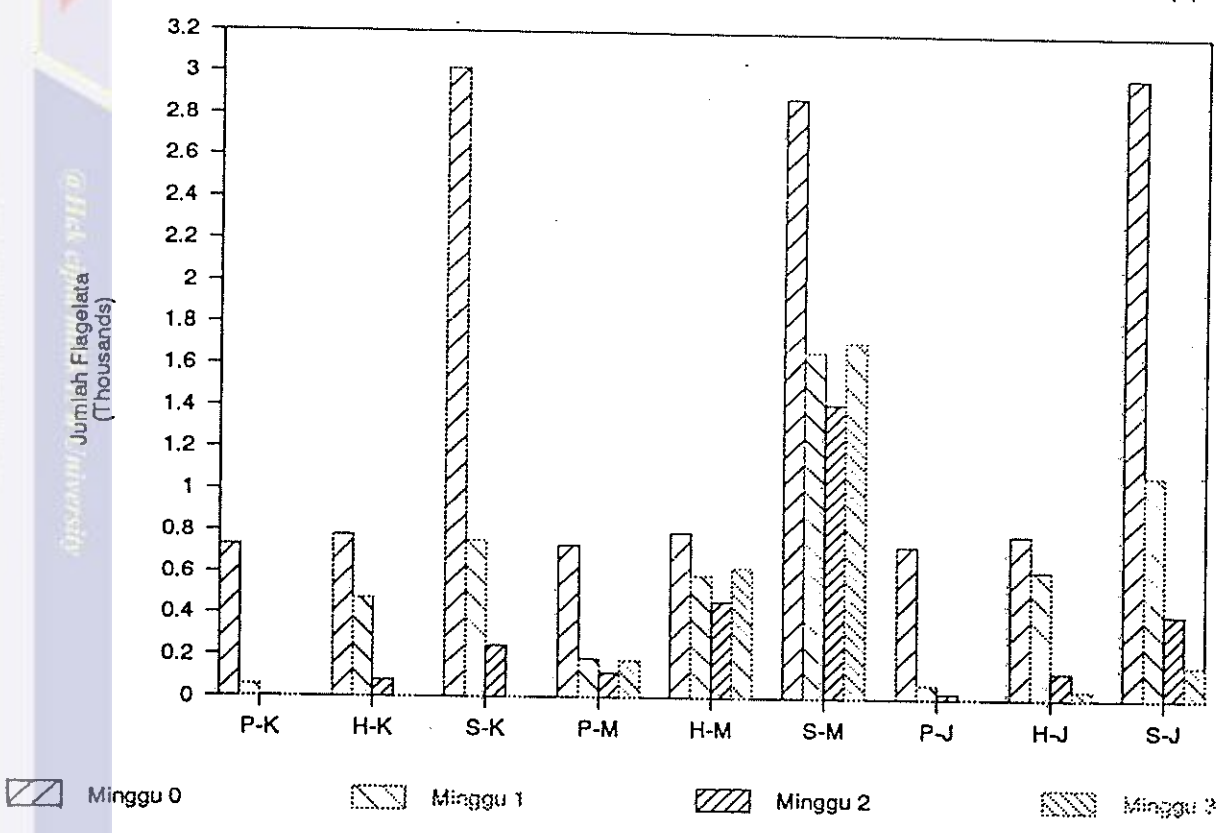
Perhitungan populasi flagelata penghuni usus rayap *C. curvignathus* dilakukan pada masing-masing genus flagelata dari hasil pengamatan taksonomi, yaitu *Pseudotriconympha*, *Holomastigotoides*, dan *Spirotrichonympha*. Populasi flagelata terbesar terdapat pada genus *Spirotrichonympha*, disusul oleh genus *Holomastigotoides* dan, populasi terkecil terdapat pada genus *Pseudotriconympha* (Gambar 9; Lampiran 1). Urutan jumlah populasi flagelata itu sesuai dengan urutan populasi flagelata yang menghuni rayap *C. formosanus* di Jepang (Mauldin, et al 1981a).

Analisis keragaman (ANOVA) pengaruh perlakuan kayu dan waktu pengamatan juga dilakukan pada masing-masing genus flagelata. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kayu maupun waktu pengamatan berbeda nyata pada populasi masing-masing genus flagelata untuk semua nilai kepercayaan (Lampiran 2).

Hasil uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan bahwa kayu kamper dan sengon tidak berbeda nyata terhadap genus *Pseudotriconympha* ($p < 0.01$), sedangkan kayu meranti berbeda nyata ($p < 0.01$) (Tabel 4). Sebaliknya perlakuan ketiga kayu berbeda nyata terhadap genus *Holomastigotoides* dan *Spirotrichonympha* ($p < 0.01$).

Pada perlakuan waktu pengamatan, dengan uji BNT diperoleh hasil yang berbeda untuk setiap genus flagelata





Keterangan:
 P = *Pseudotriconympha* K = Kamper
 H = *Holomastigotoides* M = Meranti
 S = *Spirotrichonympha* J = Jeunjing/Sengon

Gambar 9. Grafik Populasi Flagelata dengan Pengaruh Jenis Kayu dan Beberapa Waktu Pengamatan

Tabel 4. Rataan Populasi Flagelata pada Perlakuan Beberapa Jenis Kayu

Kayu	Flagelata		
	Pseudo	Holo	Spiro
Kamper	196.5 ^a	332.25 ^a	1005.25 ^a
Meranti	301.2 ^b	617 ^c	1923 ^c
sengon	207.75 ^a	394.75 ^b	1162.75 ^b

Ket : Huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1 persen (.01)

($p < 0.01$) (Tabel 5). Waktu pengamatan minggu I, II, III, tidak berbeda nyata terhadap genus *Pseudotriconympha* ($p < 0.01$), hanya minggu 0 yang berbeda nyata ($p < 0.01$). Sebaliknya seluruh waktu pengamatan berbeda nyata terhadap genus *Spirotrichonympha*. Bagi *Holomastigotoides* waktu pengamatan minggu 0, I, dan II berbeda nyata, sedangkan antara minggu II dan III tidak berbeda nyata ($p < 0.01$).

Tabel 5. Rataan Populasi Flagelata pada Perlakuan Beberapa Waktu Pengamatan

Waktu	Flagelata		
	Pseudo	Holo	Spiro
Minggu 0	731.3 ^b	786.33 ^c	2968 ^d
minggu I	101.67 ^a	559 ^b	1167.33 ^c
Minggu II	47.67 ^a	221.67 ^a	626.67 ^a
minggu III	60 ^a	223.67 ^a	692.67 ^b

Ket : Huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1 persen (.01)

Adanya variasi beda nyata lebih jauh dijabarkan pada Tabel 6. Tabel tersebut menunjukkan laju penurunan populasi masing-masing genus flagelata dari Lampiran 1 untuk tiap minggu pengamatan, pada masing-masing jenis kayu. Selain itu fluktuasi populasi masing-masing genus flagelata dapat dilihat pada Gambar 10, 11, dan 12.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa terdapat gejala umum yaitu adanya penurunan populasi flagelata pada setiap minggu pengamatan. Walaupun seluruh populasi flagelata menurun, ternyata melalui Gambar 10, 11, dan 12 terlihat bahwa ketiga genus flagelata mempunyai kecenderungan yang berbeda pada perlakuan masing-masing jenis kayu.

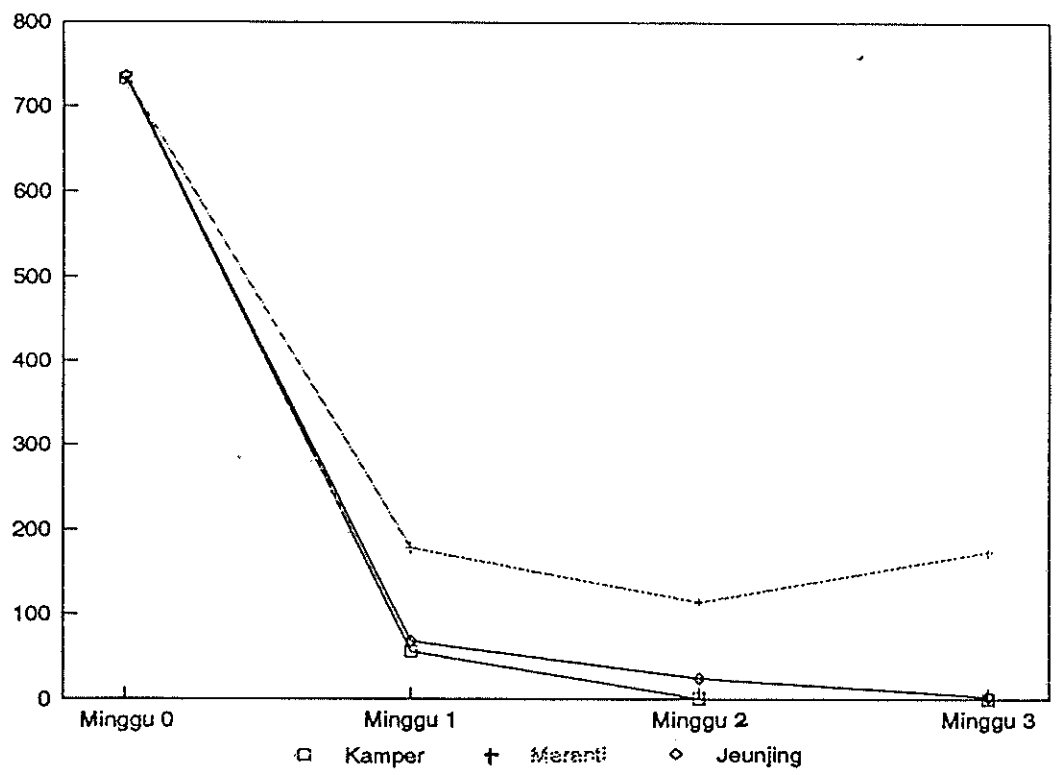
Tabel 6. Laju Penurunan Populasi Flagelata Selama Tiga Minggu

Jenis Kayu	Jenis Flag	Waktu Pengamatan (Minggu)					
		0-I	(%)	I-II	(%)	II-III	(%)
Kemper	P	675	92.46	54	98.19	1	100
	H	304	39.18	395	83.69	77	100
	S	2266	75.03	507	67.24	247	100
Meranti	P	549	75.10	67	36.81	-62(*)	-53.91
	H	206	25.98	126	21.47	-166(*)	-36.01
	S	1217	42.18	247	14.81	-297(*)	-20.90
Sengon	P	665	90.72	41	60.29	24	88.89
	H	172	21.77	491	79.45	83	65.35
	S	1919	63.99	670	66.03	355	86.59

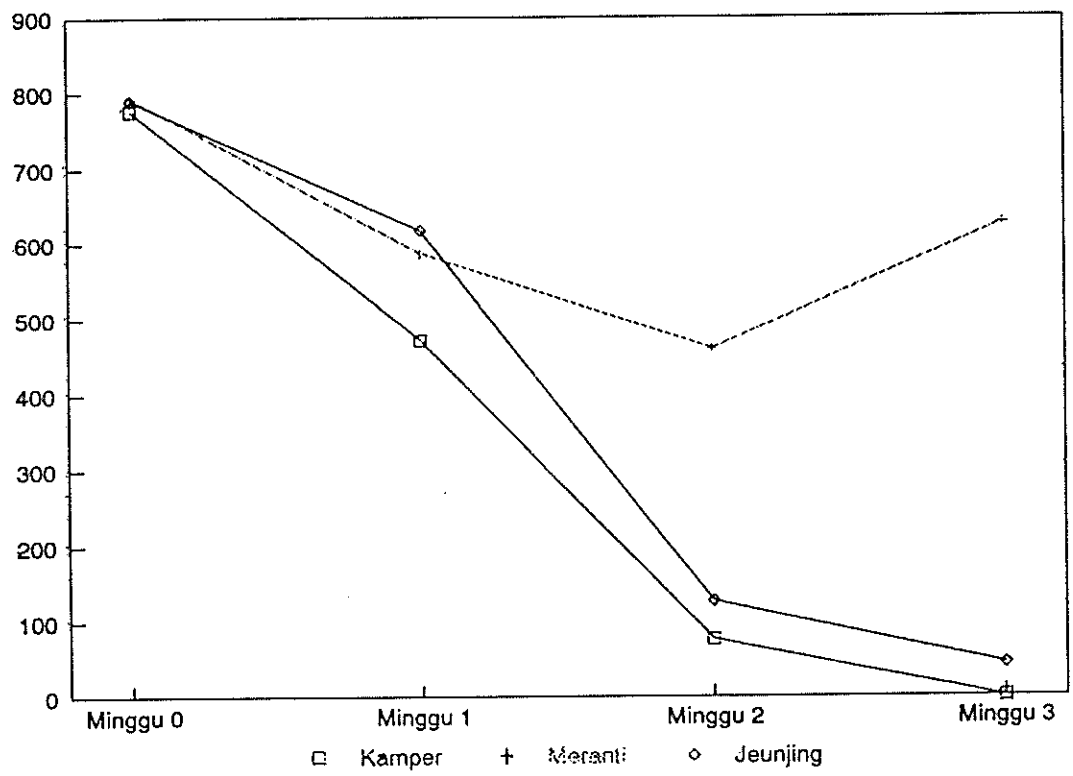
Keterangan:

- P = *Pseudotriconympha*
- H = *Holomastigotoides*
- S = *Spirotrichonympha*
- (*) = kenaikan populasi flagelata

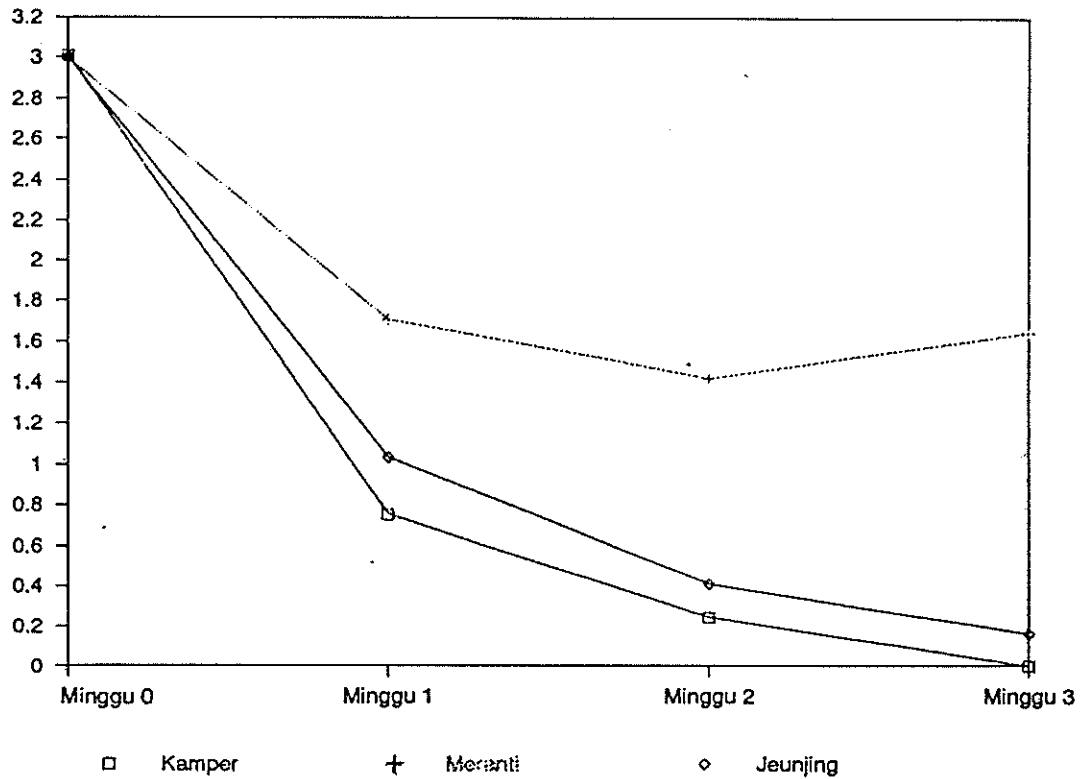
Umumnya laju penurunan populasi paling besar terjadi antara minggu 0-I (kecuali bagi genus *Holomastigotoides*). Hal ini diduga karena rayap mengalami tekanan lingkungan,



Gambar 10. Grafik Populasi Genus *Pseudotriconympha*



Gambar 11. Grafik Populasi Genus *Holomastigotoides*



Gambar 12. Grafik Populasi Genus *Spirotrichonympha*

walaupun kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban, diusahakan mendekati kondisi alami. Faktor lingkungan tersebut berpengaruh pada rayap dalam pengambilan pakan kayu dan selanjutnya akan mempengaruhi pula populasi flagelata yang ada di dalam usus rayap.

Faktor yang menyebabkan rayap mengalami tekanan di laboratorium antara lain karena rayap merupakan serangga sosial yang sangat kuat berinteraksi dengan masing-masing kasta. Dengan dipisahkannya sebagian anggota koloni dari anggota lainnya maka interaksi yang seharusnya terjadi akan berkurang. Selain itu, sarang atau rumah rayap *C. curvignathus* di dalam tanah memiliki kondisi mikroklimat

yang sangat berfluktuasi berbeda dengan kondisi di dalam inkubator maupun dalam cawan petri. Faktor lainnya adalah rayap hanya memperoleh satu jenis pakan di dalam laboratorium (uji makan tunggal) yang belum tentu sesuai dengan pilihannya di alam. Dengan beberapa alasan tersebut maka wajar terjadi penurunan drastis populasi flagelata pada awal perpindahan rayap ke dalam lingkungan laboratoris.

Barulah pada dua minggu pengamatan selanjutnya penurunan populasi flagelata terjadi lebih kecil dibanding pada antara minggu 0-I. Hal ini diduga karena rayap mulai dapat beradaptasi dengan lingkungan maupun dengan pakan yang diberikan yang selanjutnya akan berpengaruh pula pada populasi flagelata.

Populasi genus *Pseudotriconympha* terlihat sangat tinggi penurunan populasinya antara minggu 0 dan I terutama pada kayu kamper dan sengon yaitu sebesar 92.46 persen dan 90.72 persen (Tabel 6). Nilai yang hampir sama ini ditunjukkan dengan nilai BNT yang tidak berbeda nyata antara kedua jenis kayu tersebut (Tabel 4). Gambar 9 lebih jelas menggambarkan penurunan populasi yang tajam antara minggu 0-I. Perlakuan kayu meranti berbeda nyata pada genus *Pseudotriconympha* ($p < 0.01$) yang ditunjukkan dengan nilai penurunan populasi yang lebih kecil, yaitu 75.10 persen. Selanjutnya antara minggu II-III dengan perlakuan kayu meranti populasi genus *Pseudotriconympha*



meningkat sebesar 53.91 persen yang merupakan nilai kenaikan terbesar diantara genus lain. Pakan kayu sengon juga menurunkan populasi genus berukuran terbesar ini meskipun tidak setajam pada kayu kamper.

Pseudotriconympha mengalami penurunan yang sangat tajam pada semua jenis kayu dan persentasi kenaikan populasi yang tertinggi pada kayu meranti antara minggu II-III. Penurunan terbesar itu diduga karena dengan luasnya permukaan tubuh genus ini, maka makin banyak zat ekstraktif yang bersifat racun pada kayu kamper yang masuk ke dalam tubuh. Sebaliknya kenaikan terbesar terjadi karena banyaknya nutrisi yang sesuai dan rendah daya racunnya (kayu meranti) yang masuk ke dalam tubuh sehingga mampu meningkatkan populasi dengan peningkatan pembelahan genus ini. Oleh karena itu, dapat dikatakan *Pseudotriconympha* merupakan genus yang paling peka terhadap perubahan lingkungan maupun dalam pengambilan pakan.

Hasil penelitian terhadap genus *Pseudotriconympha* pada rayap *C. curvignathus* di atas sama dengan yang terjadi pada genus *Pseudotriconympha* penghuni usus rayap *C. formosanus*. Dengan pemberian pakan beberapa jenis kayu, genus *Pseudotriconympha* pada *C. formosanus* adalah genus yang pertama kali hilang. Bahkan untuk jenis kayu tertentu genus ini pada minggu I sudah tidak ditemukan lagi (Mauldin et al, 1981a).



Berlainan dengan genus *Pseudotrichonympha*, untuk genus *Holomastigotoides* hasil uji BNT dengan perlakuan waktu pengamatan seluruhnya berbeda nyata kecuali antara minggu II-III ($p < 0.01$) (Tabel 5). Tabel 6 menegaskan hal itu dengan memperlihatkan bahwa antara minggu 0-I penurunan populasi genus *Holomastigotoides* sangat lambat, nilai terbesar hanya 39.18 persen pada perlakuan dengan kayu kamper dan terkecil pada sengon yaitu 21.77 persen. Walaupun antara minggu 0-I penurunan pada meranti bukan yang terkecil namun antara minggu I-II penurunan terendah terjadi pada meranti (21.47 persen) dan tertinggi pada kamper yaitu 83.69 persen. Pada minggu III pada kayu kamper genus *Holomastigotoides* sudah tidak ditemukan lagi. Pada meranti antara minggu II-III populasi genus *Holomastigotoides* meningkat sebesar 36.01 persen. Dengan penurunan genus *Holomastigotoides* yang sangat lambat pada semua jenis kayu terutama antara minggu 0-I maka dapat dikatakan genus ini mempunyai kemampuan hidup cukup besar dalam menghadapi keadaan yang baru, baik lingkungan maupun pengambilan pakan. Genus *Holomastigotoides* memiliki ragam morfologi terbesar yang diduga merupakan suatu spesies tersendiri. Fenomena ini diduga merupakan pertahanan agar populasi dapat lebih lestari. Dengan makin beragam jenisnya, maka dapat lebih bertahan dalam perubahan lingkungan dan dalam mempertahankan diri dari daya



karena genus inilah yang paling kuat daya adaptasinya sehingga paling berperan dalam pencernaan selulosa.

Dalam percobaan yang telah dilaksanakan terdapat beberapa hal menarik yang terjadi pada populasi flagelata saat menerima respon dengan perlakuan kayu kamper dan meranti. Pertama, pada kayu kamper ketiga genus flagelata pada minggu III sudah tidak ditemukan lagi. Hal ini ditandai dengan kematian 100 persen populasi rayap. Kedua, komposisi populasi flagelata yang justru meningkat pada kayu meranti di minggu III.

Keunikan pertama itu dapat didekati bahwa walaupun kayu kamper mengandung kadar selulosa yang cukup tinggi, yaitu 60 persen (Lampiran 3), namun diduga kayu tersebut mengandung zat ekstraktif yang bersifat racun baik terhadap rayap maupun flagelata. Hal ini ditandai dengan banyaknya zat ekstraktif yang mengandung gugus keton pada kayu kamper (Lampiran 4), sebab menurut Syafii (1991)⁽¹⁾ pada umumnya gugus keton mempunyai sifat toksik. Daya racun kayu kamper yang tinggi juga ditandai dari uji terhadap rayap kayu kering bahwa kayu kamper termasuk kayu yang awet, yaitu kelas awet II (Martawijaya, 1981). Karena sifat racun itu, kayu tersebut tidak cocok bagi rayap sehingga tidak banyak dimakan. Selanjutnya rayap memilih berpuasa, yang seterusnya akan mempengaruhi

(1) Komunikasi pribadi

populasi flagelata sehingga jumlahnya terus menurun. Walaupun ada serpihan kayu yang berhasil masuk ke dalam saluran pencernaan maka juga akan meracuni flagelata sehingga populasinya makin menurun. Selanjutnya karena tidak ada hasil metabolisme yang disumbangkan oleh flagelata kepada rayap, maka rayap secara berangsur akan mati.

Fenomena yang menarik terjadi pula pada populasi flagelata yang mendapat perlakuan kayu meranti. Jika pada kayu kamper dan sengon populasi flagelata tetap menurun antara minggu II-III, pada meranti justru populasi flagelata meningkat untuk seluruh genus antara kedua minggu tersebut. Peningkatan ini sesuai dengan kurva pertumbuhan normal. Hal ini diduga bahwa meranti sebagai pakan yang diberikan sesuai kandungan nutrisinya dan zat ekstraktif yang dikandungnya tidak atau sedikit bersifat racun (Lampiran 4).

Peningkatan populasi flagelata pada meranti ditunjukkan dengan kondisi rayap yang normal pergerakannya berlainan dengan rayap pada kayu lain yang tampak sangat lamban (pada sengon) atau mati (pada kamper). Juga perlakuan dengan kayu meranti memperlihatkan kemampuan rayap beradaptasi dengan membuat saluran tanah dalam petri.

Karena fenomena tersebut, khusus pada perlakuan dengan kayu meranti dilakukan pengamatan hingga delapan minggu. Ternyata mulai minggu IV populasi flagelata



sudah menurun, demikian seterusnya hingga minggu VIII. Hal itu diduga karena kondisi kayu mulai tidak sesuai.

Kenaikan populasi flagelata pada kayu meranti sesuai dengan pola umum dalam kultur tertutup yang membentuk kurva normal. Mula-mula kurva membentuk garis datar (fase lambat) selanjutnya meningkat secara eksponensial jika medium sesuai dengan kebutuhan perkembangan sel. Kemudian kurva kembali akan membentuk garis mendatar karena jumlah sel yang membelah sama dengan jumlah sel yang mati (fase statis). Terakhir kurva kembali turun (fase kematian) karena mulai terjadi kompetisi sumber nutrisi maupun daya dukung lingkungan yang sudah terbatas.

Pada populasi flagelata di kayu meranti tidak jelas tampak semua fase di atas, karena pengamatan hanya dilakukan tiap minggu. Diduga antara minggu I-II terjadi fase lambat dan membentuk fase eksponensial antara minggu II-III. Selanjutnya diduga kurva kembali membentuk garis datar antara minggu III-IV, sebab dari minggu IV hingga minggu seterusnya populasi makin menurun hingga mencapai 0 pada minggu VIII.

Dari keterangan di atas terlihat bahwa diantara ketiga perlakuan kayu itu, populasi flagelata mengalami pertumbuhan normal pada kayu meranti. Sedangkan pada kayu kamper dan sengon populasi flagelata tidak dapat tumbuh sesuai dengan kurva pertumbuhan sel yang normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Di dalam usus rayap *Coptotermes curvignathus* terdapat tiga genus flagelata, yaitu genus *Pseudotrichonympha*, *Holomastigotoides*, dan *Spirotrichonympha*. Genus *Pseudotrichonympha* adalah genus yang paling peka terhadap perlakuan pemberian pakan kayu.

Pemberian pakan beberapa jenis kayu mengakibatkan terjadi perbedaan pertumbuhan populasi flagelata. Kayu kamper menyebabkan tiadanya seluruh genus flagelata pada akhir waktu pengamatan, sedangkan kayu sengon masih memungkinkan flagelata untuk bertahan. Pemberian pakan kayu meranti justru meningkatkan populasi flagelata antara minggu II-III. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini kayu meranti dianggap merupakan kayu yang paling sesuai bagi perkembangan flagelata.

Saran

Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk :

1. Menyusun kunci identifikasi flagelata pada rayap secara umum maupun pada *C. curvignathus* secara khusus.
2. Memperkecil selang waktu pengamatan populasi flagelata dan menambah waktu pengamatan
3. Meneliti zat ekstraktif yang bersifat racun pada kayu kamper.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M. 1965. Termites (Isoptera) of Thailand. Bull. of the American of Natural History. 131(1):20-21.

Borror, D. J. and de Long, D. M. 1971. An Introduction to The Study of Insects. Third ed., Holt, Rinehart and Winston Inc.

Breznak, J. A. 1982. Intestinal microbiota of termites and other xylophagous insects. Ann. Rev. Microbiol. 36:323-343.

_____ and S. Pankratz. 1976. In situ morphology of the gut microbiota of wood-eating termites [*Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *Coptotermes formosanus* Shiraki]. Applied and Environmental Microbiology 33(2):406-426.

Cleveland, L. R. 1925a. The method by which *Trichonympha campanula*, a protozoan in the intestine of termite, ingests solid particles of wood for food. Biol. Bull. 48:282-289.

_____. 1925b. The ability of termies to live perhaps in definitely on a diet of pure cellulose. Biol. Bull. 48:289-294.

_____. 1925c. The feeding habit of termite castes and its relation to their intestinal flagellates. Biol. Bull. 48(5):295-308.

_____. 1925d. The effect of oxygenation and starvation on the symbiosis between the termite, *Termopsis*, and its intestinal flagellates. Biol. Bull. 48:309-325.

_____. 1925e. Toxicity of oxigen for protozoa in vivo and in vitro: animal defaunated witout injury. Biol. Bull. 48:455-468.

_____. 1935. The centrioles of *Pseudotrichonympha* and their role in mitosis. Biological Bulletin 69(1):46-51.

Cook, S. F. 1943. Nonsymbiotic utilization of carbohydrates by the termite *Zootermopsis angusticollis*. A Quarterly J. of Zool. Research 16:123-128.

- Das, A. K. 1976. Studies on some hypermastigids (Protozoa) from the termites of West Bengal, India. *Acta Protozoologica* 15(2):101-124.
- Farb, P. 1981. Serangga (Pustaka Alam Life). Tira Pustaka. Jakarta.
- Hall, R. P. 1911. Protozoology. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. New York.
- Hickin, N. E. 1971. Termites A World Problem. Hutchinson Berham Ltd. London.
- Honigberg, B. M. 1970. Protozoa associated with termites and their role in digestion. p. 1-32. *In*: K. Krishna and F. M. Weesner (eds.). *Biology of Termites*. Vol. II. Academic Press. New York.
- Hungate, R. E. 1943. Quantitative analyses on the cellulose fermentation by termites protozoa. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 36:730.
- Imamura, Okamoto Yokota and Yoshimoto. 1983. *Mokuzi Riyoo No Kagaku (The Chemistry of Wood Utilization)*. Kyoritsu. Japan.
- Jambak, N. 1990. Kerugian akibat serangan rayap pada bangunan rumah di Kotamadya DATI II Bogor. Laporan masalah khusus. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jurd, L. and G. D. Manners. 1980. Wood extractives as models for the development of New types of pest control agents. *J. Agric. Food Chem.* 26(2):183-188.
- Kalshoven, L. G. E. 1961. *Coptotermes curvignathus* as a cause of trouble in electric system. *In*: Djatnika Natawiria. 1974. Timbulnya serangan rayap, *C. curvignathus* Holmgr. pada tanaman kehutanan di Indonesia. *Kehutanan Indonesia* 7:268-274.
- _____. 1963. *Coptotermes curvignathus* causing in death of trees in Indonesia and Malaya. *In*: Djatnika Natawiria. 1974. Timbulnya serangan rayap *C. curvignathus* Holmgr. pada tanaman kehutanan di Indonesia. *Kehutanan Indonesia* 7:268-274.
- _____. 1981. *Pest of Crops in Indonesia*. PT. Ichitjar Baru - van Hoeve. Jakarta.



- Kirby, H. 1926. The intestine flagellates of termite *Cryptotermes hermsi* Kirby. Univ. of California Publ. Zool. 29: 1-30.
- _____. 1934. Protozoa in termites. p. 84-93. In: C. A. Kofoid. Termites and Termites Control - A report to the Termite Investigations Committee. Univ. of California Press. California.
- Koch, P. 1972. Utilization of the southern pines. In: S. D. Steller and P. Labosky. 1984. Antitermic properties of cellulose pads treated with bark extractives. Wood and Fiber Science. 16(1):106-114.
- Koidzumi, M. 1921. Studies of the intestinal protozoa found in the termites of Japan. Parasitology 13:235.
- Krishna, K. 1969. Introduction. p. 1-13. In: K. Krishna and F. M. Weesner (eds.). Biology of Termites. Vol. I. Academic Press. New York.
- Kudo, R. R. 1971. Protozoology. Charles C. Thomas Publisher. U.S.A.
- Lai, P. Y., M. Tamashiro and J. K. Fujii. 1986. Abundance and distribution of the three species of symbiotic protozoa in the hindgut of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Proc. of the Hawaiian Entomological Society 24(2):271-276.
- Lee, K. E. and T. G. Wood. 1971. Termites and Soils. Academic Press. New York.
- Martawijaya, A., Iding K., Kosasi K. dan Soewanda A. P. 1982. Atlas Kayu Indonesia. Jilid 1. Lembaga Penelitian dan pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Mauldin, J. K., R. Smythe and C. C. Baxter. 1972. Cellulose catabolism and lipid synthesis by the subterranean termite, *Coptotermes curvignathus*. Insect Biochem. 2:209-21.
- _____. 1977. Cellulose catabolism and lipid synthesis by normally and abnormally faunated termites, *Reticulitermes flavipes*. Insect Biochem. 7:27-31.
- _____, F. L. Carter and N. M. Rich. 1981a. Protozoan populations of *Coptotermes formosanus* Shiraki

exposed to heartwood blocks of 21 American species. *Material und Organismen* 16(1):29-38.

_____. 1981b. Protozoan populations of *Reticulitermes flavipes* exposed to heartwood blocks of 21 American species. *Material und Organismen* 16(1): 15-28.

McBee, R. H. 1977. Fermentation in the hindgut. *In*: R. T. J. Clarke and T. Bauchop (eds.). 1977. *Microbial Ecology of the Gut*. Academic Press. London.

Misra, J. N. 1964. Physiology of digestion in termites. *The Indian Forester* 90(3):131-136.

Noirot, C. and Noirot - Tomothee. 1969. The digestive system. *In*: *Biology of Termites*. Vol I. Krishna, K. and Weesner, F. M. (eds.). Academic Press. New York.

O'Brien, R. W. and M. Slaytor. 1982. Role of microorganisms in the metabolism of termites. *Australian J. Biol. Sci.* 35:239-262.

Roonwal, M. L. 1979. *Termite Life and Termite Control in Tropical South Asia*. Scientific Publishers. Jodpur.

Skaife, S. H. 1954. *Dwellers in Darkness - An Introduction to the Study of Termites*. Longman Green and Co. Toronto.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Second ed. Tokyo-McGraw-Hill Kogakusha.

Steller, S. D. and P. Labosky. 1984. Antitermic properties of cellulose pads treated with bark extractives. *Wood and Fiber Science* 16(1):106-114.

Suntoro, S. H. 1983. *Metode Pewarnaan (Histologi dan Histokimia)*. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.

Supriana, N. 1983. Perilaku rayap perusak kayu. h. 13. *Dalam*: *Prosiding Pencegahan dan Penanggulangan Bahaya Rayap pada Bangunan*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.

Tarumingkeng, R. C. 1971. *Biologi dan pengenalan rajap perusak kayu di Indonesia*. Laporan no. 138. Dept.



Hal ini adalah dokumen resmi yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website resmi IPB University di www.ipb.ac.id.

IPB University
 Institut Pertanian Bogor



Hik Cipta (Hindone) Unmangurandang

1. Diambil sebagai salah satu sumber karya seni dan keparadigmanuman dan diperkedakan sumber
4. Pergerakan tersebut untuk kesehatan sendiri dan, sebaliknya, perusakan karya ilmiah, penyesuaian laporan, penulisan kritik atau tulisan untuk masalah
5. Pergerakan tidak mengaitkan kepentingan yang wajar IPB University
11. Dianggap menggunakan dan memperbanyak sehingga akan menjadi karya tulis dan dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

L A M P I R A N

Lampiran 1. Populasi Flagelata dengan Pengaruh Jenis Kayu dan Waktu Pengamatan

Minggu	Kemper			Meranti			Jeunjing		
	P	H	S	P	H	S	P	H	S
0	730	776	3020	731	793	2885	733	790	2999
1	55	472	754	182	587	1668	68	618	1080
2	1	77	247	115	461	1421	27	127	410
3	0	0	0	177	627	1718	3	44	162

Keterangan :

- P = *Pseudotriconympha*
- H = *Holomastigotoides*
- S = *Spirotrichonympha*
- Data berasal dari tiga ulangan dengan tiga anak contoh rayap



Lampiran 2. Analisis Sidik Ragam :

(a) Genus *Pseudotriconympha*

Sumber	db	JK	KT	F hit	F tab
Kayu	2	237605	118802	509.70	0.000
Galat-a	6	1399	233		
Subtotal	8	239004			
Waktu	3	8905766	2968589	10 ³	0.000
Kayu x Waktu	6	99767	16628	7.98	0.000
Galat-b	18	37497	2083	3.20	0.000
Galat murni	72	46824	650		
Total	107	9328858			

(b) Genus *Holomastigotoides*

Sumber	db	JK	KT	F hit	F tab
Kayu	2	1626559	813280	776.65	0.000
Galat-a	6	6283	1047		
Subtotal	8	1632842			
Waktu	3	6167696	2055899	216.16	0.000
Kayu x Waktu	6	1474877	245813	25.85	0.000
Galat-b	18	171198	9511	2.26	0.000
Galat murni	72	302710	4204		
Total	107	9749323			

(c) Genus *Spirotrichonympha*

Sumber	db	JK	KT	F hit	F tab
Kayu	2	17344746	8672373	712.80	0.000
Galat-a	6	73000	12167		
Subtotal	8	17417746			
Waktu	3	97347000	32449000	445.92	0.000
Kayu x Waktu	6	10088990	1681498	23.11	0.000
Galat-b	18	1309849	72769	0.84	0.651
Galat murni	72	6255557	86883		
Total	107	132419142			

Lampiran 3. Komponen Kimia Kayu Kamper, Meranti dan Sengon (Martawijaya, 1981)

Komponen Kimia Kayu (%)	Kamper (<i>Dryobalanops</i> sp.)	Meranti (<i>Shorea</i> sp.)	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)
Selulosa	60.0	50.76	49.4
Lignin	26.9	33.00	26.8
Pentosan	15.7	16.76	15.6
Abu	0.8	0.88	0.6
Silika	0.6	0.29	0.2
Kelarutan (%)			
alkohol benzene	2.7	3.23	3.4
air dingin	2.6	-	3.4
air panas	3.9	2.3	4.3
NaOH 1 %	12.9	-	19.6

Lampiran 4. Kandungan Zat Ekstraktif pada Kayu Kamper, Meranti dan Jeunjing (Immamura *et al*, 1983)

Famili	Kayu	Zat ekstraktif
Diptero- carpaceae	Kamper (<i>Dryobalanops</i> sp.)	α -pinene, camphene, -pinene, (-)-limonene, β (-)-isoborneol, <i>p</i> -cymene, bornyl acetate, cis- -terpineol, trans- α -terpineol, (-)-borneol, β (-)- α -terpineol, kaporune, hydroxydammarone- II, acotillone, futabanone, dryobalanol, dryobalanone, ka- purool, fatty alcohols, fatty acids, ferulate, ferulic, va- nillic, gallic, ellagic acids, tannin.
	Meranti (<i>Shorea</i> <i>leprosula</i>)	myrcene, 1,4-cineole, methyl- heptenone, 1,8-cineole, citro- nellal, α - β -thujone, isopule- gol, β -terpineol, β -gurjunene, caryophilen, α - β -cadinene, 1,8- -terpin, α -sitosterol, berge- nin.
Legumino- sae	Sengon (<i>Paraseri- anthes</i> <i>falcataria</i>)	quercetin, taxifolin, fisetin, fustin, α -spinasterol