



RAYAP

Hama Bar *di*
KEBUN KELAPA SAWIT



RAYAP

Hama Bar *di*
KEBUN KELAPA SAWIT

Dodi Nandika

Maka ketika kami telah menetapkan kematian atasnya (Sulaeman), tidak ada yang menunjukkan kepada mereka kematiannya itu kecuali rayap tanah yang memakan tongkatnya. Maka ketika dia (mayat itu) telah tersungkur, tahulah jin itu bahwa sekiranya mereka mengetahui yang gaib tentu mereka tidak tetap dalam siksa yang menghinakan (Qur'an : XXXIV-14)



*Untuk Menghormati Guru Kami
Soemartono Sosromartono
dan
Rudy C. Tarumingkeng*

PENGANTAR

Serangan rayap pada bangunan gedung dan tanaman kehutanan di berbagai negara tropika telah dilaporkan sejak lebih dari dua abad yang lalu. Demikian juga serangan serangga tersebut terhadap tanaman karet, kopi, tebu, kapuk, dan kelapa telah sejak lama menjadi perhatian para ahli hama di berbagai negara. Tetapi serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit dapat dikatakan belum pernah diungkapkan secara luas kepada masyarakat, termasuk para pengelola perkebunan kelapa sawit. Padahal saat ini kelapa sawit telah menjadi komoditas perkebunan terpenting di Indonesia. Luasnya telah mencapai 8,9 juta hektar dengan produksi minyak kasar kelapa sawit (crude palm oil, CPO) lebih dari 23 juta ton per tahun. Bahkan dalam waktu dekat produk kelapa sawit Indonesia diperkirakan akan menyumbang sekurang-kurangnya 11% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia. Tak pelak lagi saat ini kelapa sawit telah menjadi primadona andalan perekonomian nasional, sekaligus menjadi pilar keunggulan sebagai produsen CPO nomor satu di dunia. Posisi strategis tersebut tentu perlu dijaga keberlanjutannya, termasuk dijaga dari penurunan produksi akibat gangguan hama.

Sementara itu kenyataan menunjukkan bahwa makin luasnya areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah diikuti oleh makin banyaknya kasus serangan rayap pada tanaman tersebut. Serangan hama tersebut telah dilaporkan di berbagai daerah, bukan saja di Sumatera dan Kalimantan sebagai "pusat kebun sawit nasional, tetapi juga di Jawa. Tidak hanya pada kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut, tetapi juga pada tanaman kelapa sawit di lahan non-gambut. Kerusakan yang ditimbulkannya tidak sekedar pada perakaran dan pangkal batang, tetapi pada banyak kasus bisa sampai pada tandan buah, bahkan sampai menyerang titik tumbuh tanaman tersebut dan menyebabkan kematian. Tentu saja hal ini patut mendapat perhatian berbagai pihak, khususnya menyangkut strategi pengendalian hama tersebut.

Buku kecil ini mencoba menyajikan informasi tentang serangan rayap pada tanaman kelapa sawit, termasuk dampak yang ditimbulkan dan alternatif pengendaliannya. Mudah-mudahan menjadi tambahan khasanah

pengetahuan masyarakat, sekaligus meningkatkan kepedulian semua pihak akan pentingnya perhatian terhadap “hama baru tersebut dalam rangka mewujudkan pembangunan perkebunan kelapa sawit berkelanjutan. Semoga.

Bogor, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Pengantar	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Bab 1 Kebun Kelapa Sawit: Selayang Pandang	1
Bab 2 Apakah Rayap ?	8
A. Apa Bedanya dengan Semut ?	8
B. Kapan Rayap Muncul di Muka Bumi ?.....	11
C. Sistem Kasta	12
D. Pembentukan Kasta	17
E. Pembentukan Koloni	19
F. Peranan di Alam	21
Bab 3 Serangan Rayap Terhadap Kelapa Sawit	23
A. Sejarah dan Sebaran Serangan	23
B. Spesies Rayap yang Berpotensi Menjadi Hama	27
C. Mekanisme dan Dampak Serangan.....	37
D. Kerugian Ekonomis	47
Bab 4 Penilaian Serangan Rayap	49
A. Analisis Resiko Serangan Rayap	49
1. Pemantauan Keberadaan Rayap	49
2. Penilaian Karakteristik Tanah	60
3. Penilaian Kondisi Cuaca	60
4. Klasifikasi Resiko Serangan Rayap	61
B. Penilaian Intensitas Serangan Rayap	62
1. Metode Jalur	62
2. Metode Petak	64

Bab 5 Pengendalian Hama Rayap Secara Terpadu	66
A. Pendekatan dan Strategi Pengendalian	66
B. Pencegahan Serangan Rayap	70
C. Penanggulangan Serangan Rayap	72
Bab 6 Tantangan dan Harapan	83
DAFTAR PUSTAKA	87
INDEKS	89

DAFTAR TABEL

1. Data Luas Perkebunan Kelapa Sawit pada 33 Provinsi di Indonesia Tahun 2012	4
2. Persamaan dan Perbedaan Antara Rayap dengan Semut, Lebah, dan Tawon	10
3. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Rayap Tanah Sebagai Hama Tanaman Kelapa Sawit	59
4. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Tanah Sebagai Habitat Rayap Tanah	60
5. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Cuaca Sebagai Unsur Pendukung Habitat Rayap Tanah	61
6. Klasifikasi Kelas Bahaya Serangan Rayap Tanah pada Areal/ Calon Areal Kebun Kelapa Sawit	62
7. Klasifikasi Intensitas Serangan Rayap Tanah pada Tanaman Kelapa Sawit	63

DAFTAR GAMBAR

1. Sebaran areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia	5
2. Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia tahun 1986-2011	6
3. Perkembangan produksi CPO Indonesia tahun 2002-2010	6
4. Perbedaan morfologi rayap (a) dan semut (b)	9
5. Kasta prajurit rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp.....	12
6. Kasta pekerja rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp	13
7. Laron dari rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp	15
8. Ratu rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp	16
9. Telur rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp.....	17
10. Siklus hidup rayap	20
11. Model hubungan kelapa sawit, rayap, dan elemen fisik lingkungan dalam ekosistem kebun kelapa sawit.....	25
12. Sebaran kasus serangan rayap pada kebun kelapa sawit di Indonesia	28
13. Kasta prajurit <i>Coptotermes curvignathus</i>	29
14. Sarang rayap <i>Macrotermes gilvus</i> di suatu hutan dataran rendah di Provinsi Jawa Barat	30
15. Penulis sedang mengamati sarang rayap <i>Macrotermes gilvus</i> di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau	31
16. Model arsitektur sarang rayap tanah <i>Macrotermes gilvus</i>	32
17. Kasta prajurit rayap tanah <i>Macrotermes gilvus</i>	33
18. Kasta prajurit rayap tanah <i>Capritermes mohri</i>	34
19. Kasta prajurit rayap tanah <i>Schedorhinotermes javanicus</i>	35
20. Kasta prajurit rayap tanah <i>Nasutitermes javanicus</i>	36
21. Kasta prajurit rayap tanah <i>Odontotermes</i> sp	37
22. Model konseptual proses pemilihan pohon kelapa sawit sebagai inang oleh rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i>	39
23. Model konseptual penjelajahan rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> dari sarang menuju pohon kelapa sawit	40
24. Liang kembara rayap tanah pada permukaan batang kelapa sawit.....	41

25. Liang kembara rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> pada pangkal pelepah daun kelapa sawit.....	42
26. Pola sebaran liang kembara rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> pada bagian dalam batang kelapa sawit	43
27. Liang kembara rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> pada tandan buah kelapa sawit	44
28. Pohon kelapa sawit yang terserang berat oleh rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> , serangan sudah sampai pucuk pohon	45
29. Frekuensi serangan rayap tanah <i>C. curvignathus</i> di suatu perkebunan kelapa sawit di Sarawak, Malaysia pada bulan Mei 2011 sampai dengan bulan Maret 2013	46
30. Skema jalur contoh untuk pemantauan keberadaan rayap	50
31. Cara pemasangan patok pemantau keberadaan rayap tanah.....	52
32. Sebaran patok pemantau yang belum dan sudah terserang rayap di petak tanaman kelapa sawit di Jawa Barat	54
33. Cara peletakan patok pemantau, pipa PVC, dan kotak umpan di lapangan (a) dan tampak atas kotak umpan yang telah terpasang di dalam paralon (b)	56
34. Bahan penanda Nile Blue A (a), larutan Nile Blue A (b), kertas saring Whatman (c), dan kertas saring yang telah diwarnai dengan Larutan Nile Blue (d)	58
35. Spesimen rayap yang sedang diberi perlakuan pewarnaan dengan Nile Blue (a) dan rayap yang telah selesai diberi warna dengan Nile blue (b)	58
36. Seorang peneliti sedang mengambil spesimen rayap yang menyerang pohon kelapa sawit	64
37. Sebaran petak contoh pola acak (a) dan sistematis (b) untuk pemantauan populasi rayap tanah dengan Metode Petak Ganda	65
38. Strategi pengendalian hama rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> di kebun kelapa sawit dan areal sekitarnya	69
39. Abdomen rayap tanah <i>Coptotermes curvignathus</i> yang kutikulanya rusak setelah terpapar Hexaflumuron	74

40. Kantong plastik berisi umpan rayap berbahan aktif senyawa penghambat sintesis kitin yang diaplikasikan pada pohon kelapa sawit, sebelum ditutup lembaran plastik hitam	75
41. Kantong plastik berisi umpan rayap berbahan aktif senyawa penghambat sintesis kitin yang telah dimasuki liang kembara rayap <i>Coptotermes curvignathus</i> pada batang kelapa sawit ...	77
42. Seorang petugas kebun sedang melakukan penyemprotan pohon kelapa sawit yang terserang rayap dengan larutan insektisida	78
43. Contoh aplikasi insektisida berbentuk debu ke dalam batang pohon dengan menggunakan <i>duster</i>	79



1 Kebun Kelapa Sawit : SELAYANG PANDANG

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) bukanlah tumbuhan asli Indonesia, tetapi berasal dari Afrika Barat. Tumbuhan tersebut pertama kali dibawa ke Indonesia dan ditanam di Kebun Raya Bogor, Jawa Barat pada tahun 1848. Saat itu Indonesia masih berada di bawah pemerintahan kolonial Hindia Belanda. Melalui perusahaan swastanya mereka mengembangkan budi daya tanaman perkebunan seperti teh, karet, kakao, tebu, kopi, kina, dan lain-lain. Pada masa kekuasaan Hindia Belanda itulah, perkebunan kelapa sawit berkembang dengan pesat, dari 1.272 hektar pada tahun 1916 menjadi 92.307 hektar pada tahun 1938. Bahkan pada periode tersebut Indonesia telah mengalahkan Afrika Barat sebagai negara pengekspor minyak kelapa sawit terbesar. Kemudian ekspansi perkebunan kelapa sawit mengalami penurunan pada zaman Jepang (1942-1945), luas area perkebunan kelapa sawit berkurang 16%. Pada periode tersebut pemerintah kolonial Jepang menerapkan kebijakan untuk memenuhi sendiri kebutuhan logistik selama masa Perang Dunia ke-2. Oleh karena itu pada tahun 1943 pemerintah kolonial Jepang meningkatkan produksi pangan dengan mengesampingkan peningkatan produksi kelapa sawit. Kondisi ini diperburuk oleh adanya kendala dalam pengangkutan produk minyak sawit dari perkebunan atau pabrik pengolahan ke beberapa pelabuhan pengekspor. Akibatnya industri kelapa sawit mengalami penurunan.

Setelah kemerdekaan, tepatnya pada tahun 1957, pemerintah mengambil alih perkebunan dengan alasan politik dan keamanan. Kurangnya keahlian teknis dan manajemen dalam mengelola perkebunan kelapa sawit sebagai akibat perubahan tata kelola perkebunan, menjadikan produksi kelapa sawit Indonesia menurun. Posisi Indonesia sebagai pemasok minyak sawit terbesar di dunia tergeser oleh Malaysia. Pada tahun 1953 sampai 1965, produksi minyak sawit Indonesia hanya berkisar antara 157.000 ton sampai dengan 160.000 ton per tahun.

Perkembangan industri kelapa sawit yang signifikan dimulai sejak masa Orde Baru. Pada tahun 1960-an pembangunan ekonomi Indonesia mengandalkan ekspor produk primer. Antara tahun 1960 dan 1970, pembangunan perkebunan kelapa sawit dilakukan oleh perkebunan milik pemerintah dan swasta dengan tujuan menciptakan kesempatan kerja, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan menghasilkan devisa. Pada tahun 1970 sampai 1998 pemerintah mengembangkan Perkebunan Inti Rakyat (PIR), dengan tujuan agar rakyat dapat mengembangkan perkebunan kelapa sawit.

Pada tahun 1980, luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 294.560 hektar dengan produksi minyak sawit (crude palm oil, CPO) sebanyak 721.172 ton per tahun. Setelah itu, lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat, khususnya perkebunan rakyat. Selain mengatur kebijakan tentang pengembangan perkebunan kelapa sawit, pemerintah saat itu juga terlibat dalam pemasaran minyak kelapa sawit.

Krisis ekonomi Asia pada tahun 1997 mengubah suasana politik dan melahirkan masa reformasi di Indonesia. Setelah pergolakan politik yang sangat masif, pemerintah menerapkan beberapa kebijakan yang berdampak langsung terhadap perkembangan industri kelapa sawit. Kebijakan pada era reformasi (1997 sampai sekarang) telah mendorong terjadinya pergeseran pola pengembangan perkebunan kelapa sawit dari dominasi pemerintah ke inisiatif masyarakat, dari pendekatan sektoral ke pendekatan jejaring kerja, dari sentralisasi ke desentralisasi, dari sistem komando ke pasar bebas, dan dari pendekatan produksi menjadi pendekatan produktivitas. Secara bertahap kebijakan tersebut, disertai

dukungan kondisi perekonomian nasional yang relatif kondusif, telah mendorong perluasan areal perkebunan kelapa sawit secara signifikan. Total luas perkebunan kelapa sawit yang awalnya hanya 1.126.677 hektar pada tahun 1990 meningkat menjadi 6.074.926 hektar pada tahun 2006. Sementara itu, produksi minyak sawit meningkat dari 7.000.508 ton per tahun menjadi 16.000.211 ton per tahun. Selain itu, ekspor minyak kelapa sawit juga mengalami peningkatan dari 4.110.027 ton per tahun menjadi 12.101.000 ton per tahun. Berdasarkan data perkembangan ekspor CPO pada tahun 2005, India merupakan negara tujuan ekspor terbesar (1.786.000 ton). Tujuan ekspor lainnya yaitu negara-negara Eropa, salah satunya Belanda (493.000 ton).

Pada tahun 2012 sekitar 64,5% dari total luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia berada di Pulau Sumatera dengan areal terluas berada di Provinsi Riau (Tabel 1). Saat ini, perkebunan kelapa sawit sudah tersebar luas di berbagai provinsi, termasuk di Papua (Gambar 1), sehingga total luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai hampir sembilan juta hektar (Gambar 2) dengan produksi minyak kelapa sawit sekitar 22 juta ton per tahun (Gambar 3). Sebuah kekuatan agro-industri yang sangat besar. Hampir 35 persen dari total luas perkebunan tersebut merupakan perkebunan milik masyarakat, sedangkan 55 persen milik swasta, dan sisanya milik Negara.

Saat ini Indonesia dan Malaysia tercatat sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan penguasaan pangsa pasar sekitar 85%. Dari 85% pangsa pasar tersebut, sekitar 60% terserap untuk memenuhi permintaan China dan India. Sementara itu pada tahun 2015 luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia diperkirakan akan mencapai lebih dari 9,144 juta hektar.

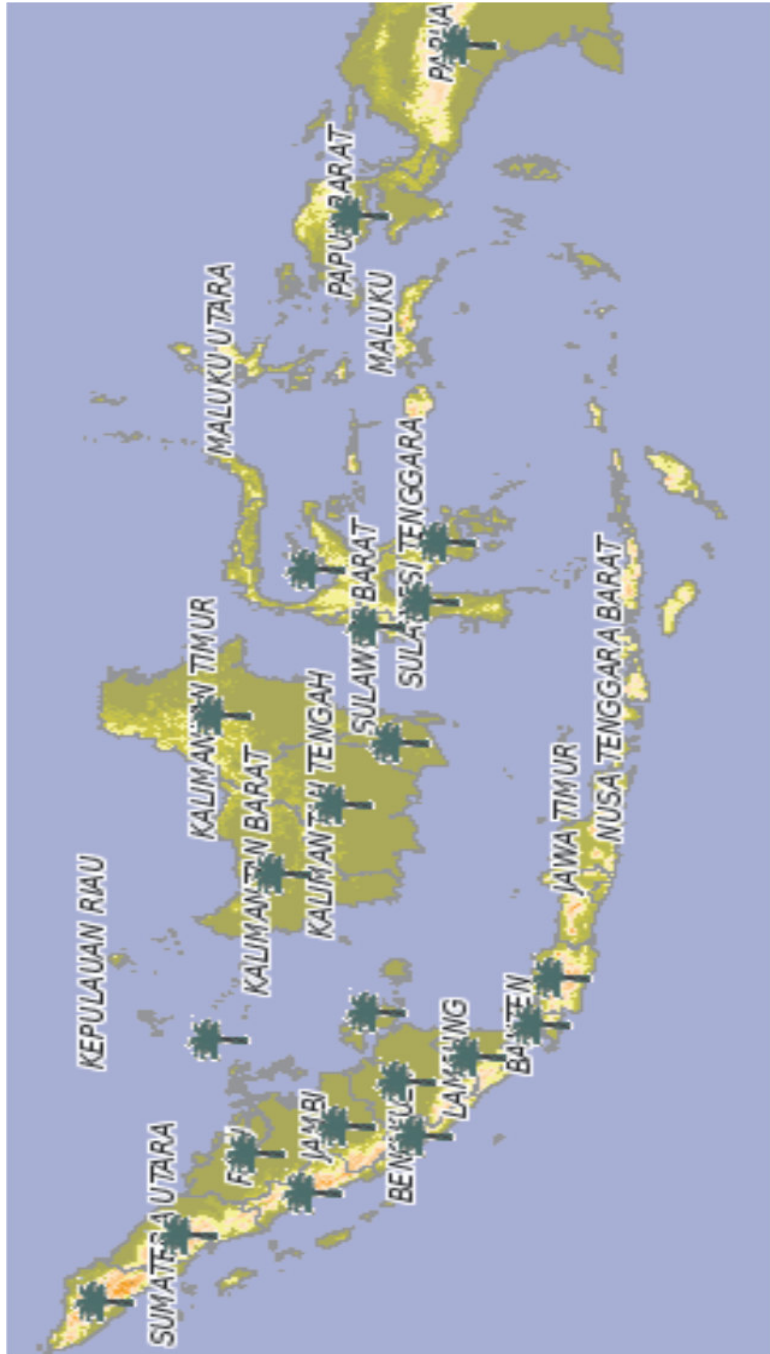
Perkembangan perkebunan kelapa sawit yang demikian pesat telah memberikan dampak positif bagi perekonomian nasional, termasuk

Tabel 1. Data Luas Perkebunan Kelapa Sawit pada 33 Provinsi di Indonesia Tahun 2012

No	Provinsi	Luas (ha)			
		PR	PN	PS	Total
1	Nangroe Aceh Darussalam	142.233	40.710	136.224	319.167
2	Sumatera Utara	392.726	299.471	352.657	1.044.854
3	Sumatera Barat	170.093	7.836	166.423	344.352
4	Riau	889.916	79.545	812.439	1.781.900
5	Kepulauan Riau	2.645			2.645
6	Bangka Belitung	34.659		107.238	141.897
7	Bengkulu				224.651
8	Jambi				489.384
9	Sumatera Selatan	286.675	128.780	390.314	805.769
10	Lampung				153.160
11	DKI Jakarta	n/a	n/a	n/a	n/a
12	Jawa Barat	n/a	n/a	n/a	10.580
13	Banten	6.795	8.228		15.023
14	Jawa Tengah	n/a	n/a	n/a	n/a
15	DI Yogyakarta	n/a	n/a	n/a	n/a
16	Jawa Timur	n/a	n/a	n/a	n/a
17	Kalimantan Barat	189.255	42.072	299.248	530.575
18	Kalimantan Selatan	54.550	4.865	253.304	312.719
19	Kalimantan Tengah	144.619		1.126.359	1.270.978
20	Kalimantan Timur	115.484	15.937	379.080	510.501
21	Sulawesi Barat	107.249			107.249
22	Sulawesi Utara	n/a	n/a	n/a	n/a
23	Sulawesi Tengah	17.287	5.090	42.678	65.055
24	Sulawesi Selatan				19.762
25	Sulawesi Tenggara				21.669
26	Gorontalo	n/a	n/a	n/a	n/a
27	Bali	n/a	n/a	n/a	n/a
28	Nusa Tenggara Barat	n/a	n/a	n/a	n/a
29	Nusa Tenggara Timur	n/a	n/a	n/a	n/a
30	Maluku	n/a	n/a	n/a	n/a
31	Maluku Utara	n/a	n/a	n/a	n/a
32	Irian Jaya				26.256
33	Papua Barat	15.935	10.207	5.000	31.142
	Jumlah	2.570.121	642.741	4.070.964	8.229.288

Keterangan: PR = Perusahaan Rakyat, PN = Perusahaan Negara, PS = Perusahaan Swasta
n/a : data tidak tersedia (not available)

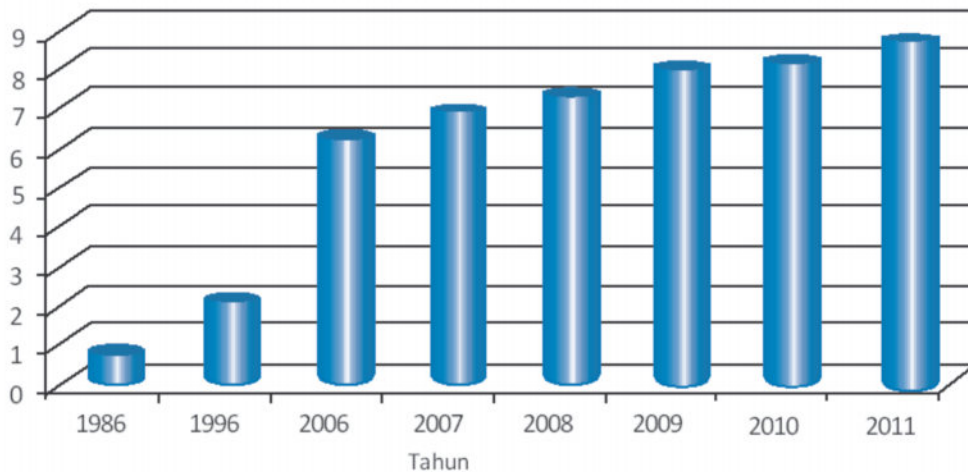
Sumber: Badan Koordinasi Pananaman Modal (BKPM) tahun 2012



Gambar 1. Sebaran Areal Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia

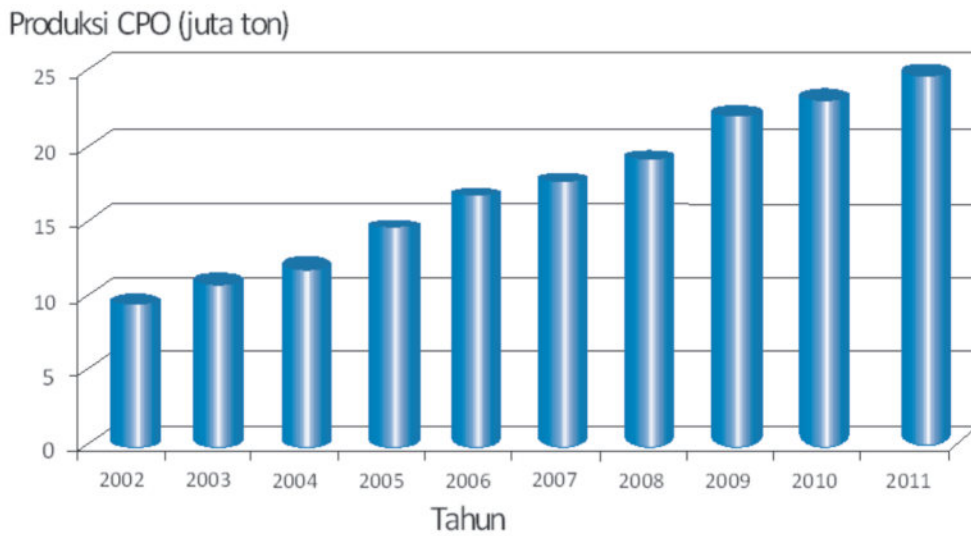
penyerapan tenaga kerja, pendapatan masyarakat, dan perolehan devisa. Pada tahun 2008 saja nilai devisa dari industri kelapa sawit telah mencapai USD 12,38 milyar dengan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sekitar 11% dan jumlah tenaga kerja yang terlibat langsung mencapai 10 juta orang. Oleh karena itu keberlangsungan perkebunan kelapa sawit di Indonesia perlu dijaga, termasuk dari gangguan hama seperti rayap.

Luas Areal (juta ha)



Gambar 2. Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia Tahun 1986-2011

Sumber : IPOC, 2011



Gambar 3. Perkembangan Produksi CPO Indonesia Tahun 2002-2010
Sumber: IPOC, 2011

2 APAKAH RAYAP ?



A. Apa bedanya dengan Semut ?

Rayap adalah serangga sosial yang hidup dalam suatu komunitas yang disebut koloni. Mereka tidak memiliki kemampuan untuk hidup lama apabila tidak berada dalam koloninya. Komunitas tersebut bertambah efisien dengan adanya pembagian tugas atau spesialisasi fungsi yang tercermin dari adanya sistem kasta, masing-masing kasta mempunyai bentuk tubuh dan peran yang berbeda. Dibandingkan dengan serangga sosial lainnya dalam hal ini semut, rayap memiliki beberapa kemiripan. Oleh karena itu sebagian masyarakat sering menyebut rayap sebagai “semut putih”. Padahal kedua organisme tersebut sesungguhnya sangat berbeda, bahkan semut merupakan salah satu musuh utama rayap.

Secara morfologi, semut dan rayap mudah dibedakan. Rayap memiliki antena yang lurus, sedangkan antena semut cenderung melengkung atau menyiku. Toraks (dada) dan abdomen (perut) rayap menyambung dengan ukuran yang hampir sama, sedangkan toraks dan abdomen semut dihubungkan dengan pinggang yang ramping. Bentuk, ukuran, dan pola pertulangan kedua pasang sayap pada laron (sulung, alates) hampir sama, sedangkan sayap depan dan sayap belakang semut memiliki bentuk, ukuran, dan pola pertulangan yang berbeda. Dari segi kekerabatan (filogenetika), semut berkerabat dekat dengan lebah, yang termasuk ke dalam ordo Hymenoptera, sedangkan rayap lebih mendekati lipas dan termasuk ordo Blatodea (Gambar 4).

Kehidupan rayap sebagai serangga sosial juga memiliki perbedaan dengan serangga sosial lainnya (semut dan lebah). Stadia pra-dewasa pada semut dan lebah tidak aktif, sedangkan nimfa rayap mempunyai aktivitas yang tinggi. Perbedaan lainnya, raja dan ratu pada koloni rayap



Gambar 4. Perbedaan morfologi rayap (a) dan semut (b)

tetap hidup setelah kawin dan bersama-sama membangun koloni baru, walaupun umur raja tetap tidak lebih panjang dari pada ratunya. Pada koloni lebah, raja akan segera mati setelah kawin. Perbedaan utama antara rayap dan semut adalah dalam perilaku mencari makanan. Semut mencari makan dengan cara yang lebih terbuka, sedangkan rayap relatif tertutup (membuat liang-liang kembara dari tanah). Persamaan dan perbedaan antara rayap dan semut, lebah, dan tawon (Ordo Hymenoptera) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan dan Perbedaan Antara Rayap dengan Semut, Lebah, dan Tawon

No	Persamaan	Perbedaan	
		Rayap	Semut, Lebah, Tawon
1.	Koloni terbagi ke dalam beberapa kasta	Pembentukan kasta dikendalikan oleh feromon dasar	Pembentukan kasta dikendalikan oleh faktor nutrisi, walaupun pada sebagian kasus ada juga peranan feromon
2.	Feromon penanda jejak (<i>trail following pheromone</i>) digunakan memandu individu sejenis untuk mengikuti jejak penjelajahan	Kasta pekerja terdiri atas individu jantan dan betina	Kasta pekerja hanya terdiri atas individu betina
3.	Feromon berfungsi untuk komunikasi dalam koloni atau pembentukan kasta (<i>primer pheromone</i>)	Fase nimfa berperan di dalam kehidupan koloni, setidaknya-tidaknya pada instar akhir	Fase larva dan pupa tidak aktif
4.	<i>Grooming</i> antar individu sering kali terjadi dan setidaknya merupakan salah satu cara untuk menyebarkan feromon.	Tidak terdapat dominansi di antara individu di dalam koloni yang sama	Dominansi biasa terjadi, tetapi tidak umum
5.	Wilayah jelajah dan sarang ditandai dengan bau khas	Pertukaran makanan melalui anus sering terjadi pada rayap tingkat rendah	Pertukaran makanan melalui anus jarang terjadi
6.	Struktur sarang yang kompleks	Pemindahan telur tidak dikenal	Pemindahan telur dilakukan oleh anggota koloni semut dan lebah
7.	Pada waktu tertentu dapat bersifat kanibal	Kasta reproduktif jantan setelah kawin membantu ratu membangun sarang	Kasta reproduktif jantan segera mati setelah kawin tanpa membantu ratu membangun sarang

B. Kapan Rayap Muncul di Muka Bumi ?

Beberapa ahli menyatakan bahwa rayap telah hadir di bumi pada Zaman Mesozoic atau akhir Zaman Palaeozoic. Dengan demikian, serangga ini telah ada sebelum manusia pertama menghuni bumi, bahkan telah ada sebelum tumbuhan berbunga dijumpai di muka bumi. Penelitian terhadap fosil rayap yang ditemukan di Hutan Arizona mengungkapkan bahwa rayap telah ada sekitar 220 juta tahun yang lalu atau 100 juta tahun sebelum serangga sosial lainnya bermunculan di muka bumi. Sebelumnya, bukti tertua yang dapat ditunjukkan adalah fosil rayap *Uralotermes permianum* yang berasal dari Pegunungan Ural. Tetapi, fosil ini diragukan berasal dari Periode Palaeocene. Fosil rayap sejenis lainnya, yaitu *Valditermes brenanea* Jarzembowski, ditemukan di bagian utara Inggris. Fosil ini kemungkinan anggota Cretatemitinae dan diperkirakan hidup sekitar 120 juta tahun yang lalu. Demikian juga fosil rayap *Cretatermes carpenteri*, anggota dari subfamili Hodotermitidae, berasal dari pertengahan Periode Cretaceous. Rayap *Spargotermes costalimai*, anggota dari Mastotermitidae yang ditemukan di Brasil diduga berasal dari Periode Cretaceous. Demikian juga rayap *Meiatermes araipeña* yang ditemukan pada deposit batu kapur di Brasil diperkirakan hidup 110 juta tahun yang lalu.

Fosil rayap dari kasta prajurit pertama kali ditemukan di Meksiko oleh Krisna dan Emerson (1983). Rayap ini merupakan anggota famili Mastotermitidae dan diduga berasal dari Periode Oligosen atau Miosen. Fosil rayap Mastotermitidae dari Periode Oligosen juga ditemukan di Eropa. Selanjutnya pada Periode Eosen umumnya dijumpai rayap dari Mastotermitidae dan Kalotermitidae. Sedangkan pada Periode Oligosen dijumpai rayap dari famili Hodotermitidae, Kalotermitidae, dan Rhinotermitidae.

Para ahli menduga bahwa rayap memiliki hubungan kekerabatan yang sangat dekat dengan kecoa. Beberapa pustaka bahkan menyebut rayap sebagai "kecoa sosial" (*Social cockroaches*). Hal ini terutama ditunjukkan pada rayap *Mastotermes darwinensis*, satu-satunya rayap primitif dari famili Mastotermitidae yang memiliki banyak persamaan dengan kecoa primitif khususnya Cryptocercidae, seperti pada pola pertulangan sayap; struktur luar segmen terakhir abdomen; anatomi

internal dari organ genetalia; mandibel (geraham) kasta pekerja; segmentasi tarsal; serta sistem endokrinnya. Persamaan lainnya adalah dari 25 jenis simbion golongan flagellata *Hypermastigidae* dan *Polymastigidae* yang ditemukan pada usus kecoa pemakan kayu *Cryptocercus punctulatus*, semuanya juga dijumpai pada usus rayap tingkat rendah, khususnya pada *Mastotermitidae darwinensis*. Dalam siklus hidupnya, nimfa *Cryptocercus* secara morfologi juga sangat mirip dengan kasta pekerja rayap.

C. Sistem Kasta

Dalam setiap koloni rayap terdapat tiga kasta yang memiliki bentuk tubuh yang berbeda sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu kasta prajurit, kasta pekerja atau pekerja palsu, dan kasta reproduktif.

1. Kasta Prajurit

Kasta prajurit dapat dengan mudah dikenali dari bentuk kepalanya yang besar dan memiliki kulit kepala yang tebal (Gambar 5). Pada beberapa jenis rayap seperti *Macrotermes*, *Odontotermes*, dan *Microtermes*, serta beberapa jenis rayap dari famili *Rhinotermitidae*, seperti *Schedorhinotermes*, sering dijumpai kasta prajurit yang memiliki ukuran tubuh berbeda (polimorphism), yaitu prajurit berukuran besar (prajurit major); prajurit berukuran kecil (prajurit minor); dan antara keduanya kadang-kadang dijumpai prajurit berukuran sedang.



Gambar 5.
Kasta prajurit rayap tanah
Macrotermes sp.

Karakter seksual pada kasta prajurit dari beberapa jenis rayap hampir tidak tampak. Sebagai contoh, jenis kelamin *Mastotermes* dan anggota famili *Kalotermitidae* yang hanya dapat ditentukan melalui pemotongan gonad. Secara genetik, kasta prajurit dapat berkelamin jantan atau betina. Sebagian besar rayap dari sub-famili *Nasutitermitinae* memiliki prajurit berkelamin jantan, sedangkan pada rayap dari sub-famili *Macrotermitinae* dan *Termitinae* berkelamin betina.

Peranan kasta prajurit adalah melindungi koloni dari gangguan luar, khususnya semut dan predator lainnya. Kasta prajurit mampu menyerang musuh dengan mandibel yang dapat menusuk, mengiris, dan menjepit. Biasanya gigitan kasta prajurit pada tubuh musuhnya sulit dilepaskan meskipun rayap prajurit tersebut sudah mati. Kasta prajurit dari spesies rayap tertentu misalnya *Coptotermes* spp dapat menyemprotkan cairan berwarna putih susu dari lubang kecil pada kepalanya (*frontal gland*) yang bersifat racun bagi musuh alami. Selain dari lubang pada kepala, beberapa spesies rayap dapat mengeluarkan cairan beracun dari mulut (*saliva gland*) kasta prajuritnya.

2. Kasta Pekerja

Kasta pekerja merupakan anggota yang sangat penting dalam koloni rayap. Sekitar 80%-90% dari anggota koloni rayap merupakan individu-individu kasta pekerja. Kasta pekerja umumnya berwarna pucat dengan kutikula (lapisan kulit) hanya sedikit mengalami penebalan sehingga tampak menyerupai nimfa (Gambar 6).

Gambar 6. Kasta pekerja rayap tanah *Macrotermes* sp.



Pada rayap tingkat rendah yang terdiri atas famili Mastotermitidae, Rhinotermitidae, dan Termopsidae, kasta pekerjaanya sering disebut sebagai pekerja palsu (*pseudoworker* atau *pseudergates*), sedangkan kasta pekerja pada famili Kalotermitidae disebut sebagai nimfa. Sementara itu, pada rayap tingkat tinggi (famili Termitidae), kasta pekerja dapat dibedakan dengan jelas mulai dari fase nimfa. Bahkan beberapa jenis, seperti *Macrotermes estherea*; *Nasutitermes costalis*; *Odontotermes obesus*; *Odontotermes redemmanni*; dan *Odontotermes hornii*, memiliki dua jenis kasta pekerja (dimorphism), yaitu kasta pekerja berukuran besar (pekerja mayor) dan kasta pekerja berukuran kecil (pekerja minor).

Seperti halnya pada kasta prajurit, karakter seksual pada rayap kasta pekerja sulit ditentukan, kecuali pada beberapa jenis rayap tingkat tinggi terutama anggota dari subfamili Macrotermitinae. Kasta pekerja berukuran besar dari anggota subfamili ini umumnya berkelamin jantan, sedangkan yang berukuran kecil berkelamin betina.

Walaupun kasta pekerja tidak terlibat dalam proses perkembangan koloni dan pertahanan, namun hampir semua tugas koloni dikerjakan oleh kasta ini. Walaupun mata mereka buta, kasta pekerja bekerja terus tanpa henti, memelihara telur dan rayap muda, serta memindahkannya pada saat terancam ke tempat yang lebih aman. Kasta pekerja bertugas memberi makan dan memelihara ratu, mencari sumber makanan, menumbuhkan jamur dan memeliharanya. Kasta pekerja juga membuat serambi sarang dan liang-liang kembara, merawatnya, merancang bentuk sarang, dan membangun termitarium. Kasta pekerja pula yang memperbaiki sarang bila terjadi kerusakan. Disamping paling banyak jumlahnya di dalam koloni, mereka juga paling tinggi aktivitasnya di dalam dan di luar sarang. Rayap pekerja inilah yang sering merusak beberapa jenis tanaman, menggerogoti kayu, mebel, dan bahan berselulosa lainnya. Bahkan terkadang mereka memakan rayap lain yang lemah sehingga hanya individu-individu yang kuat saja yang dipertahankan. Semua ini merupakan mekanisme pengaturan keseimbangan dan ketahanan internal di dalam koloni rayap.

Kasta pekerja dapat disebut sebagai "inti koloni rayap." Mereka berkomunikasi dengan anggota koloni lain dengan menggunakan

feromon. Mereka mengandalkan indra pendeteksi bau (*olfactory*), pendeteksi rasa (*gustatory*), dan pendeteksi mekanis (*mechanoreceptor*).

3. Kasta Reproduksi

Kasta reproduktif merupakan individu-individu rayap yang memiliki kemampuan untuk mendukung proses perkembangbiakan. Mereka dibedakan menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Kasta reproduktif primer, terdiri dari laron (alates), ratu, dan raja.
- b. Kasta reproduktif sekunder atau neoten

Laron merupakan serangga-serangga dewasa (jantan dan betina) yang bersayap yang terbentuk di dalam koloni rayap (Gambar 7). Pada umur tertentu, ketika sayapnya telah terbentuk sempurna, mereka terbang keluar dari sarang secara bersamaan (*swarming*); puluhan, ratusan, atau ribuan ekor. Sebagian dari mereka akan dimangsa oleh predator, tetapi sebagian lainnya akan "mendarat", kemudian saling mencari pasangan dan menanggalkan sayap.

Gambar 7. Laron rayap tanah *Macrotermes* sp.



Apabila laron telah mendapatkan pasangan, masing-masing pasangan akan berjalan beriringan mencari tempat yang sesuai untuk kawin dan berkembang biak, membentuk koloni baru. Jadi laron adalah pendiri koloni; betina menjadi ratu, sedangkan yang jantan menjadi raja. Di wilayah tropika, masa perkembangan laron terjadi satu atau dua kali dalam setahun, biasanya pada awal dan akhir musim hujan. Mereka cenderung terbang mendekati sumber cahaya seperti lampu yang bersinar pada malam hari. Oleh karena itu, masyarakat pada umumnya lebih mengenal laron daripada ratu, raja, kasta prajurit, dan kasta pekerja rayap. Namun setelah menemukan pasangan dan kawin, laron akan berubah sifat menjadi "senang bersembunyi" (*cryptobiotic*) sebagaimana halnya kasta pekerja dan kasta prajurit. Sementara itu neoten merupakan "pengganti" ratu dan raja, apabila ratu atau raja tersebut mati. Neoten juga terbentuk apabila ratu atau raja terpisah dari koloni, misalnya karena sarang mengalami fragmentasi akibat erosi.

Menurut Richard dan Davies (1996) neoten muncul segera setelah ratu primer mati atau hilang karena fragmentasi koloni. Neoten dapat terbentuk beberapa kali dalam jumlah yang cukup banyak sesuai dengan perkembangan koloni, kemudian menggantikan fungsi kasta reproduktif primer.

Pada rayap tingkat tinggi (Termitidae), ratu dapat mencapai ukuran panjang 5 sampai 9 cm, bahkan lebih tergantung umur koloni (Gambar 8). Peningkatan ukuran tubuh ini disebabkan pengelembungan



Gambar 8. Ratu rayap tanah *Macrotermes* sp.



Gambar 9. Telur rayap tanah *Macrotermes* sp.

abdomen karena pertumbuhan ovarium, usus, dan penambahan lemak tubuh. Kepala dan toraks tidak membesar, demikian juga tergum dan sternum abdomen. Pembesaran tubuh ini menyebabkan ratu tidak mampu bergerak aktif dan tampak malas. Seekor ratu mampu menghasilkan telur (Gambar 9) sebanyak ratusan sampai dengan jutaan butir per tahun.

D. Pembentukan Kasta

Bagaimana pembentukan kasta pada koloni rayap terjadi? Pertanyaan ini telah mengundang banyak peneliti seperti Grassi dan Sandias (1893), E.M. Miller (1969), Charles Noirot (1969), Luscher (1969), dan peneliti lainnya untuk melakukan penelitian intensif. Penelitian modern pertama dilakukan oleh Batista Grassi pada rayap tingkat rendah *Kaloterme flavicollis*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rayap *K. flavicollis* yang dipisahkan dari koloninya mampu bertahan hidup dan membentuk koloni baru. Selanjutnya Grassi dan Sandias pada tahun 1896 menemukan bahwa koloni rayap yang kehilangan kasta reproduktif primer akan membentuk neoten (kasta reproduktif sekunder) dalam waktu empat sampai tujuh hari. Sebaliknya, koloni rayap yang masih memiliki kasta reproduktif primer tidak dapat membentuk neoten.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, muncul satu teori yang disebut Teori Ekstrensis. Teori ini menyatakan bahwa semua individu

rayap memiliki potensi untuk berkembang menjadi kasta prajurit, kasta pekerja, atau kasta reproduktif dan pembentukannya dipengaruhi oleh faktor nutrisi dan faktor lingkungan. Di pihak lain, Imms (1919) menyebutkan adanya faktor intrinsik yang mengendalikan pembentukan kasta di dalam koloni rayap *Achortermopsis*.

Pada tahun 1922, Thomson meneliti pembentukan kasta pada koloni rayap *Zootermopsis*. Pada rayap tersebut dijumpai dua bentuk telur dan larva yang diduga berhubungan dengan pembagian kasta. Larva yang memiliki kepala berukuran kecil, serta otak dan gonad berukuran besar akan berkembang menjadi kasta reproduktif. Sebaliknya larva yang memiliki ukuran otak dan gonad yang kecil akan berkembang menjadi kasta pekerja atau kasta prajurit. Akan tetapi, penelitian Heath (1927, 1928) pada rayap yang sama tidak menemukan perbedaan bentuk telur seperti yang dilaporkan oleh Thompson. Demikian juga pada berbagai jenis rayap tingkat rendah lain, tidak ditemukan adanya perbedaan bentuk telur tersebut.

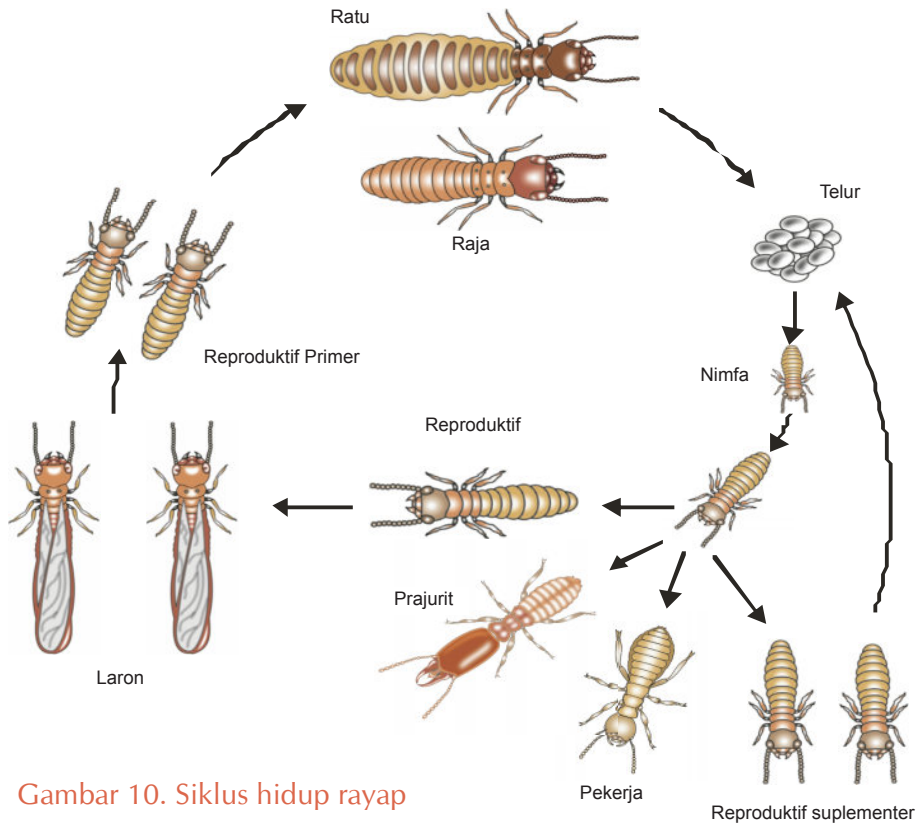
Penelitian selanjutnya, menyimpulkan bahwa kasta reproduktif primer memproduksi suatu bahan kimia yang spesifik, yang dapat menghambat perkembangan nimfa betina menjadi neoten (Pickens, 1932). Hal ini diperkuat oleh penemuan Castle (1934) yang menunjukkan bukti adanya penghambatan oleh suatu bahan kimia yang disebut feromon. Feromon penghambat munculnya kasta reproduktif suplementer ini dikeluarkan oleh kasta reproduktif primer, yang selanjutnya disebut feromon dasar (*primer pheromone*). Feromon dasar menyebabkan terhambatnya pertumbuhan atau pembentukan neoten yang berfungsi menghambat diferensiasi kelamin. Segera setelah kasta reproduktif primer mati, feromon ini hilang sehingga terbentuk neoten sebagai pengganti kasta reproduktif primer. Kemudian neoten-neoten yang telah terbentuk mengeluarkan feromon yang sama sehingga pembentukan neoten yang lebih banyak dapat dihambat. Menurut Tarumingkeng (1993) feromon dasar juga berperan dalam pembentukan kasta pekerja dan kasta prajurit. Luscher dan Springhetti (1960) serta Luscher (1969) menyimpulkan bahwa selain feromon, terdapat hormon ecdison dan hormon juvenil yang mempengaruhi pembentukan kasta

pada rayap tingkat rendah. Ketika hormon ecdison diberikan pada nimfa instar kedua, akan terbentuk beberapa seri hormon yang dapat membantu nimfa untuk berkembang menjadi kasta reproduktif. Sebaliknya, pemberian hormon juvenil akan menghambat perkembangan nimfa atau pekerja palsu menjadi kasta reproduktif.

Pada rayap tingkat tinggi (famili Termitidae), mekanisme pembentukan kasta belum banyak diketahui seperti pada rayap tingkat rendah. Pembagian kasta pada rayap tingkat tinggi menunjukkan perkembangan yang lebih kompleks. Pemisahan individu menjadi pekerja, prajurit atau neoten dan imago sudah dapat dilihat perubahan morfologinya sejak instar pertama. Hal ini memunculkan dugaan bahwa sejak awal individu-individu tersebut sudah mewarisi karakter genetik yang berbeda. Disamping itu, feromon dasar ternyata tidak selalu dijumpai pada semua rayap tingkat tinggi.

E. Pembentukan Koloni

Sebagaimana telah dikemukakan pada butir C, satu koloni rayap terbentuk dari sepasang laron (alates) betina dan jantan yang terbang secara berkelompok dari sarangnya (*swarming*), kemudian saling mencari pasangan. Masing-masing pasangan laron tersebut kemudian beriringan menuju tempat yang dipilih untuk kawin dan membuat sarang. Laron betina kemudian berperan sebagai ratu primer (*primary queen*), sedangkan laron jantan sebagai raja. Telur yang dihasilkan dari perkawinan ratu dan raja tersebut akan menetas dalam rentang waktu yang bervariasi tergantung pada jenisnya. Telur rayap *C. curvignathus* menetas setelah 8-11 hari, namun beberapa jenis rayap lain memiliki kisaran masa penetasan telur antara 20-70 hari. Nimfa muda akan mengalami pergantian kulit sebanyak delapan kali, sampai kemudian berkembang menjadi kasta pekerja, kasta prajurit, atau laron. Itulah awal pembentukan koloni rayap. Secara lengkap, siklus hidup rayap disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Siklus hidup rayap

Koloni rayap dapat juga terbentuk dari sebagian atau sekelompok anggota koloni yang memisahkan diri (migrasi) dari koloni utama. Selanjutnya, koloni baru tersebut akan membentuk kasta reproduktif sekunder (neoten). Koloni rayap tanah *C. curvignathus* sangat mudah terbentuk melalui proses migrasi. Sementara itu jenis rayap tingkat tinggi, khususnya kelompok Macrotermitinae sangat sukar membentuk koloni baru melalui proses migrasi koloni. Umumnya koloni baru hanya terbentuk melalui perkawinan sepasang laron.

Pembentukan koloni dapat juga terjadi dengan cara isolasi, yaitu pembentukan koloni karena adanya sebagian anggota koloni yang terisolasi dari koloni utama akibat tersumbatnya atau tersekatnya liang-liang kembara atau ruang-ruang dalam sarang rayap. Sebagian anggota koloni yang terisolasi tersebut kemudian membentuk kasta reproduktif sekunder yang pada saatnya akan melanjutkan reproduksi dan membentuk koloni baru.

E. Peranan di Alam

Walaupun sebagian besar masyarakat beranggapan bahwa rayap merupakan serangga pengganggu yang sering merusak berbagai bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, kertas termasuk buku dan arsip, serta beberapa jenis tanaman pertanian maupun perkebunan, namun peranan serangga tersebut di alam sebenarnya sangat bermanfaat. Mereka berperan sebagai pengurai (*decomposer*) yang merombak dan mendaur ulang sampah organik, tunggak pohon, serasah, dan bahan organik lainnya menjadi partikel-partikel an-organik seperti karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor. Melalui proses tersebut, bukan saja sampah organik dimusnahkan tetapi juga kandungan hara di dalam tanah diperkaya. Mereka mengembalikan nutrisi yang terkandung dalam bahan organik ke dalam tanah. Mereka dapat disebut sebagai “penyubur tanah”. Disamping itu sebagian dari mereka, yaitu golongan rayap tanah membuat lorong-lorong atau liang-liang kembara di dalam tanah sehingga tanah menjadi gembur. Aktivitas rayap tanah juga menyebabkan porositas dan aerasi tanah meningkat. Hal ini sangat penting bagi perkembangan perakaran tumbuhan dan penyerapan air oleh tanah. Di pihak lain harus diakui bahwa beberapa spesies rayap sering menyusup masuk ke dalam rumah atau bangunan gedung lainnya, kemudian merusak berbagai komponen bangunan yang terbuat dari kayu. Bahkan mereka juga sering merusak benda-benda berharga yang ada di dalam bangunan gedung, atau menjadi hama tanaman pertanian, perkebunan, serta kehutanan. Namun perlu diketahui bahwa dari sekitar 2000 spesies rayap yang hidup di muka bumi, hanya sedikit (kurang dari 100 spesies) yang berperan sebagai hama. Spesies-spesies lainnya justru memberikan sumbangan positif terhadap keberlangsungan ekosistem bumi.

Secara garis besar rayap dibagi ke dalam tiga golongan berdasarkan tempatnya bersarang, yaitu rayap tanah (*subterranean termites*), rayap kayu lembab (*damp wood termites*), dan rayap kayu kering (*dry wood termites*). Spesies-spesies rayap tanah bersarang di dalam tanah atau di permukaan tanah, tetapi dapat menjangkau sumber makanan yang lokasinya jauh dari permukaan tanah. Jumlah anggota koloni spesies rayap tanah pada umumnya sangat banyak bisa mencapai ratusan ribu

bahkan jutaan ekor per koloni. Sementara itu spesies-spesies rayap kayu lembab bersarang pada kayu lembab (basah), misalnya batang atau cabang pohon yang merana atau mati.

Adapun spesies-spesies rayap kayu kering bersarang pada kayu yang sudah kering (kadar air $< 20\%$), misalnya pada kayu konstruksi rumah, mebel, kerajinan yang terbuat dari kayu, dan lain-lain. Pada umur koloni yang sama, jumlah anggota rayap kayu lembab dan rayap kayu kering tidak sebanyak anggota koloni rayap tanah, biasanya hanya ratusan ekor per koloni.

3 SERANGAN RAYAP TERHADAP KELAPA SAWIT



A. Sejarah dan Sebaran Serangan

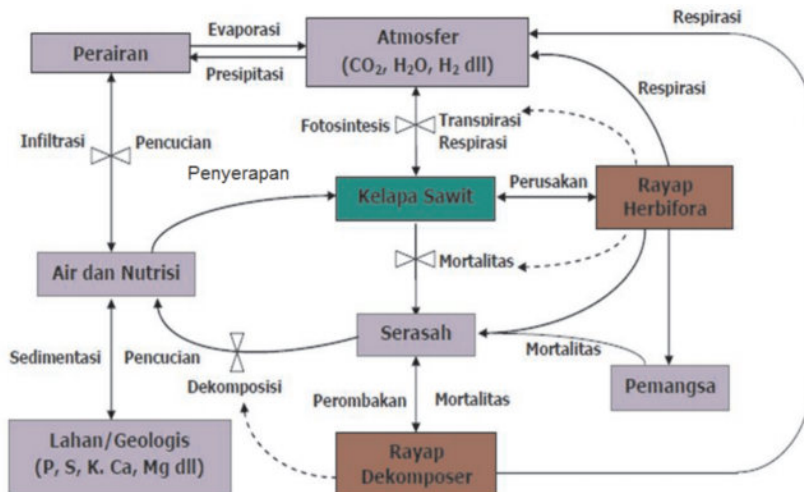
Sebelum tahun 1990 dapat dikatakan tidak pernah ada laporan ilmiah tentang serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit di Indonesia. Memang pada saat itu areal tanaman kelapa sawit di Indonesia masih sangat sedikit, belum sampai jutaan hektar seperti saat ini. Pada saat itu hampir seluruh areal perkebunan kelapa sawit berada di lahan non-gambut (tanah mineral), khususnya di Jawa dan Sumatera. Namun dengan pertambahan luas areal perkebunan kelapa sawit yang sangat pesat pada periode tahun 1985 – 2000, maka sejak itu di Jawa dan Sumatera hampir tidak ada lagi lahan mineral yang tersedia untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit secara besar-besaran. Bahkan saat ini Jawa dan Sumatera dapat dikatakan sudah “tertutup untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit. Akibatnya sejak tahun 1990 pengembangan perkebunan kelapa sawit diarahkan ke Kalimantan, Sulawesi, dan Papua, termasuk di lahan gambut. Konversi hutan gambut menjadi perkebunan kelapa sawit secara ekstensif di wilayah tersebut termasuk penebangan hutan dan dibangunnya kanal-kanal untuk mengatur ketinggian air, telah menyebabkan perubahan bio-fisik lingkungan secara drastis. Permukaan tanah yang semula sebagian besar tergenang menjadi relatif kering karena turunnya permukaan air (*water table*). Dengan demikian ketersediaan tapak yang bebas genangan meningkat secara signifikan. Keasaman (pH) tanah yang semula sangat rendah secara berangsur meningkat mendekati netral akibat berkurangnya genangan air dan meningkatnya suhu di permukaan tanah. Kondisi ini menyebabkan proses dekomposisi serasah berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Oleh karena itu, secara bertahap kandungan nutrisi di

dalam tanah menjadi lebih baik. Hal ini sangat penting untuk pertumbuhan kelapa sawit. Di pihak lain turunnya permukaan air dan meningkatnya suhu permukaan tanah menciptakan kondisi yang lebih ideal bagi kehidupan spesies endemik rayap tanah. Apalagi jika banyak pemangsa rayap yang bermigrasi atau tertekan populasinya akibat perubahan ekosistem tersebut. Semua itu telah mengubah ekosistem lahan gambut yang semula kurang sesuai bagi perkembangan rayap tanah (*subterranean termites*) menjadi sangat mendukung perkembangan beberapa jenis rayap tanah, khususnya rayap tanah *Coptotermes curvignathus* (Blatodea: Rhinotermitidae). Hal itulah yang menyebabkan saat ini cukup banyak kasus serangan rayap tanah pada kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut. Namun demikian, tidak berarti hanya kelapa sawit di lahan gambut yang dapat menjadi sasaran serangan rayap. Beberapa perkebunan sawit yang dibangun di lahan non gambut juga banyak yang mengalami gangguan serangan serangga kecil tersebut, walaupun frekuensi dan intensitas serangannya tidak seperti di lahan gambut. Pada tahap inilah rayap, khususnya rayap tanah *Coptotermes curvignathus* beralih status, dari hama hutan dan kelapa serta karet menjadi hama “baru” pada kebun kelapa sawit, di samping perannya sebagai hama bangunan gedung (*structural pest, urban pest*).

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa serangan rayap tanah terhadap tanaman kelapa sawit terutama terjadi di areal kebun sawit baru yang lahannya semula merupakan hutan primer atau hutan sekunder (*log over areas*). Pembukaan lahan dan hutan primer atau bekas tebangan untuk perluasan areal perkebunan kelapa sawit sering kali menyisakan tunggak kayu dan tumpukan serasah yang berserakan di atas maupun di dalam tanah. Dengan kata lain, kondisi areal kebun sawit tersebut menyediakan sumber makanan yang melimpah bagi rayap. Pada periode awal pembukaan kebun, rayap akan memperoleh sumber makanan yang melimpah dari serasah dan tunggak-tunggak pohon, namun pada tahun-tahun berikutnya beberapa spesies serangga tersebut khususnya *Coptotermes curvignathus*, berpotensi menjadikan tanaman kelapa sawit sebagai sumber makanan. Mereka memilih tanaman kelapa sawit sebagai inangnya yang baru. Spesies rayap tersebut melakukan adaptasi ekologis dan menjadi hama yang serius bagi tanaman kelapa sawit sebagai tanaman eksotik di areal tersebut. Dengan kata lain spesies rayap tersebut berperan juga sebagai herbifora di samping sebagai pengurai

(*decomposer*). Dalam kondisi itulah rayap menjelma sebagai serangga hama yang merusak tanaman kelapa sawit. Apalagi jika berbagai hewan pemangsa rayap telah “mengungsi” ke ekosistem yang belum terganggu di sekitar kebun kelapa sawit, seperti hutan alam. Kasus ini banyak terjadi pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dan bekas hutan primer di Sumatera dan Kalimantan. Di pihak lain spesies-spesies rayap lainnya yang ada di ekosistem tersebut, misalnya *Macrotermes gilvus*, *Schedorhinotermes javanicus*, dan *Nasutitermes javanicus* pada umumnya tidak mengganggu tanaman kelapa sawit. Mereka tetap berperan sebagai pengurai atau perombak serasah. Kalaupun spesies-spesies tersebut melakukan penjelajahan (*foraging*) ke tanaman kelapa sawit, biasanya mereka hanya membuat liang kembara pada permukaan pangkal batang kelapa sawit. Mereka hanya memakan jaringan mati pada tanaman tersebut. Di beberapa perkebunan kelapa sawit di Sumatera, banyak ditemukan sarang rayap tanah *Macrotermes* spp. di dekat pohon kelapa sawit, bahkan "menempel" pada batang pohon tersebut, namun tidak menyebabkan kerusakan.

Secara konseptual model hubungan antara kelapa sawit, koloni rayap, dan elemen fisik lingkungan dalam ekosistem kebun sawit disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Model hubungan kelapa sawit, rayap, dan elemen fisik lingkungan dalam ekosistem kebun kelapa sawit

Serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit pertama kali dilaporkan oleh Sudartha *et al.* (1990). Serangan tersebut terjadi di PT. Perkebunan Nusantara IV di Torgamba, Sumatera Utara. Dari 7.282 hektar atau 983.740 pohon kelapa sawit berumur 6-11 tahun di areal kebun tersebut, 10.674 tanaman di antaranya terserang rayap tanah *Coptotermes curvignathus*. Delapan tahun kemudian, Ginting *et al.* (1998) melaporkan bahwa 3.516 hektar kebun sawit di Pulau Burung, Provinsi Kepulauan Riau, diserang oleh spesies rayap yang sama. Demikian juga beberapa perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara mengalami serangan rayap tanah *Coptotermes curvignathus* yang cukup berat menjelang dan pada awal tahun 2000 (Darmabakti, 2002). Setelah itu serangan rayap pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Jawa Barat, dan beberapa daerah lainnya terus ditemukan dan dilaporkan. Di suatu perkebunan kelapa sawit milik swasta di Kalimantan Barat misalnya, rayap *Coptotermes curvignathus* menyerang tanaman kelapa sawit yang berumur 10 tahun (Indrayani, 2010). Sementara itu perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah juga dilaporkan mengalami serangan rayap tanah (Pitono, 2012). Bahkan suatu perkebunan kelapa sawit milik negara di Bogor Jawa Barat, dilaporkan mengalami serangan empat spesies rayap tanah yaitu *Coptotermes curvignathus*, *Macrotermes gilivus*, *Capritermes mohri*, dan *Nasutitermes javanicus* secara bersamaan di suatu petak yang sama (Arinana *et al.* 2012). Pada tahun 2013, melalui pengamatan berkala (setiap bulan sekali), selama enam bulan, penulis mencatat intensitas serangan rayap tanah *C. curvignathus* yang cukup tinggi pada pohon kelapa sawit berumur 7-10 tahun di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau. Walaupun spesies rayap tanah yang sering ditemukan di kebun kelapa sawit cukup banyak, namun serangan yang serius lebih banyak diakibatkan oleh spesies *Coptotermes curvignathus*. Spesies inilah yang patut diwaspadai oleh para pengelola kebun sawit karena memiliki kemampuan untuk beradaptasi di dalam ekosistem kebun sawit sehingga berpotensi menjadi hama yang serangannya sangat ekstensif. Disamping itu pada umur koloni yang telah lebih dari lima tahun, spesies tersebut memiliki ukuran populasi yang sangat besar, daya jelajah yang relatif jauh, dan kemampuan membentuk sarang tambahan (*subsidiary nest*). Dapat dikatakan spesies inilah “biang keladi” terjadinya kerusakan pada kebun kelapa sawit. Spesies inilah

yang paling berpotensi menjadi hama penting (*severe pest*) di perkebunan kelapa sawit.

Sampai saat ini serangan rayap tanah terhadap kebun sawit telah ditemukan sekurang-kurangnya di delapan provinsi yang menjadi andalan produksi sawit Indonesia yaitu Sumatera Utara, Riau, Kepulauan Riau, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Papua, dan Papua Barat (Gambar 12). Selain delapan provinsi tersebut, diduga serangan rayap pada tanaman kelapa sawit juga terjadi di beberapa provinsi lain di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi, hanya saja belum ada laporan komprehensif tentang hal tersebut.

Berdasarkan pengamatan lapangan selama ini dan dikaitkan dengan ekologi beberapa spesies rayap tanah yang hidup di Indonesia, patut diduga bahwa kebun sawit di lahan gambut sangat rentan terhadap serangan rayap tanah, apalagi jika penyiapan lahannya tidak memadai.

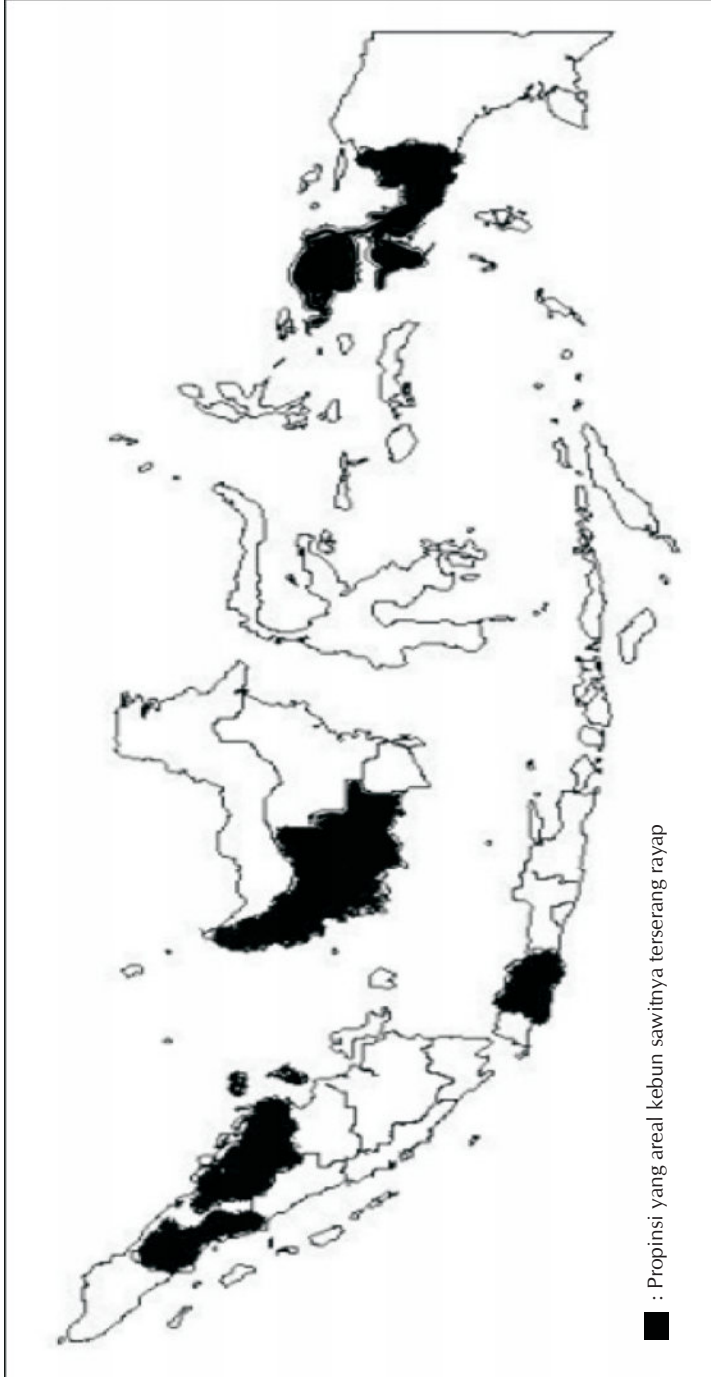
B. Spesies Ra ap ang Berpotensi Menjadi Hama

Hasil pengamatan di beberapa perkebunan kelapa sawit di Jawa, Sumatera, dan Kalimantan menunjukkan bahwa rayap tanah yang berpotensi menjadi hama pada tanaman kelapa sawit biasanya merupakan spesies asli di ekosistem tersebut (*endemic species*). Spesies-spesies tersebut adalah *Coptotermes curvignathus*, *Macrotermes gilvus*, *Capritermes mohri*, *Schedorhinotermes javanicus*, dan *Nasutitermes javanicus*. Morfologi dan ekologi spesies rayap tersebut diuraikan di bawah ini.

1. *Coptotermes curvignathus*

Marga atau genus *Coptotermes* termasuk dalam famili Rhinotermitidae yang sangat umum ditemukan di Asia Tenggara, bahkan sampai ke Jepang. Di Indonesia, spesies rayap ini banyak ditemukan di hutan primer dataran rendah atau di lahan bekas perkebunan karet. Bakti (2002) menyatakan bahwa keberadaan *Coptotermes curvignathus* di ekosistem perkebunan kelapa sawit lebih dominan dibandingkan dengan di ekosistem hutan.

Kepala kasta prajurit spesies rayap ini berwarna kuning, antena, lambrum, dan pronotum kuning pucat. Bentuk kepala bulat-lonjong,



Gambar 12. Sebaran Kasus Serangan Rayap pada Kebun Kelapa Sawit di Indonesia.



Gambar 13. Kasta prajurit *Coptotermes curvignathus*

dengan fontanel yang lebar. Antena terdiri 15 segmen, segmen kedua dan segmen keempat sama panjangnya. Mandibel berbentuk seperti arit dengan bagian ujung melengkung. Panjang kepala berikut mandibel 2,46-2.66 mm, panjang kepala tanpa mandibel 1,56-1,68 mm. Lebar kepala 1,40-1,44 mm dengan lebar pronotum 1,00-1,03 mm 0,56 mm. Panjang badan 5,5-6,0 mm. Bagian abdomen ditutupi dengan rambut yang menyerupai duri. Abdomen berwarna putih kekuning-kuningan (Gambar 13).

Sarang utama spesies rayap ini berada di dalam tanah sampai kedalaman 1,5 meter. Namun demikian pada keadaan tertentu, mereka mampu membuat sarang sekunder (*subsidiary nest*) pada benda yang diserangnya, baik yang terletak di dalam tanah maupun di atas permukaan tanah. Di hutan atau kebun di dataran rendah di Jawa dan Sumatera, sarang utama spesies rayap ini sering ditemukan pada bagian

bawah tunggak pohon, terutama tunggak pohon karet dan pohon pinus. Di kota-kota besar di Jawa seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, Semarang, dan Bogor, spesies *Coptotermes curvignathus* merupakan perusak bangunan gedung, termasuk rumah, yang paling penting. Bahkan sarang sekundernya sering ditemukan di dalam bangunan gedung bertingkat tinggi.

2. *Macrotermes gilvus*

Spesies *Macrotermes* termasuk dalam famili Termitidae yang sangat umum ditemukan di Asia Tenggara. Di Indonesia spesies rayap ini dapat ditemukan hampir di seluruh pulau, termasuk di Papua. Sarangnya berbentuk kubah (*dome*) atau bukit kecil (*mound*) yang muncul ke atas permukaan tanah. Ukuran sarang bervariasi, tergantung pada umur koloni, ukuran populasi, dan kondisi habitatnya. Makin lanjut umur koloni rayap tersebut, makin besar ukuran sarangnya. Dengan perkataan lain, ukuran sarang tersebut akan “tumbuh membesar seiring dengan perkembangan umur koloni rayap. Tinggi sarang spesies *Macrotermes gilvus* yang hidup di Jawa, Sumatera, dan Kalimantan dapat mencapai 1,8 meter di atas permukaan tanah dengan luas bidang dasar dapat mencapai 16 m² (Gambar 14 dan Gambar 15). Di Papua, tinggi sarang spesies rayap tersebut bahkan dapat mencapai tiga meter atau lebih di atas permukaan tanah.

Gambar 14.
Sarang Rayap *Macrotermes gilvus* di suatu hutan dataran rendah di Provinsi Jawa Barat
Sumber: Subekti N dan Nandika D. (2010)



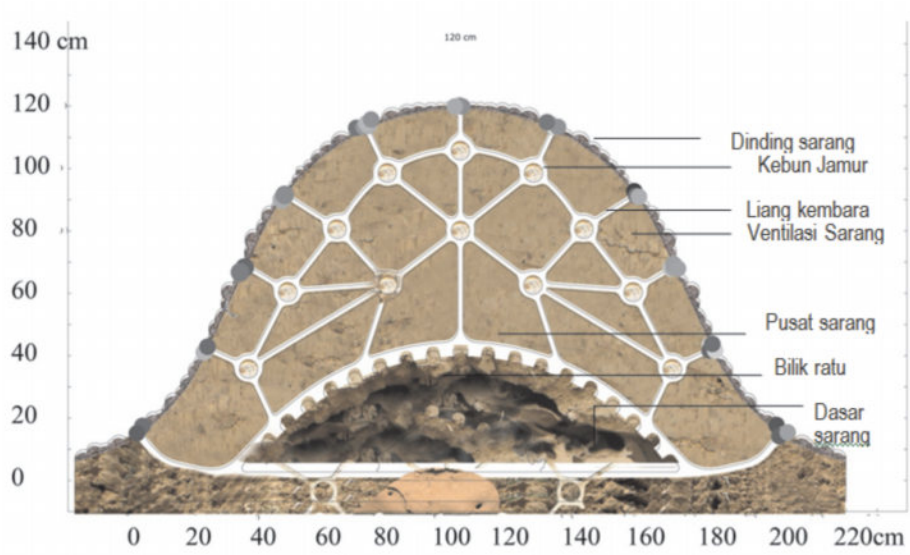
Struktur sarang rayap tanah *Macrotermes gilvus* sangat kokoh. Bangunan sarang tersebut memiliki bahan penyusun yang terdiri atas tekstur liat, pasir, dan debu. Dinding sarang terdiri atas campuran liat dan pasir yang sangat kuat dan keras. Kekerasan dinding sarang tersebut dapat mencapai 46,66 Kg/cm² (Subekti dan Nandika, 2010). Sementara itu bahan perekat material pembentuk sarang tersebut adalah air liur (*saliva*) yang dikeluarkan dari mulut rayap. Permukaan sarang kadang-kadang tertutup oleh serasah atau beberapa jenis rumput.

Di dalam sarang rayap tanah *Macrotermes gilvus* terdapat antara lain bilik ratu (*queen chamber*), beberapa kebun jamur, dan liang-liang kembara (Gambar 16). Bilik ratu adalah suatu ruangan khusus berbentuk lempeng cembung yang terletak di dalam sarang, berfungsi sebagai tempat tinggal ratu, raja, dan telur. Dinding bilik ratu merupakan bagian terkeras (73,25 Kg/cm²) dari keseluruhan bagian konstruksi sarang rayap (Subekti dan Nandika, 2010). Adapun kebun jamur merupakan rongga-rongga bulat yang tersebar di dalam sarang rayap, berfungsi sebagai tempat tumbuh spesies jamur tertentu (*termitocytes*) yang menjadi sumber makanan rayap. Jumlah dan ukuran kebun jamur di dalam sarang rayap *Macrotermes gilvus* tergantung kepada umur koloninya.

Semakin besar ukuran sarang rayap *Macrotermes gilvus*, semakin banyak jumlah anggota koloni di dalam sarang tersebut dan makin banyak pula



Gambar 15. Penulis sedang mengamati sarang rayap *Macrotermes gilvus* di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau



Gambar 16. Model arsitektur sarang rayap tanah *Macrotermes gilvus*
 Sumber: Subekti N dan Nandika D. 2010

makanan yang harus tersedia dalam sarang. Demikian juga keberadaan rongga-rongga pergantian udara dan liang kembarannya. Semakin besar sarang maka semakin banyak jumlah individu rayap yang dapat ditampung di dalam sarang, semakin banyak ventilasi dalam sarang, serta semakin banyak liang kembara di dalam sarang tersebut.

Kepala kasta prajurit *Macrotermes* sp. berwarna coklat tua dengan sepasang mandibel (kiri dan kanan) yang simetris dan tidak memiliki gigi marginal. Bagian ujung mandibel tersebut melengkung dan digunakan untuk menjepit musuh. Ujung dari labrum tidak jelas, pendek dan melingkar. Antena terdiri atas 16-17 ruas. Ada dua jenis kasta prajurit dari *Macrotermes gilvus*, yaitu kasta prajurit yang besar (*mayor*) dan kasta prajurit yang kecil (*minor*), dengan ciri-ciri sebagai berikut.

a. Kasta prajurit mayor

Kepala berwarna coklat kemerahan, lebar 2,88-3,10 mm, panjang kepala dengan mandibel 4,80-5,00 mm. Antena 17 ruas, ruas ketiga sama



Gambar 17. Kasta prajurit rayap tanah *Macrotermes gilvus*

panjang dengan ruas kedua, ruas ketiga lebih panjang dari ruas keempat (Gambar 17).

b. Kasta prajurit minor

Kepala berwarna coklat tua, lebar 1,52-1,71 mm, panjang kepala dengan mandibel 3,07-3,27 mm, panjang kepala tanpa mandibel 1,84-2,08 mm. Antena 17 ruas, ruas kedua sama panjang dengan ruas keempat.

c. *Capritermes mohri*

Spesies *Capritermes* termasuk ke dalam famili Termitidae, biasa ditemukan di Asia Tenggara, merupakan rayap tanah yang kehidupannya berhubungan erat (berasosiasi) dengan rayap

Macrotermes dan Odontotermes. Sarangnya terletak di bawah tanah, berupa ruang-ruang yang sempit, akan tetapi ada satu ruang yang luas dengan ukuran 18 cm x 3 cm yang merupakan ruang kerajaan.

Pada kepala terdapat bulu-bulu yang keras dan agak jarang serta letaknya tersebar. Panjang kepala dengan mandibel 3,36-3,65 mm, sedangkan panjang kepala tanpa mandibel 1,84-2,08 mm. Lebar kepala 1,16-1,23 mm. Bentuk mandibel tidak simetris, bagian tengah mandibel kiri melengkung sekali tetapi bagian ujungnya tidak melengkung. Mandibel kanan hanya melengkung sedikit ke kiri. Apabila kedua mandibel merapat maka bentuknya menyerupai kait (Gambar 18). Panjang mandibel sebelah kiri 1,45 mm. Labrum biasanya lurus atau sedikit cembung, ujungnya tidak jelas dan sangat pendek. Antena terdiri atas 14 ruas, ruas ketiga kadang-kadang sama panjang dengan ruas yang keempat. Fontanel menonjol keluar berbentuk kerucut. Panjang postmentum 1,09 mm, dan lebarnya 0,16 mm. Panjang pronotum 0,36 mm dan lebarnya 0,74-0,77 mm.



Gambar 18. Kasta prajurit rayap tanah *Capritermes mohri*

d. *Schedorhinotermes javanicus*

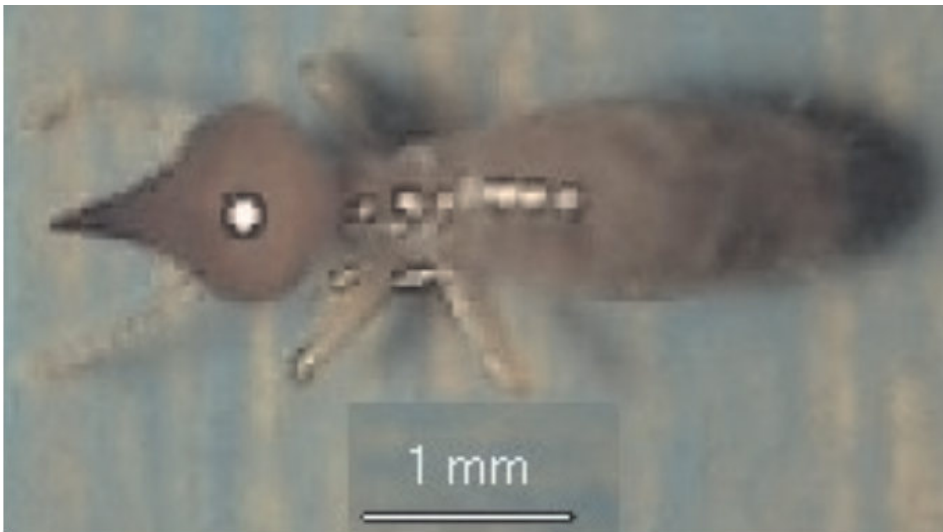
Spesies *Schedorhinotermes* termasuk ke dalam famili *Rhinotermitidae* dan merupakan jenis rayap yang paling luas penyebarannya sebab bisa hidup sampai ketinggian 1000 m dari permukaan laut. Sarang yang dibentuk oleh rayap ini tidak berbentuk gundukan. Rayap ini memiliki dua tipe kasta prajurit, yaitu kasta prajurit yang berukuran besar (*major*) dan kasta prajurit berukuran kecil (*minor*). Kasta prajurit berukuran besar memiliki kepala berwarna kuning muda, panjang kepala dengan mandibel 1,47-1,57 mm, lebar maksimum kepala 1,37-1,47 mm, dan jumlah segmen antena sebanyak 16 segmen. Panjang labrum 0,40-0,45 mm dan lebarnya 0,16-1,17 mm. Postmentum berukuran panjang 0,47-0,56 mm. Kasta prajurit kecil mempunyai kepala yang berwarna kuning muda dengan panjang kepala berikutan mandibel 1,09-1,21 mm, lebar kepala 1,61-1,66 mm, dan jumlah segmen antena 15 segmen (Gambar 19).



Gambar 19. Kasta prajurit rayap tanah *Schedorhinotermes javanicus*

e. *Nasutitermes javanicus*

Spesies rayap tanah *Nasutitermes* termasuk ke dalam famili Termitidae dan banyak ditemukan di Asia Tenggara. Koloni rayap ini bersarang di dalam kayu atau tunggak pohon. Kepala berwarna kuning berbentuk bulat, panjang kepala dengan nasut 1,25 mm, sedangkan panjang kepala tanpa nasut 0,65 mm. Lebar kepala 0,72 mm. Kepala memanjang membentuk nasut dengan posisi fontanel terletak di ujung nasut (Gambar 20). Mandibel tidak berkembang dan tidak berfungsi, mandibel tanpa gigi marjinal. Antena pendek terdiri atas 12-13 ruas. Ruas ketiga lebih panjang dari ruas kedua. Ruas keempat lebih pendek dari ruas ketiga.



Gambar 20. Kasta Prajurit Rayap Tanah *Nasutitermes javanicus*

f. *Odontotermes* sp.

Spesies rayap tanah *Odontotermes* termasuk ke dalam famili Termitidae, banyak ditemukan di Asia Tenggara. Kepala rayap ini berwarna coklat tua atau coklat kemerahan. Bentuk kepala melebar, selisih antara bagian yang terlebar dan bagian yang tersempit sekitar 1,39 mm. Panjang kepala berikut mandibel 3,27-3,36 mm, panjang kepala tanpa mandibel 2,19-2,44 mm. Mandibel sama panjang atau lebih

pendek dari pada setengah panjang kepala. Pada mandibel terdapat gigi marginal. Bagian dalam dari gigi marginal pada mandibel sebelah kiri sangat cembung. Panjang gigi marginal 0,70 mm. Lebar dasar mandibel 1,24 mm dan panjang 1,19 mm. Pada mandibel kiri, labrum lebih panjang dari pada gigi marginal. Antena terdiri atas 17 ruas. Ruas kedua sama panjang atau lebih pendek dari ruas ketiga. Postmentum tidak melengkung atau cekung, panjang postmentum 1,45 mm dan lebar 0,72 mm (Gambar 21).

Gambar 21. Kasta prajurit rayap tanah *Odontotermes* sp.

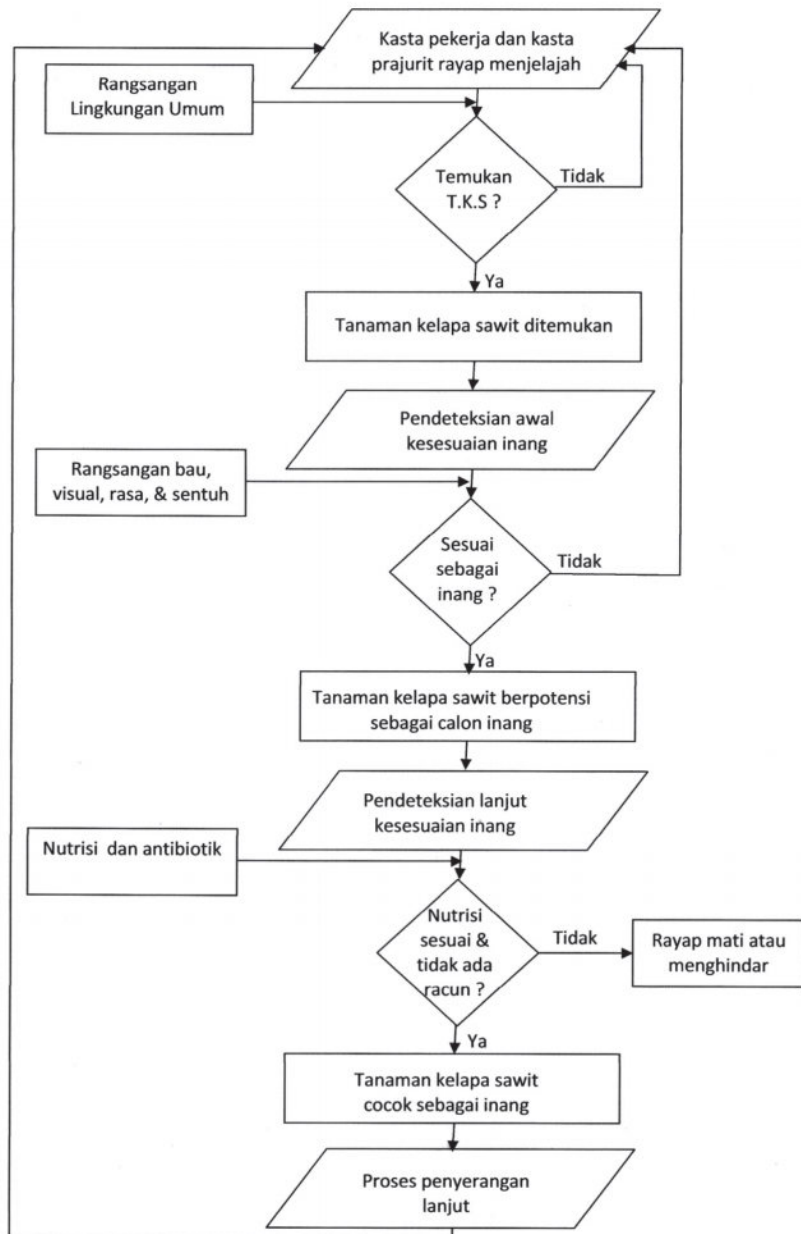


C. Mekanisme dan Dampak Serangan

Koloni rayap yang menyerang tanaman kelapa sawit biasanya sudah hidup di tempat tersebut sebelum penanaman kelapa sawit dimulai. Ukuran populasi dan daya jelajah masing-masing koloninya relatif terbatas, berada dalam keseimbangan dengan kondisi bio-fisik ekosistem alaminya, termasuk dengan aktivitas hewan pemangsa (predator), iklim mikro, dan berbagai kondisi alami lainnya. Sementara itu pembukaan lahan, konversi hutan primer, atau konversi hutan bekas

tebangan menjadi perkebunan kelapa sawit berpotensi mengganggu keseimbangan alami di ekosistem tersebut, termasuk mengubah pola jejaring makanan (*food web*). Secara perlahan keseimbangan baru dalam ekosistem tersebut akan terbentuk, yang sering kali berpotensi mengubah tata hubungan antara satu dan lebih spesies rayap tanah dengan tanaman “asing” yang ditanam secara ekstensif, yaitu kelapa sawit. Fenomena inilah yang dapat mengubah status rayap menjadi hama kelapa sawit. Tentu tidak semua spesies rayap mampu bertahan hidup dan menumbuhkembangkan populasinya di ekosistem perkebunan sawit, apalagi menjadi hama yang merugikan. Dalam banyak kasus, terbukti bahwa spesies *Coptotermes curvignathus* mampu beradaptasi hingga populasinya meningkat berlipat ganda di perkebunan kelapa sawit, khususnya yang berlokasi di lahan gambut. Kebun kelapa sawit yang ditanam secara monokultur dan pada umumnya terhampar luas di lahan bekas hutan primer diyakini sangat mendukung kehidupan spesies rayap tersebut, termasuk dalam hal menjadikan tanaman kelapa sawit sebagai inangnya. Potensi serangan tersebut tentu bergantung pada berbagai faktor biofisik lainnya. Kebun-kebun yang penyiapan lahannya tidak memadai atau kondisi tanamannya kurang sehat lebih berpeluang terserang rayap daripada kebun yang penyiapan lahannya baik (bebas dari tunggak-tunggak pohon) dan tanamannya terpelihara baik.

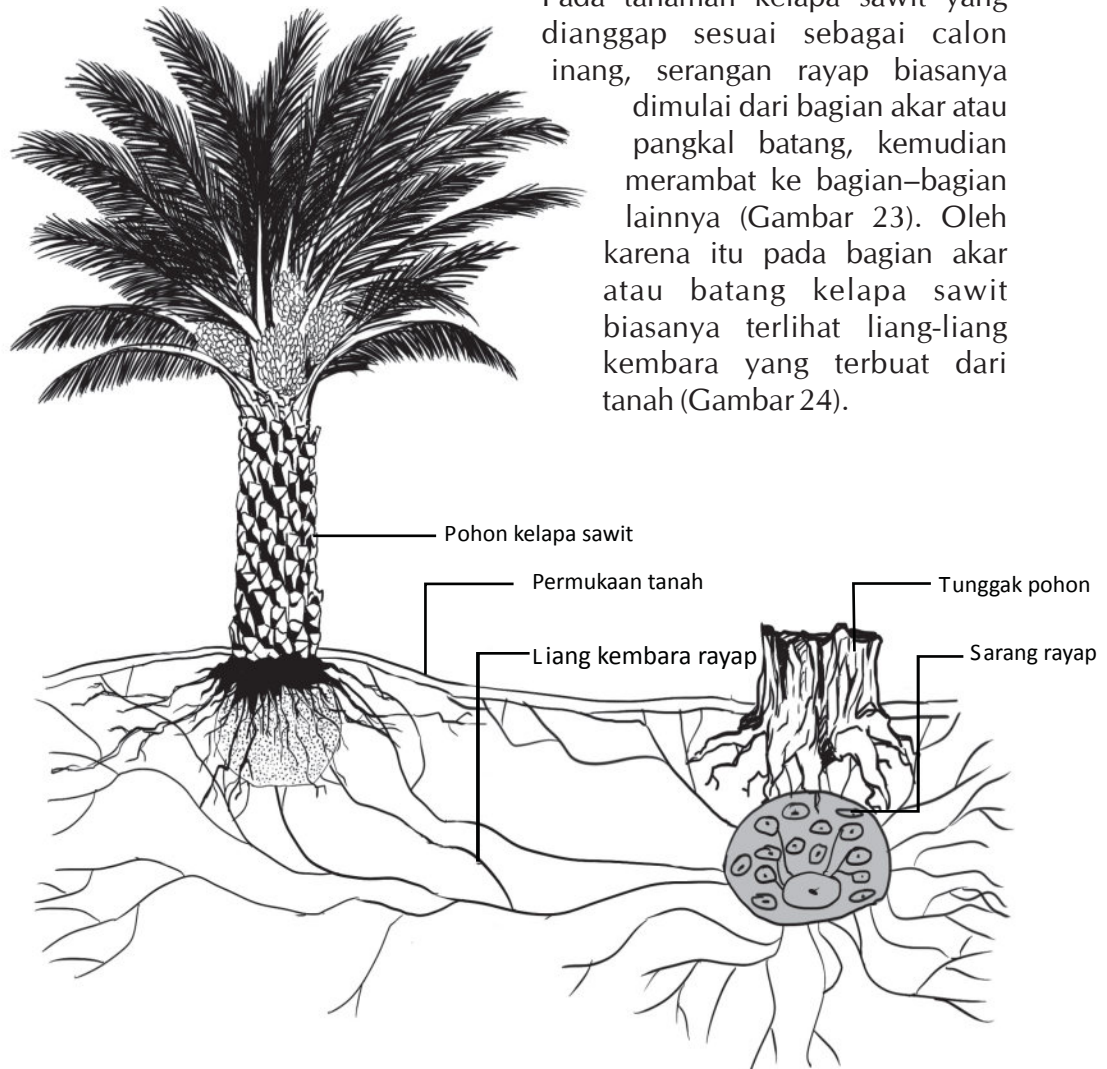
Walaupun secara teoritis rayap dapat menyebarkan anggotanya dengan berbagai mekanisme, tetapi serangan rayap tanah terhadap tanaman kelapa sawit biasanya diawali aktivitas penjelajahan (*foraging*) oleh sebagian kasta pekerja dan kasta prajurit di sekitar sarang mereka. Penjelajahan tersebut dilakukan dengan membuat liang-liang kembara ke berbagai arah secara acak sambil mengeluarkan feromon penanda jejak (*trail laying pheromone*). Dengan adanya feromon tersebut maka rayap lain dari koloni yang sama dapat mengikuti arah pergerakan rekan-rekannya yang lebih dahulu menjelajah. Apabila ada anggota koloni yang berhasil menemukan tanaman kelapa sawit maka rayap pekerja akan mendeteksi kesesuaian tanaman tersebut sebagai calon inangnya, baik melalui indera pendeteksi bau (*olfactory*), pendeteksi rasa (*gustatory*), dan pendeteksi mekanis (*mechano receptor*). Apabila pendeteksian tersebut memberikan indikasi tentang kesesuaian tanaman kelapa sawit dengan kebutuhan rayap maka tanaman sawit tersebut akan dijadikan



Gambar 22. Model konseptual proses pemilihan pohon kelapa sawit sebagai inang oleh rayap tanah *Coptotermes curvignathus*

sasaran serangan (inang baru). Sebaliknya apabila pendeteksian memberikan indikasi ketidaksesuaian sebagai calon inang, rayap akan mencari sasaran serangan (calon inang) yang lain. Proses pemilihan pohon kelapa sawit sebagai inang oleh rayap *Coptotermes curvignathus* secara konseptual disajikan pada Gambar 22.

Pada tanaman kelapa sawit yang dianggap sesuai sebagai calon inang, serangan rayap biasanya dimulai dari bagian akar atau pangkal batang, kemudian merambat ke bagian-bagian lainnya (Gambar 23). Oleh karena itu pada bagian akar atau batang kelapa sawit biasanya terlihat liang-liang kembara yang terbuat dari tanah (Gambar 24).



Gambar 23. Model konseptual penjelajahan rayap tanah *Coptotermes curvignathus* dari sarang menuju pohon kelapa sawit

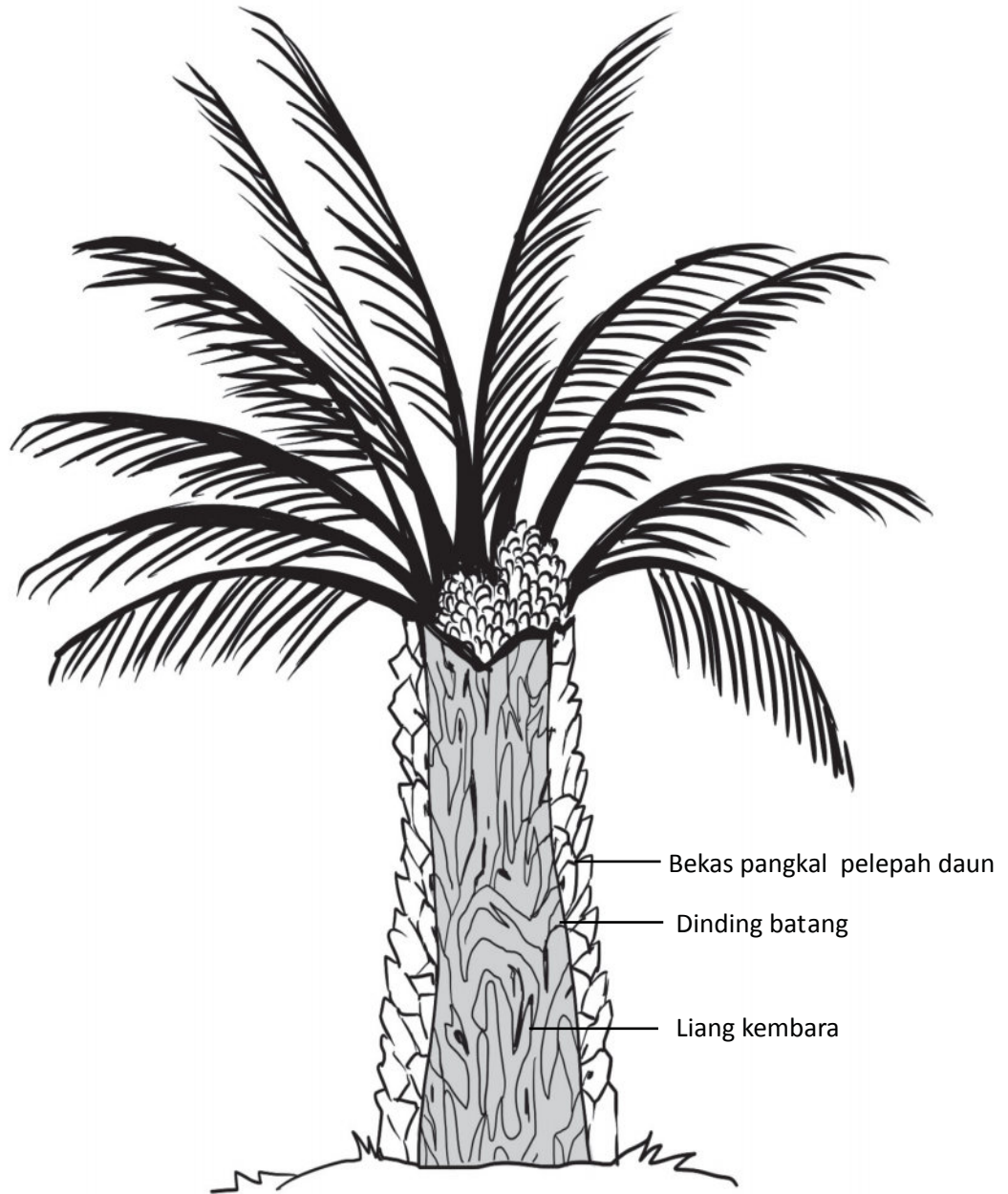


Gambar 24. Liang kembara rayap tanah pada permukaan batang kelapa sawit

Berdasarkan pengamatan di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau, rayap tanah *Coptotermes curvignathus* tidak hanya mampu merusak pelepah daun, terutama bagian pangkalnya (Gambar 25), tetapi juga mampu membuat liang-liang kembara di bagian dalam batang pohon kelapa sawit (Gambar 26). Bahkan liang-liang kembara tersebut dapat menjalar sampai ke tandan buah (Gambar 27) dan pucuk pohon kelapa sawit, serta menyebabkan kerusakan parah pada titik tumbuh tanaman tersebut (Gambar 28). Liang-liang kembara yang terbentuk di dalam batang kelapa sawit dapat juga menembus ke permukaan batang sehingga pada permukaan batang sering terlihat lubang-lubang. Lubang-lubang inilah yang menghubungkan liang-liang kembara di dalam batang kelapa sawit dengan liang-liang kembara atau sasaran serangan di bagian luar batang. Beberapa liang kembara dapat bergabung dan membentuk lempengan tanah yang cukup lebar (*termite muds*) pada permukaan batang atau pelepah daun kelapa sawit. Ini merupakan salah satu ciri bahwa serangan rayap tersebut setidaknya berintensitas sedang.



Gambar 25. Liang kembara rayap tanah *Coptotermes curvignathus* pada pangkal pelepah daun kelapa sawit



Gambar 26. Pola sebaran liang kembara rayap tanah *Coptotermes curvignathus* pada bagian dalam batang kelapa sawit



Gambar 27. Liang kembara rayap tanah *Coptotermes curvignathus* pada tandan buah kelapa sawit

Perlu diketahui bahwa hampir seluruh bagian tanaman kelapa sawit, dari akar sampai pucuk berpotensi menjadi sumber makanan rayap karena mengandung selulosa. Namun demikian serangan rayap tanah pada pohon kelapa sawit sering kali tidak dapat diketahui secara dini, kecuali apabila intensitas serangan telah cukup berat. Hal ini disebabkan sifat rayap yang "senang sembunyi" (*cryptobiotic*); hampir seluruh aktivitasnya (kecuali pada saat penerbangan laron) dilakukan di dalam "ruang tertutup"; tidak pernah menampakan diri secara terbuka. Oleh karena itu pemantauan atau pemeriksaan adanya serangan rayap pada perkebunan kelapa sawit perlu dilakukan secara cermat, pohon demi pohon. Pemantauan atau pemeriksaan tersebut tidak bisa dilakukan selintas atau hanya melihat dari kejauhan.

Adanya liang-liang kembara yang terbuat dari tanah pada permukaan batang atau pada bagian pohon lainnya seperti pelepah daun

merupakan indikasi bahwa telah terjadi serangan rayap pada pohon tersebut. Dalam beberapa kasus, serangan rayap yang cukup berat sering kali diikuti oleh serangan bakteri pembusuk atau jamur pelapuk. Apabila hal ini terjadi maka pada jaringan pohon kelapa sawit yang terserang dapat terjadi pembusukan atau pelapukan, di samping adanya cacat bekas gigitan rayap. Pada intensitas serangan yang cukup berat, pelepah daun terlihat kering atau patah. Demikian juga daun-daunnya, sebagian atau seluruhnya kering. Apabila pembusukan terjadi pada bagian pucuk pohon, maka pucuk tersebut akan patah dan mengering. Jika hal ini terjadi maka pohon kelapa sawit bisa mengalami kematian. Dampak lain dari serangan rayap adalah terganggunya proses pengambilan hara dan suplai air pada tanaman inang serta menurunnya ketahanan tanaman inang terhadap serangan penyakit dan hama lainnya. Dengan demikian serangan rayap berpotensi menurunkan produktivitas kebun kelapa sawit.

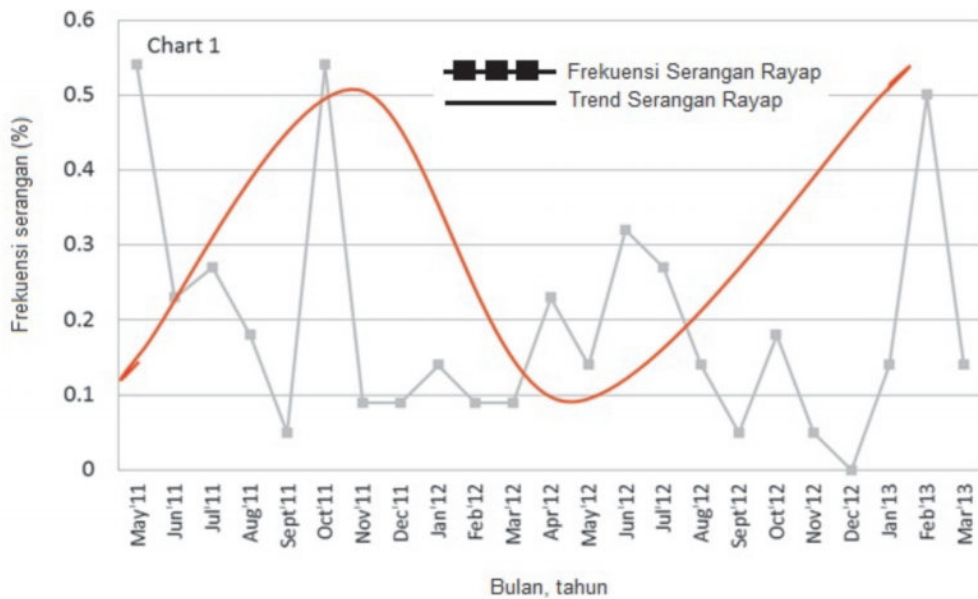
Selain menyerang kelapa sawit di areal penanaman, rayap juga dapat merusak kelapa sawit di tempat pembibitan. Dalam hal ini rayap biasanya memakan bagian akar tanaman dan pangkal batang. Namun, kematian bibit kelapa sawit akibat serangan rayap di pembibitan relatif rendah karena pengawasan dan pemeliharaan di lokasi pembibitan biasanya lebih baik dari pada di areal penanaman. Disamping itu tindakan pengendalian rayap di lokasi pembibitan jauh lebih mudah



Gambar 28.
Pohon kelapa sawit yang terserang berat oleh rayap tanah *Coptotermes curvignathus*, serangan sudah sampai pucuk pohon.

dibandingkan dengan di areal penanaman, apalagi yang berskala luas.

Hasil pengamatan selama hampir dua tahun di suatu perkebunan kelapa sawit di Sarawak, Malaysia menunjukkan bahwa frekuensi serangan rayap tanah *C. curvignathus* pada pohon kelapa sawit cenderung meningkat selama musim hujan (September–Januari), sebaliknya frekuensi serangan cenderung rendah selama musim kemarau (Februari– Agustus). Frekuensi serangan rayap tanah *C. curvignathus* tersebut berkisar antara 0,1% sampai dengan 0,5% dari jumlah pohon kelapa sawit yang tumbuh di perkebunan dimaksud (Gambar 29).



Gambar 29. Frekuensi serangan rayap tanah *C. curvignathus* di suatu perkebunan kelapa sawit di Sarawak, Malaysia pada bulan Mei, 2011 sampai dengan bulan Maret, 2013

D. Kerugian Ekonomis

Sampai saat ini belum ada penelitian yang komprehensif tentang besarnya kerugian ekonomis akibat serangan rayap pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Namun mengingat:

- (1) spektrum sasaran serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit cukup luas, dari bibit sampai pohon dewasa, dari tanaman yang belum menghasilkan (TBM) sampai tanaman yang sudah menghasilkan (TM), dari perakaran sampai ke titik tumbuh di ujung batang;
- (2) sebaran kasus serangan rayap pada tanaman kelapa sawit sudah cukup luas, bukan saja di Jawa dan Sumatera, tetapi juga di Kalimantan dan pulau-pulau lain; bukan saja di lahan gambut, tapi dapat juga terjadi di lahan mineral;
- (3) frekuensi serangan rayap pada tanaman kelapa sawit, khususnya di lahan gambut, dapat mencapai 5% (7-8 pohon per hektar);
- (4) serangan rayap dapat menyebabkan kematian tanaman kelapa sawit dewasa, setidaknya-setidaknya dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman tersebut; dan
- (5) nilai ekonomi tanaman kelapa sawit dan produknya cukup tinggi.

maka secara teoritis kerugian ekonomis akibat serangan rayap pada perkebunan kelapa sawit diperkirakan cukup besar, terutama pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Kerugian tersebut bukan hanya karena biaya penggantian tanaman kelapa sawit yang mati/rusak, tetapi juga karena penurunan produktivitas tanaman, biaya pengendalian, dan biaya kesempatan (*opportunity cost*), dan biaya tidak langsung lainnya.

Sebagai ilustrasi, berdasarkan pengamatan di suatu perkebunan kelapa sawit di lahan gambut di Provinsi Riau, frekuensi serangan rayap tanah *C. curvignathus* mencapai 3% dari jumlah tanaman kelapa sawit di perkebunan tersebut (3-4 pohon per hektar terserang rayap). Adapun intensitas serangan pada tanaman yang telah menghasilkan (TM) termasuk kategori sedang sampai berat dengan penurunan produktivitas rata-rata mencapai 40% per pohon. Dengan kondisi seperti itu, maka kerugian ekonomis akibat penurunan produktivitas diperkirakan

menjadi Rp. 100.000,- per hektar per masa panen. Lebih daripada itu, apabila serangan rayap tersebut menyebabkan kematian 3-4 pohon kelapa sawit per hektar (umur lima tahun atau lebih), maka nilai investasi yang "hilang" dapat mencapai Rp. 520.000 per hektar.

Patut dicatat bahwa di beberapa perkebunan kelapa sawit, biaya pemantauan (sensus) ada tidaknya serangan rayap dapat mencapai Rp. 300.000-Rp. 400.000 per hektar. Belum lagi biaya pengendalian serangan hama tersebut yang mencakup biaya untuk pembelian pestisida dan peralatan aplikasinya serta upah pekerja mencapai setidaknya Rp. 82.000 per hektar. Dengan demikian keseluruhan beban ekonomi akibat serangan rayap memang sangat besar.

4 PENILAIAN SERANGAN RAYAP



A. Analisis Resiko Serangan Rayap

Besar kecilnya resiko serangan rayap tanah terhadap tanaman kelapa sawit dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama spesies rayap yang hidup di areal tersebut, kondisi tanaman kelapa sawit, dan kondisi lingkungan di tempat tersebut khususnya jenis tanah, dan cuaca. Berdasarkan pengamatan berkala selama enam bulan di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau, maka resiko serangan rayap tanah terhadap tanaman kelapa sawit di suatu areal perkebunan kelapa sawit atau calon areal perkebunan kelapa sawit (Y_i) dapat dinyatakan sebagai fungsi dari spesies rayap (X_{1i}), karakteristik tanah (X_{2i}), dan karakteristik cuaca (X_{3i}) di areal tersebut; atau:

$$Y_i = f(X_{1i}, X_{2i}, X_{3i})$$

Oleh karena itu ketiga peubah tersebut perlu dievaluasi dan dianalisis secara integral. Berdasarkan analisis terhadap ketiga peubah tersebut dapat diperkirakan besarnya resiko atau ancaman terjadinya serangan rayap pada tanaman kelapa sawit di suatu areal. Dengan mengetahui ada tidaknya atau besar kecilnya potensi serangan serangga tersebut, maka langkah-langkah persiapan untuk mengendalikannya akan lebih efektif dan efisien.

1. Pemantauan Keberadaan Rayap

Pemantauan keberadaan rayap di areal tanaman kelapa sawit, bahkan di calon areal penanaman kelapa sawit, sangat penting dalam rangka antisipasi terhadap kemungkinan timbulnya serangan serangga

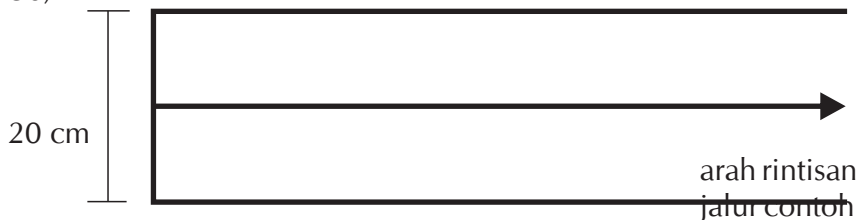
tersebut. Apabila pemantauan keberadaan populasi rayap dilakukan sebelum penanaman kelapa sawit dimulai, maka kegiatan tersebut dapat menjadi bagian integral dari studi kelayakan pengembangan perkebunan kelapa sawit di tempat tersebut. Dengan demikian hasil pemantauan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penatagunaan tapak di lokasi tersebut karena dari hasil pemantauan dapat ditengarai bagian tapak mana yang “rawan serangan rayap” dan bagian mana yang kemungkinan relatif bebas serangan rayap. Sementara itu, pemantauan keberadaan rayap pada tanaman kelapa sawit yang sudah ada juga sangat penting untuk mengantisipasi timbulnya serangan rayap pada tanaman tersebut.

Berikut ini dikemukakan berbagai teknik pemantauan keberadaan rayap tanah berbasis penarikan contoh (bukan sensus) yang dapat dilakukan di lapangan.

a. Penjelajahan Lapangan Berbasis Jalur Contoh

Penjelajahan lapangan atau survei lapangan merupakan salah satu cara konvensional untuk mengetahui keberadaan koloni rayap di suatu areal. Penjelajahan lapangan dapat dilakukan secara menyeluruh (sensus) atau hanya pada sebagian areal yang dipilih sebagai contoh (sampling). Mengingat penjelajahan terhadap keseluruhan areal memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang besar, maka penjelajahan dapat dilaksanakan pada beberapa jalur contoh yang dibuat di areal tersebut dengan intensitas pengambilan contoh sekurang-kurangnya 2%.

Jalur-jalur contoh dengan lebar masing-masing 20 m dibuat tegak lurus terhadap garis pantai atau alur sungai atau lereng lahan (Gambar 30).



Gambar 30. Skema Jalur Contoh untuk Pemantauan Keberadaan Rayap

Jumlah, panjang, dan jarak antarjalur contoh disesuaikan dengan intensitas sampling yang ditentukan. Setiap jalur contoh ditelusuri untuk mendeteksi keberadaan rayap dan/atau tanda-tanda keberadaan rayap secara visual, baik di permukaan tanah, pada vegetasi, maupun pada serasah atau bahan organik lainnya. Adanya liang-liang kembara⁵ di atas tanah atau pada bagian tumbuhan merupakan indikasi adanya aktivitas rayap tanah di areal tersebut. Demikian juga adanya kayu, tunggak pohon, atau bagian tumbuhan yang terserang rayap atau bekas terserang rayap menunjukkan bahwa di lokasi tersebut ada aktivitas koloni rayap. Di samping itu berserakannya sayap-sayap laron (yang telah menanggalkan sayap) di atas permukaan tanah menunjukkan bahwa di lokasi tersebut atau di sekitar lokasi tersebut terdapat sarang rayap. Sayap yang berukuran besar (panjangnya 2 cm atau lebih) kemungkinan besar berasal dari spesies rayap tanah, sedangkan sayap yang berukuran lebih kecil kemungkinan berasal dari spesies rayap kayu kering (*dry wood termites*) atau spesies rayap kayu lembab (*damp wood termites*). Apabila pada jalur contoh ditemukan hal-hal tersebut di atas maka lokasi dan jenis temuan tersebut dicatat untuk bahan laporan pemantauan.

Patut dicatat bahwa pada awal musim hujan, khususnya pada sore hari, biasanya laron-laron berterbangan keluar dari sarang rayap (*swarming*), kemudian menanggalkan sayapnya sebelum mereka secara berpasang-pasangan mencari tempat untuk membuat sarang dan berkembang biak. Jadi laron tidak lain merupakan pendiri koloni rayap sehingga patut diwaspadai keberadaannya.

Apabila ditemukan sarang atau liang kembara rayap yang aktif, sebaiknya beberapa spesimen rayap tersebut, terutama kasta prajurit diambil dan dimasukkan ke dalam botol koleksi yang berisi alkohol 70% untuk proses identifikasi di laboratorium.

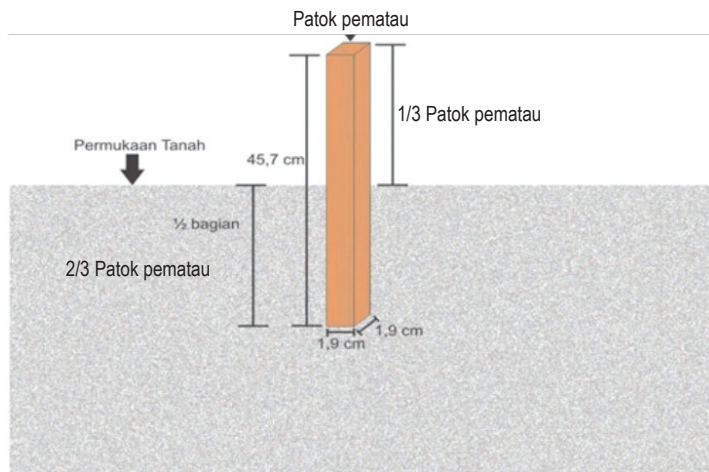
Hasil penjelajahan di lapangan pada setiap jalur contoh dicatat untuk kemudian disajikan dalam laporan pemantauan keberadaan rayap. Laporan tersebut sebaiknya disertai peta yang antara lain menunjukkan lokasi penemuan rayap atau lokasi penemuan tanda-tanda

⁵ Liang kembara yang masih digunakan oleh koloni rayap biasanya lembab dan tidak kering dan cenderung tidak mudah rontok (disebut juga "liang kembara aktif")

keberadaan rayap serta bagaimana persebarannya. Hal ini sangat penting untuk bahan kajian lanjut.

b. Pemasangan Patok Pemantau

Ada tidaknya populasi rayap tanah di areal tanaman kelapa sawit atau di calon areal tanaman kelapa sawit dapat juga diketahui secara tidak langsung melalui pemasangan patok-patok pemantau (*monitoring devices*) di areal tersebut. Patok pemantau dibuat dari bahan berselulosa yang disukai oleh rayap seperti potongan kayu, karton (*corrugated cardboard*), kertas tissue, dan lain-lain. Patok pemantau yang terbuat dari kayu⁶ biasanya berukuran 45,7 cm x 1,9 cm x 1,9 cm (panjang x lebar x tebal); sedangkan patok pemantau yang terbuat dari karton atau kertas tissue ukurannya disesuaikan atau bisa juga ukurannya lebih kecil. Patok pemantau yang terbuat dari kayu ditanam atau ditancapkan secara vertikal ke dalam tanah sedemikian rupa sehingga $\frac{2}{3}$ bagiannya terbenam di dalam tanah. Untuk patok pemantau yang terbuat dari karton atau kertas perlu dikemas dahulu dalam suatu tabung plastik yang bagian bawah dan sampingnya berlubang, baru ditempatkan ke dalam lubang di dalam tanah (Gambar 31).



Gambar 31. Cara pemasangan patok pemantau keberadaan rayap tanah

⁶ Kayu yang dipakai harus yang disukai oleh rayap dan tidak awet seperti kayu pinus atau kayu karet

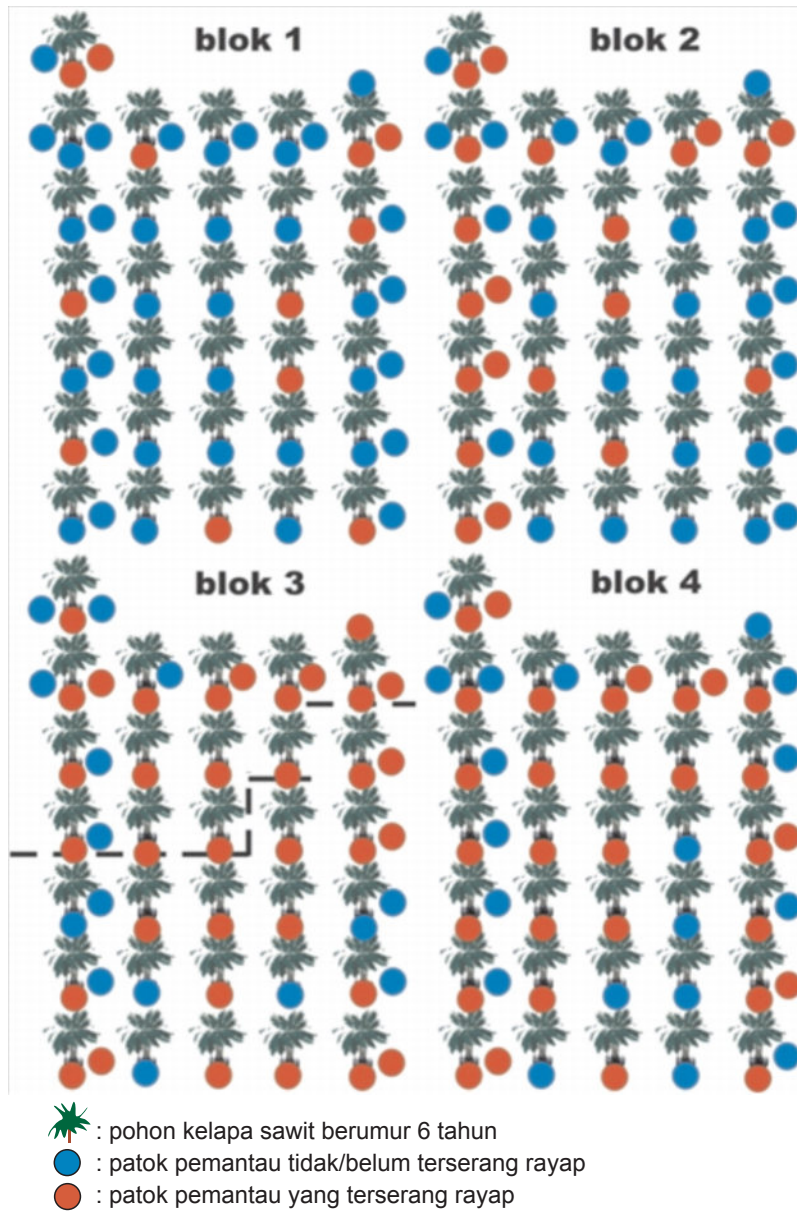
Patok pemantau dipasang pada setiap luasan 20 m x 20 m (petak contoh pemantauan) yang lokasinya tersebar secara acak di areal survei. Intensitas sampling yang dianjurkan sekurang-kurangnya 1%. Setiap minggu selama sekurang-kurangnya enam minggu dilakukan pemeriksaan terhadap patok pemantau untuk mengetahui ada tidaknya serangan rayap pada patok tersebut. Apabila ada patok pemantau yang diserang rayap maka hal tersebut menunjukkan bahwa di sekitar tempat tersebut terdapat sarang rayap tanah. Spesimen rayap yang menyerang masing-masing patok pemantau disimpan di dalam botol koleksi secara terpisah untuk kemudian diidentifikasi di laboratorium dengan menggunakan kunci pengenalan spesies rayap dari Ahmad (1958).

Hasil pengamatan terhadap masing-masing patok pemantau dicatat untuk kemudian disajikan dalam laporan pemantauan keberadaan rayap. Laporan tersebut sebaiknya disertai peta yang antara lain menunjukkan posisi patok pemantau dan lokasi penemuan tanda-tanda keberadaan rayap serta bagaimana persebarannya. Hal ini sangat penting untuk bahan kajian lanjut. Contoh hasil pengamatan terhadap patok-patok pemantau keberadaan rayap di suatu perkebunan milik pemerintah di Jawa Barat disajikan pada Gambar 32.

c. Penandaan dan Penangkapan Kembali Tiga Tahap

Teknik penandaan dan penangkapan kembali tiga tahap (*triple mark-recapture technique*) telah digunakan oleh para ahli ekologi untuk menduga kelimpahan populasi hewan sejak lebih dari satu abad yang lalu. Namun aplikasi metode tersebut untuk memantau populasi rayap tanah baru dimulai pada tahun 1980-an. Asumsi-asumsi yang mendasari penggunaan metode ini ialah sebagai berikut:

- (1) individu bertanda tidak dipengaruhi oleh penandaan dan tanda yang digunakan tidak hilang selama periode pengamatan,
- (2) individu bertanda bercampur secara acak di dalam populasi,
- (3) penarikan contoh dilakukan secara acak sehingga individu dalam populasi dari kelompok umur dan dari jenis kelamin berbeda akan memiliki peluang tertangkap berdasarkan pada perbandingan yang ada di dalam populasi dan semua individu mempunyai peluang yang sama untuk tertangkap di dalam habitatnya, serta



Gambar 32. Sebaran patok pemantau yang belum dan yang sudah terserang rayap di petak tanaman kelapa sawit di Jawa Barat (Sumber: Arinana *et al.* 2012)

- (4) pengambilan contoh dilakukan dalam selang waktu yang diskret. Tahapan kerja penandaan dan penangkapan kembali tiga tahap ialah sebagai berikut.

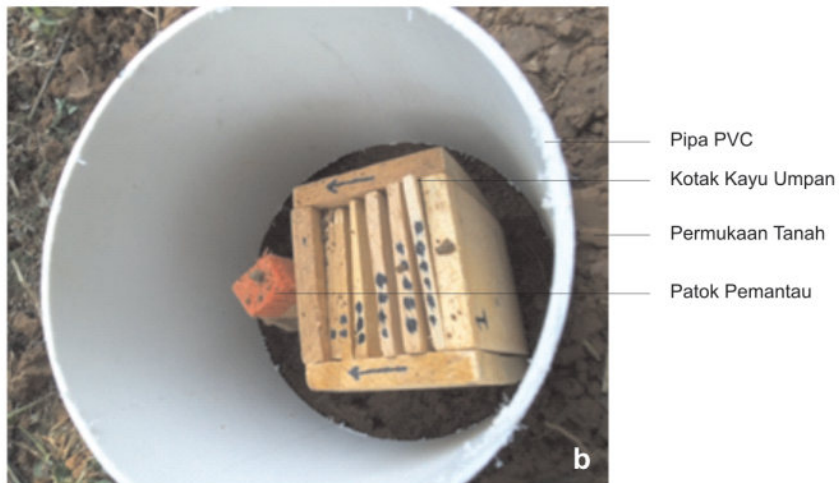
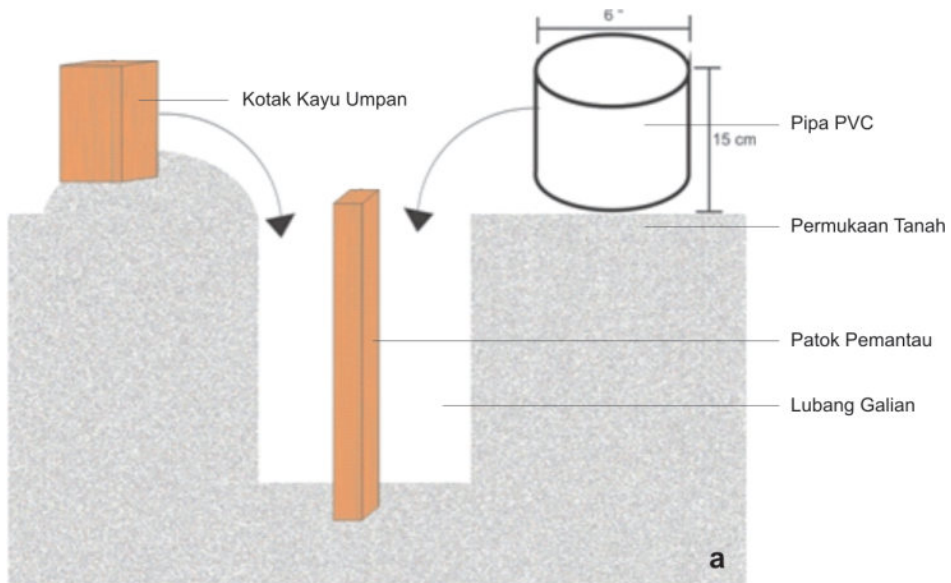
Tahap Pertama

a. Pemasangan patok pemantau

Di areal yang akan disurvei, dipasang patok-patok pemantau yang terbuat dari bahan berselulosa yang disukai oleh rayap seperti potongan kayu, karton (*corrugated cardboard*), atau kertas tissue. Patok pemantau yang terbuat dari kayu biasanya berukuran 45,7 cm x 1,9 cm x 1,9 cm (panjang x lebar x tebal), sedangkan patok pemantau yang terbuat dari karton atau kertas tissue ukurannya disesuaikan atau bisa juga ukurannya kecil. Cara pemasangan patok pemantau yang terbuat dari kayu sama seperti dikemukakan pada butir A2. Untuk patok pemantau yang terbuat dari karton atau kertas perlu dikemas dahulu dalam suatu tabung plastik yang bagian bawah dan sampingnya berlubang, baru ditempatkan ke dalam lubang di dalam tanah.

Patok pemantau dipasang pada setiap luasan 20 m x 20 m (petak contoh pemantauan) yang lokasinya tersebar secara acak di areal survei. Intensitas sampling yang dianjurkan sekurang-kurangnya 10%. Setiap minggu selama sekurang-kurangnya enam minggu dilakukan pemeriksaan terhadap patok pemantau untuk mengetahui ada tidaknya serangan rayap pada patok tersebut.

Tanah di sekeliling patok pemantau yang terserang rayap digali sedalam ± 15 cm, kemudian ke dalam lubang tersebut dimasukkan pipa paralon atau pipa PVC berdiameter 15 cm secara vertikal sehingga mengelilingi patok pemantau. Selanjutnya di samping patok pemantau (di dalam pipa paralon) diletakkan kotak kayu umpan (*hollow wooden blocks*) yang terbuat dari kayu pinus berukuran 6 cm x 8 cm x 12 cm yang berisi beberapa lempeng kayu pinus dengan tebal 0,5 cm secara vertikal (Gambar 33).



Gambar 33. Cara peletakan patok pemantau, pipa PVC, dan kotak umpan di lapangan (a) dan tampak atas kotak umpan yang telah terpasang di dalam paralon (b)

b. Penangkapan spesimen rayap

Kotak kayu umpan yang terserang rayap dikumpulkan untuk kemudian dipisahkan dari rayap dan kotoran. Spesimen rayap ditimbang dan dihitung jumlahnya.

c. Penandaan

Seluruh spesimen rayap yang tertangkap ditandai/diberi perlakuan pewarnaan menggunakan larutan Nile Blue A. Proses penandaan dilakukan dengan merendam kertas saring (Whatman No 1 5,5 cm) dengan larutan Nile Blue A konsentrasi 0,25% di dalam cawan petri, selanjutnya ditambahkan 0,75 ml air destilata dan dua gram pasir. Bahan dan alat yang digunakan dalam penandaan rayap disajikan pada Gambar 34. Selanjutnya ke dalam cawan petri dimasukkan satu gram rayap, kemudian cawan petri disimpan pada ruang gelap dan lembap pada suhu $28 \pm 1^\circ\text{C}$ dan kelembapan 85% selama tiga hari (Gambar 35).

d. Pelepasan

Rayap-rayap yang telah diberi warna dilepaskan kembali ke masing-masing kotak kayu pemantau semula.

e. Penangkapan Kembali

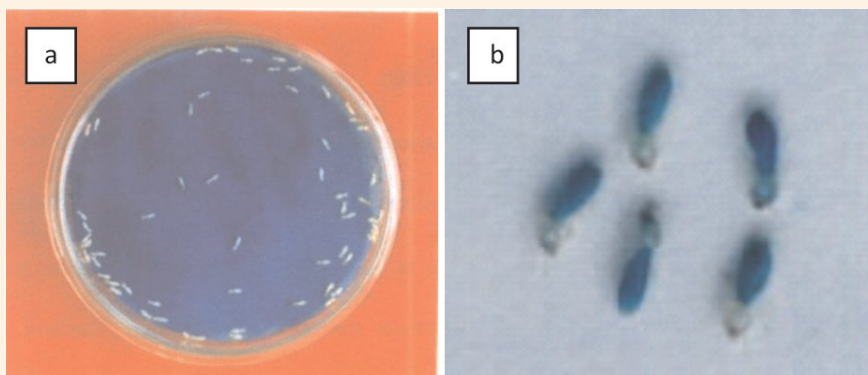
Satu minggu setelah pelepasan spesimen rayap bertanda, kotak kayu umpan dari masing-masing stasiun pengamatan dikumpulkan kembali. Jumlah rayap yang tertangkap baik yang bertanda maupun yang tidak bertanda dihitung jumlahnya.

Tahap Kedua

Rayap yang tertangkap pada tahap pertama, diberi tanda di dalam unit pewarnaan (dengan prosedur yang sama pada tahap pertama), kemudian dilepaskan kembali ke dalam stasiun pengamatan tempat rayap tersebut ditangkap. Satu minggu kemudian, rayap yang ada di masing-masing stasiun pengamatan ditangkap kembali dan diperlakukan sama seperti pada tahap pertama.



Gambar 34. Bahan penanda Nile blue A (a), larutan Nile blue A (b), kertas saring Whatman (c), dan kertas saring yang telah diwarnai dengan larutan Nile Blue (d)



Gambar 35. Spesimen rayap yang sedang diberi perlakuan pewarnaan dengan Nile Blue (a) dan rayap yang telah selesai diberi warna (b)

Tahap Ketiga

Penandaan, pelepasan, dan penangkapan rayap untuk tahap ketiga diulangi seperti yang dilakukan pada tahap pertama dan kedua. Selanjutnya, pendugaan ukuran populasi dalam koloni rayap (*foraging population size*) dihitung menggunakan Metode Begon (1979).

$$N = (\sum M_i n_i) / [(\sum m_i) + 1]$$

$$SE = N \sqrt{[1/(\sum m_i + 1)] + [2/(\sum m_i + 1)^2] + [6/(\sum m_i + 1)^3]}, \text{ dengan}$$

N = Ukuran populasi

SE = Simpangan Baku

n_i = Jumlah rayap yang ditangkap pada penangkapan ke-i

m_i = Jumlah rayap bertanda yang ditangkap pada penangkapan ke-i

M_i = Jumlah total rayap bertanda sampai tahap ke-i

Keunggulan teknik ini dibandingkan dengan teknik penjelajahan berbasis jalur contoh (butir 1) dan teknik pemasangan patok umpan (butir 2) ialah mampu menduga ukuran populasi (*population size*) serta luas wilayah jelajah (*foraging territory*) rayap di suatu areal yang disurvei.

Spesies rayap yang ditemukan di areal yang disurvei ditentukan tingkat kepentingannya sebagai hama tanaman kelapa sawit dan diberi skor sesuai dengan pedoman kriteria yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Rayap Tanah Sebagai Hama Tanaman Kelapa Sawit

Peubah rayap (X_1)	Kondisi di areal survei	Skor
Spesies (X_{11})	<i>Coptotermes</i> spp.	4
	<i>Schedorhinotermes</i> spp.	3
	<i>Macrotermes</i> spp.	2
	<i>Microtermes</i> spp.	
	<i>Nasutitermes</i> spp.	1
	<i>Capritermes</i> spp.	
Rata-Rata Ukuran Populasi (X_{12})	<i>Odontotermes</i> spp. atau spesies lainnya	4
	> 1.000.000 ekor	3
	500.000-1.000.000 ekor	2
	50.000-499.999 ekor	1
	< 50.000 ekor	

2. Penilaian Karakteristik Tanah

Di setiap jalur contoh dilakukan pengukuran kedalaman permukaan air (*water table*) di dua titik yang berbeda yang jarak antar keduanya sekurang-kurangnya 200 meter. Disamping itu dari setiap jalur contoh diambil sampel tanah dari kedalaman 0,25 meter-0,5 meter, untuk kemudian dianalisis secara laboratoris untuk mengetahui kadar air, pH, dan kandungan C-organik tanah tersebut. Setiap peubah sampel tanah dari masing-masing jalur contoh diberi skor tingkat kepentingan sesuai acuan yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Tanah Sebagai Habitat Rayap Tanah

Peubah Tanah (X_2)	Kondisi	Skor
Kedalaman Air Permukaan (X_{21})	> 1 meter	4
	0,5 - 1 meter	3
	0,25 - 0,49 meter	2
	< 0,25 meter	1
Kadar Air (X_{22})	5% - 19%	4
	20% - 29 %	3
	30% - 40%	2
	< 5% atau > 40 %	1
pH (X_{23})	6,0-8,5	4
	4,5-5,9	3
	3,0-4,4	2
	< 3,0 atau > 8,5	1
Kandungan C organik (X_{24})	> 8,0%	4
	5,0-8,0 %	3
	2,0-4,9 %	2
	< 2,0 %	1

3. Penilaian Kondisi Cuaca

Di setiap jalur contoh diukur suhu udara rata-rata harian dan kelembaban udara rata-rata harian. Disamping itu, setiap karakteristik cuaca dari masing-masing jalur contoh diberi skor tingkat kepentingan sesuai acuan yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Skor Tingkat Kepentingan Peubah Cuaca Sebagai Unsur Pendukung Habitat Rayap Tanah

Karakter Cuaca (X_3)	Kondisi	Skor
Suhu udara rata-rata harian (X_{31})	> 20°C	4
	15°C-20°C	3
	10°C-14,9°C	2
	< 10°C	1
Kelembaban udara rata-rata harian (X_{32})	> 80%	4
	60%-79%	3
	50%-59%	2
	< 50%	1
Curah hujan per tahun* (X_{33})	> 2000 mm	4
	1500-2000 mm	3
	1000-1499 mm	2
	< 1000 mm	1

4. Klasifikasi Resiko Serangan Ra ap

Skor tingkat kepentingan setiap peubah (X_1 : spesies rayap, X_2 : tanah, X_3 : cuaca) yang diperoleh dari survei lapangan dan data sekunder, diintegrasikan sesuai formula sebagai berikut:

$$JS = (X_1) + (X_2) + (X_3)$$

dimana : JS = Jumlah skor peubah tingkat resiko serangan rayap

X_1 = Skor peubah spesies rayap

X_2 = Skor peubah tanah

X_3 = Skor peubah cuaca

Berdasarkan nilai JS, kondisi areal/calon areal kebun kelapa sawit dapat diklasifikasikan ke dalam "**Kelas Bahaya Ra ap (Termite Hazard Class)**" sesuai dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Kelas Bahaya Serangan Rayap Tanah pada Areal/Calon Areal Kebun Kelapa Sawit

Nilai JSi	Kelas Bahaya Rayap	Makna
> 22	I	Wilayah dengan ancaman bahaya rayap pada tanaman kelapa sawit sangat tinggi
18-22	II	Wilayah dengan ancaman bahaya rayap pada tanaman kelapa sawit tinggi
13-17	III	Wilayah dengan ancaman bahaya rayap pada tanaman kelapa sawit sedang
< 13	IV	Wilayah dengan ancaman bahaya rayap pada tanaman kelapa sawit rendah

B. Penilaian Intensitas Serangan Rayap

Penilaian intensitas serangan rayap di areal perkebunan kelapa sawit sangat penting untuk mengetahui tingkat serangan rayap dan merumuskan kebijakan pengendaliannya. Berikut disajikan beberapa metode untuk melakukan penilaian intensitas serangan rayap tanah pada areal perkebunan kelapa sawit.

1. Metode Jalur

Jalur-jalur contoh dengan lebar masing-masing 20 m dibuat tegak lurus terhadap sumbu jalan inspeksi (jalan kebun). Apabila tidak ada jalan inspeksi (jalan kebun), jalan contoh dibuat tegak lurus garis pantai atau alur sungai atau lereng lahan. Jumlah, panjang, dan jarak antar jalur contoh disesuaikan dengan intensitas sampling yang ditentukan (intensitas sampling yang dianjurkan sekurang-kurangnya 2%). Ada tidaknya tanda-tanda serangan rayap pada pohon kelapa sawit didalam setiap jalur contoh diamati. Apabila ada pohon kelapa sawit yang terserang rayap, intensitas serangannya dicatat sesuai dengan kriteria yang tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi Intensitas Serangan Rayap Tanah pada Tanaman Kelapa Sawit

Intensitas Serangan	Ciri-Ciri/ Kriteria
Tidak terserang	Pada permukaan batang dan/atau bagian tanaman lainnya tidak ada liang kembara ¹ rayap.
Terserang ringan	Pada permukaan batang terdapat liang kembara rayap; tetapi pada pelepah daun dan pucuk tanaman belum ada liang kembara rayap.
Terserang sedang	Pada permukaan batang dan paling banyak tiga pelapah daun terdapat liang kembara rayap, tetapi daun pada pelepah tersebut belum tampak mengering.
Terserang berat	Pada permukaan batang dan paling sedikit empat pelapah daun terdapat liang kembara rayap; sebagian besar daun pada pelepah tersebut mengering; pangkal pucuk tanaman tertutupi liang kembara, tetapi pucuk belum mengering (mati)
Terserang berat sekali	Pada permukaan batang dan paling sedikit empat pelapah daun terdapat liang kembara rayap; sebagian besar daun pada pelepah tersebut mengering; pangkal pucuk tanaman tertutupi liang kembara dan pucuk sudah mengering (mati)

1) Serangan rayap tanah pada pohon kelapa sawit ditandai oleh adanya liang kembara yang terbuat dari tanah (termite tunnels) atau gabungan dari liang-liang kembara (termite muds) pada permukaan batang pohon tersebut atau pada bagian lain dari pohon tersebut. Pohon yang masih aktif terserang (actively infested) dicirikan oleh adanya liang kembara atau gabungan liang kembara yang lembab (belum kering) yang didalamnya terdapat rayap pekerja atau rayap prajurit yang sedang bersialang (foraging population). Liang kembara yang demikian disebut liang kembara aktif.

Di samping itu, spesimen rayap yang ditemukan pada masing-masing pohon yang terserang, terutama kasta prajuritnya, disimpan dalam botol koleksi (berisi alkohol 70%) secara terpisah untuk diidentifikasi di laboratorium (Gambar 36).



Gambar 36. Seorang peneliti sedang mengambil spesimen rayap yang menyerang pohon kelapa sawit.

2. Metode Petak

a. Petak Tunggal

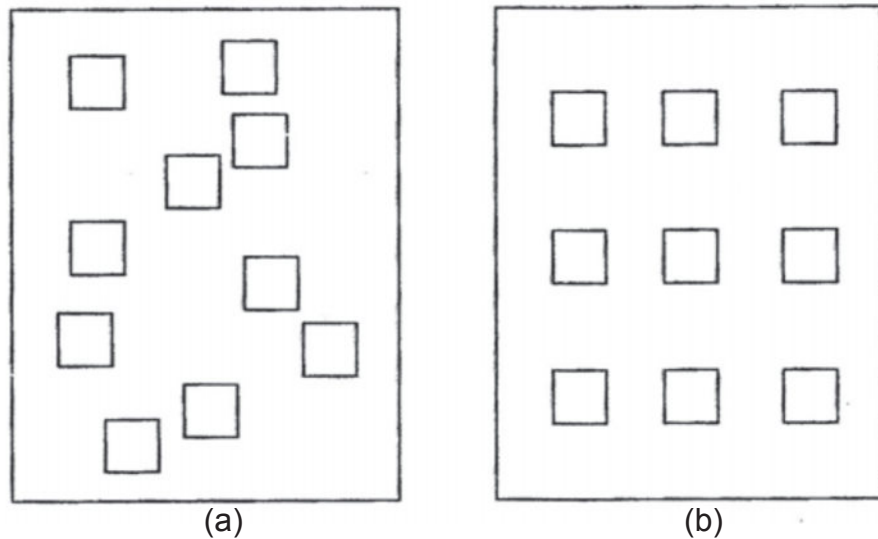
Petak contoh dibuat berbentuk persegi panjang berukuran 20 m x 400 m sebagai suatu petak tunggal atau jalur terbatas yang lokasinya ditentukan secara acak. Jalur terbatas tersebut dapat dibagi menjadi petak-petak kontinu berukuran 20 m x 50 m atau masing-masing seluas 0,1 ha. Pada petak contoh dilakukan pengamatan ada tidaknya tanda-tanda serangan rayap pada seluruh pohon kelapa sawit dalam petak tersebut. Apabila ada pohon kelapa sawit yang terserang, diamati intensitas serangannya dan diberi skor sesuai kriteria yang telah disajikan pada Tabel 3. Di samping itu spesimen rayap yang ditemukan, terutama kasta prajurit pada masing-masing pohon yang terserang, disimpan dalam botol koleksi (berisi alkohol 70%) secara terpisah untuk diidentifikasi di laboratorium.

b. Petak Ganda

Di areal perkebunan kelapa sawit yang disurvei, dibuat petak contoh berukuran masing-masing 20 m x 20 m dengan total luas sesuai intensitas sampling yang ditentukan (sekurang-kurangnya 2% dari total

luas perkebunan sawit yang disurvei). Sebaran petak contoh dapat mengikuti pola sistematis atau pola acak (Gambar 37).

Pada petak contoh dilakukan pengamatan ada tidaknya tanda-tanda serangan rayap pada seluruh pohon kelapa sawit dalam petak tersebut. Apabila ada pohon kelapa sawit yang terserang, intensitas serangannya diamati dan diberi skor sesuai kriteria yang telah disajikan pada Tabel 3. Disamping itu spesimen rayap yang ditemukan, terutama kasta prajurit pada masing-masing pohon yang terserang disimpan dalam botol koleksi (berisi alkohol 70%) secara terpisah untuk diidentifikasi di laboratorium.



Gambar 37. Sebaran petak contoh pola acak (a) dan sistematis (b) untuk pemantauan populasi rayap tanah dengan Metode Petak Ganda.

5 PENGENDALIAN HAMA RAYAP SECARA TERPADU



A. Pendekatan dan Strategi Pengendalian

Sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dan sesuai dengan amanat Undang-undang Nomor 12 Tahun 1992 tentang budidaya tanaman, pengendalian organisme pengganggu tanaman, termasuk rayap, harus mengedepankan konsep pengelolaan hama terpadu (PHT, *integrated pest management*). Konsep tersebut sekurang-kurangnya mengandung empat prinsip, yaitu:

- (1) didasarkan atas karakteristik ekologi setempat,
- (2) merupakan kombinasi atau integrasi dari beberapa teknik yang dapat mencegah atau menekan pertumbuhan dan penyebaran populasi hama,
- (3) diarahkan untuk mengurangi atau mengendalikan populasi hama pada tingkat yang dapat ditoleransi, berdasarkan pada pertimbangan ekonomi, ekologi, dan sosial, serta
- (4) merupakan komponen dari pengelolaan sumber daya.

Dengan menggunakan empat prinsip tersebut maka PHT dimaknai sebagai strategi pengendalian terhadap organisme perusak, termasuk serangga, agar populasinya berada pada tingkat yang masih dapat ditoleransi, melalui serangkaian tindakan pencegahan dan penanggulangan yang memadai baik secara ekologi maupun ekonomi, serta terintegrasi dalam keseluruhan proses pengelolaan sumber daya.

Mengacu pada prinsip tersebut di atas, maka pengendalian hama rayap di perkebunan kelapa sawit selayaknya:

- (1) didasarkan atas pengetahuan tentang karakteristik rayap yang

berpotensi merusak, karakteristik tanaman sawit yang kemungkinan menjadi sasaran serangan, dan karakteristik lingkungan kebun sawit tersebut,

- (2) merupakan bagian integral dari pengelolaan kebun kelapa sawit yang bersangkutan,
- (3) merupakan kombinasi dari teknik pencegahan dan penanggulangan (jika diperlukan), serta
- (4) didasarkan atas analisis resiko dan manfaat yang jelas.

Sebagaimana telah dikemukakan pada Bab 2 dan Bab 3, rayap yang sering menyerang tanaman kelapa sawit memiliki karakteristik sebagai berikut:

- (1) merupakan serangga sosial yang hidup dalam koloni-koloni dengan jumlah anggota koloni bisa mencapai ratusan ribu ekor, bahkan jutaan ekor,
- (2) sarang utamanya sangat sukar ditemukan karena berada di dalam tanah,
- (3) individu-individu yang keluar dari sarang dan tampak menyerang tanaman kelapa sawit hanya merupakan sebagian kecil dari anggota koloni,
- (4) serangan cenderung berlangsung lama dan progresif (intensitas serangan meningkat dari waktu ke waktu)
- (5) spesies terpenting adalah *Coptotermes* sp. dengan "daya rusak" yang sangat besar.

Berdasarkan pertimbangan tersebut diatas, maka pengendalian hama rayap tanah di perkebunan kelapa sawit selayaknya dilaksanakan secara paripurna (komprehensif – integratif), yaitu :

- (1) mencakup upaya pencegahan dan upaya penanggulangan serangan (apabila serangan rayap sudah terjadi),
- (2) mencakup petak/blok yang tanaman kelapa sawitnya terserang rayap dan petak/blok yang tanaman kelapa sawitnya belum/tidak terserang rayap, bahkan sebaiknya juga mencakup areal yang berbatasan dengan kebun kelapa sawit yang menjadi target pengelolaan, serta
- (3) mencakup sanitasi tapak/lahan, praktek budidaya yang baik (*good*

agriculture practices, GAP), aplikasi umpan rayap (*termite baiting*), sampai penyuluhan (*extension*) tentang perlunya kepedulian terhadap pengendalian hama rayap di kebun kelapa sawit.

Berdasarkan pemikiran tersebut di atas, strategi pengendalian hama rayap tanah di kebun kelapa sawit dan areal sekitarnya adalah sebagai berikut :

- (1) Pada petak/blok yang tanaman kelapa sawitnya terserang rayap tanah *Coptotermes* sp. dilakukan aplikasi umpan rayap yang berbahan aktif senyawa penghambat sintesa kitin (misalnya hexaflumuron) pada pohon yang terserang dengan dosis dan cara aplikasi sesuai ketentuan yang tercantum pada kemasannya⁷. Pada petak/blok tersebut sebaiknya juga tetap diterapkan praktek budidaya yang baik sekaligus diterapkan sanitasi tapak/lahan serta pemantauan kesehatan pohon secara teratur. Pemantauan terutama difokuskan untuk mendeteksi kemungkinan timbulnya serangan ulang (*re-infestation*), disamping mendeteksi adanya serangan baru pada pohon lain.
- (2) Pada petak/blok yang tanaman kelapa sawitnya belum/tidak terserang rayap tanah dilakukan sanitasi tapak/lahan dan praktek budidaya yang baik serta pemantauan kesehatan pohon secara teratur, terutama untuk mendeteksi munculnya serangan rayap, baik dari koloni rayap di blok tersebut maupun dari koloni rayap dari blok yang berdekatan (*neighboring invasion*).
- (3) Pada areal yang berbatasan dengan kebun kelapa sawit yang menjadi sasaran pengelolaan. Sebaiknya dilakukan penyebaran informasi atau penyuluhan untuk meningkatkan kepedulian (*awareness*) pihak pengelola tentang potensi serangan rayap tanah pada properti yang dimilikinya. Hal ini sangat penting mengingat potensi serangan rayap cukup besar pada wilayah-wilayah yang berdekatan dengan lokasi serangan walaupun areal tersebut belum terserang rayap.

⁷⁾ Aplikasi dilakukan pada pohon kepala sawit yang sedang mengalami serangan rayap *Coptotermes* sp. (*active infestation*)

Secara konseptual, strategi pengelolaan hama rayap tanah *Coptotermes curvignathus* di kebun kelapa sawit dan areal sekitarnya disajikan pada Gambar 38.



Gambar 38. Strategi pengendalian hama rayap tanah *Coptotermes curvignathus* di kebun kelapa sawit dan areal sekitarnya

Pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa penanggulangan serangan rayap tidak dapat disamakan dengan strategi penanggulangan serangga hama lain yang hidup soliter. Penanggulangan serangan rayap harus berorientasi kepada "manipulasi" koloni rayap dan lingkungannya secara menyeluruh. Patut dicatat bahwa penanggulangan serangan rayap pada umumnya jauh lebih sukar dan lebih mahal daripada upaya pencegahannya. Sebaliknya upaya pencegahan serangan jauh lebih penting, relatif lebih murah, dan lebih ramah lingkungan. Hal ini dapat dimengerti mengingat upaya pencegahan serangan rayap pada dasarnya merupakan bagian integral dari sistem pengelolaan kebun kelapa sawit.

Dari uraian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa pengelolaan serangan rayap pada perkebunan kelapa sawit bersifat jangka panjang (*long term program*). Program tersebut juga sangat sarat dengan kegiatan pemantauan yang terus menerus, sebagai bagian integral dari pengelolaan kebun kelapa sawit.

B. Pencegahan Serangan Ra ap

1. Praktik Budi Da a ang Baik

Pemilihan bibit, metode penanaman, dan penyiapan areal penanaman yang baik dapat berkontribusi terhadap kesehatan tanaman kelapa sawit, sekaligus dapat mengurangi populasi rayap di areal kebun sawit. Bahkan ketiga hal tersebut dapat mempengaruhi perilaku rayap yang ada di areal penanaman kelapa sawit, termasuk mempengaruhi kemampuannya untuk melakukan serangan terhadap tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu pemilihan bibit, metode penanaman, dan penyiapan areal penanaman harus dilakukan dengan cermat agar mengurangi kemungkinan terserangnya tanaman kelapa sawit oleh rayap. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa bibit tanaman yang sehat memang dapat terserang rayap, tetapi bibit tanaman yang tidak sehat (*infected plants*) atau mengalami cekaman atau tekanan (*stressed plants*) pada umumnya lebih rentan terhadap serangan rayap. Penggunaan bibit tanaman yang tidak sehat atau yang mengalami cekaman biotik (misalnya serangan hama atau penyakit) atau cekaman abiotik (misalnya kekeringan, kerusakan akar, dan lain-lain) sebaiknya dihindari. Ciri bibit tanaman yang sehat antara lain ialah:

- (1) tidak menunjukkan adanya tanda/gejala serangan hama atau penyakit,
- (2) bagian-bagian tanaman tampak segar dan kokoh (*vigour*), serta
- (3) pertumbuhannya normal.

Sementara itu penyiapan areal penanaman yang baik, termasuk pembersihan lahan dari tunggak-tunggak pohon dan pembuatan drainase yang baik sangat penting untuk mengurangi kemungkinan serangan rayap tanah. Drainase yang baik dan ketersediaan irigasi

dapat mengurangi cekaman “kekeringan terhadap tanaman kelapa sawit. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan rayap tanah. Demikian juga aerasi dan kecukupan nutrisi di dalam tanah sangat berpengaruh positif terhadap ketahanan tanaman dari serangan rayap. Sejalan dengan itu teknik penanaman termasuk kesesuaian ukuran lubang tanam, kesempurnaan peletakan bibit di dalam lubang tanam, dan pengaturan ketinggian permukaan tanah sekitar tanaman sangat penting untuk mengurangi kemungkinan serangan rayap. Praktik-praktik budi daya lainnya seperti:

- (1) pengaturan jarak tanam sesuai ketentuan sehingga setiap tanaman kelapa sawit mempunyai ruang tumbuh yang memadai, bebas dari naungan tanaman lain, bebas dari persaingan antartanaman;
- (2) pembersihan gulma di sekitar tanaman kelapa sawit; dan
- (3) pemupukan, sangat menunjang ketahanan tanaman kelapa sawit terhadap serangan rayap tanah.

2. Pemusnahan Sarang Ra ap

Apabila pada saat penyiapan awal penanaman ditemukan sarang rayap tanah, baik yang berupa “bukit rayap (*termite mounds*) maupun yang berada di dalam tanah atau di bawah tunggak pohon, sebaiknya sarang rayap tersebut dimusnahkan. Pemusnahan sarang rayap dilakukan dengan cara menghancurkan sarang tersebut secara mekanis sehingga tidak lagi memiliki daya dukung terhadap koloni rayap. Cara lain adalah dengan menggunakan insektisida (baik berupa larutan atau berupa debu/*dust*) sehingga seluruh anggota koloni yang ada di dalam sarang tersebut termasuk kasta reproduktif (raja dan ratu) mati. Patut dicatat bahwa beberapa spesies rayap tanah penyerang tanaman kelapa sawit bersarang di bawah atau di dalam tunggak pohon. Dengan demikian pembersihan areal penanaman dari tunggak pohon, kayu lapuk, dan serasah yang mengandung liang kembara rayap perlu dilakukan. Hal ini sangat penting untuk menghilangkan atau mengurangi “sumber serangan . Dengan perkataan lain pembersihan tunggak pohon merupakan proses sanitasi areal tanaman kelapa sawit yang bermanfaat untuk mengurangi risiko serangan rayap. Tindakan sanitasi tersebut seyakinya dilakukan secara berkala, sehingga

tanaman kelapa sawit tetap sehat, tidak terkontaminasi oleh patogen atau mikroorganisme parasit. Vegetasi lain yang terserang rayap di dalam atau di luar areal perkebunan sebaiknya juga dimusnahkan.

3. Pemantauan Kesehatan Tanaman Secara Berkala

Pemantauan secara berkala kesehatan tanaman kelapa sawit, termasuk pemantauan terhadap adanya tanda/gejala serangan rayap, sangat penting dalam rangka mencegah meningkatnya frekuensi dan intensitas serangan hama tersebut. Dengan pemantauan yang teratur maka adanya serangan rayap dapat dideteksi lebih awal sehingga upaya pengendaliannya lebih mudah dan murah serta kemungkinan meluasnya serangan dapat dihindari. Pemantauan kesehatan tanaman selayaknya merupakan bagian integral dari pengelolaan kebun. Dalam hal ini keterampilan petugas kebun termasuk “asisten kebun” dalam melakukan pemantauan kesehatan pohon termasuk mengenali tanda atau gejala serangan rayap menjadi sangat diperlukan. Pengamatan di beberapa perkebunan kelapa sawit berskala besar di Sumatera menunjukkan bahwa kepedulian dan keterampilan petugas kebun dalam mengenali adanya serangan rayap pada pohon kelapa sawit relatif rendah. Oleh karena itu pelatihan pengenalan serangan rayap pada pohon kelapa sawit sangat diperlukan.

C. Penanggulangan Serangan Ra ap

Apabila di tempat pembibitan atau di areal penanaman kelapa sawit ditemukan tanda/gejala serangan rayap yang dinilai merugikan maka perlu segera dilakukan upaya penanggulangan. Pemilihan metode penanggulangan harus disesuaikan dengan

- (1) karakteristik rayap yang menyerang (spesies, perilaku penyerangan, dan lain-lain),
- (2) karakteristik tanaman kelapa sawit yang diserang (umur, bagian tanaman yang diserang, dan lain-lain), serta
- (3) karakteristik lingkungan (tanah, cuaca, *water table*, dan lain-lain).

Metode penanggulangan serangan rayap tanah pada tanaman kelapa sawit yang dapat dipertimbangkan ialah sebagai berikut.

1. Aplikasi Umpan Ra ap Berbahan Aktif Sen awa Penghambat Sintesis Kitin

Teknologi pengendalian rayap tanah yang relatif mutakhir ialah penggunaan bahan yang menghambat sintesis kitin (*chitin synthesis inhibitors*, CSIs). Bahan ini mengganggu metabolisme ganti kulit pada rayap sehingga rayap tidak bisa membentuk kitin dan mengalami kematian. Formula yang pertama digunakan adalah Diflubenzuron dan Triflumuron. Selanjutnya ditemukan formula baru, hexa-fumuron yang merupakan bahan kimia golongan benzoylphenyl urea dengan rumus empiris $C_{16}H_8C_{12}F_6N_2O_3$ berbentuk tepung kristal putih, tidak berbau, tidak beracun bagi mamalia, dan memiliki titik didih $202^{\circ}C$. Hexaflumuron merupakan bahan kimia yang bekerja lambat dan tidak menyebabkan iritasi sehingga rayap tidak akan menolaknya. Berdasarkan sifat tersebut, rayap yang memakan hexaflumuron masih sempat membawa bahan tersebut ke sarangnya untuk disebarkan ke semua anggota koloni termasuk nimfa dan ratu. Dengan demikian semua anggota koloni rayap akan terpapar hexaflumuron dan akan mati.

Diba (1999) menyatakan bahwa rayap *Coptotermes curvignathus* yang telah memakan Hexaflumuron selama satu minggu, mengalami perubahan morfologi, khususnya pada bagian integumen. Integumen mengerut yang disebabkan oleh terjadinya dehidrasi pada rayap (Gambar 39).

Hal ini terjadi karena hexaflumuron akan menghambat pembentukan senyawa kitin pada saat rayap berganti kulit, sehingga kutikula rayap tidak bisa terbentuk dengan sempurna. Akibat selanjutnya ialah integumen rayap tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai pelindung tubuh dan rayap mengalami dehidrasi. Pengujian lapangan yang dilakukan di lahan mineral di Bogor, Jawa Barat menunjukkan bahwa hexaflumuron mampu mengeliminasi koloni rayap *Coptotermes curvignathus* dan *Schedorhinotermes javanicus* dalam waktu satu sampai tiga bulan. Tingkat kemampuan senyawa tersebut terhadap spesies rayap yang sama di tempat lain masih perlu dikaji secara mendalam. Keunggulan penggunaan CSI's ialah



Gambar 39. Abdomen rayap tanah *Coptotermes curvignathus* yang kutikulanya rusak setelah terpapar Hexaflumuron (Sumber: Diba dan Nandika 2009)

- (1) dapat memusnahkan seluruh anggota koloni (*colony elimination*),
- (2) relatif tidak mencemari lingkungan, dan
- (3) bersifat selektif, hanya mematikan spesies rayap sasaran.

Sementara itu kelemahan senyawa tersebut adalah hanya efektif mengendalikan spesies rayap tertentu dalam hal ini *Coptotermes* sp. dan *Schedorhinotermes* sp. Selain hexaflumuron, bahan aktif baru yang bekerja menghambat pergantian kulit rayap ialah noviflumuron.

Aplikasi umpan rayap berbahan aktif senyawa penghambat kitin (misalnya hexaflumuron) adalah dengan meletakkan kantung plastik berisi umpan tersebut (kedua sisi kantung plastik masing-masing memiliki enam lubang berdiameter ± 3 mm) di dekat liang kembara rayap *Coptotermes curvignathus* pada batang atau pangkal pelepah kelapa sawit yang terserang rayap (Gambar 40). Peletakan kantung plastik tersebut dapat dilakukan dengan bantuan paku payung atau stepler. Untuk mencegah agar umpan tidak terkena air hujan dan agar rayap lebih cepat mengonsumsi umpan tersebut, sebaiknya di atas kantung plastik diletakkan lembaran plastik hitam sebagai penutup.



Gambar 40. Kantung plastik berisi umpan rayap berbahan aktif senyawa penghambat sintesis kitin yang diaplikasikan pada pohon kelapa sawit, sebelum ditutup lembaran plastik hitam.

Kantung plastik berisi umpan dapat juga ditempelkan pada liang kembara atau kumpulan liang kembara di permukaan batang atau pangkal pelepah kelapa sawit, kemudian ditutup dengan tanah lembab. Selanjutnya tanah tersebut ditutup dengan plastik hitam agar tidak cepat mengering tanah atau terkena air hujan. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa dalam waktu satu sampai dua minggu setelah aplikasi, umpan tersebut sudah mulai dikonsumsi oleh rayap *Coptotermes curvignathus* (Gambar 41).

Hasil penelitian yang dilakukan di suatu perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau menunjukkan bahwa dalam waktu empat sampai delapan minggu setelah aplikasi umpan rayap berbahan aktif hexaflumuron dapat menanggulangi serangan rayap pada tanaman tersebut⁸. Tingkat keberhasilan tersebut mencapai 85%⁹.

2. Aplikasi Insektisida

Saat ini insektisida¹⁰ yang terdaftar di Komisi Pestisida untuk pengendalian rayap tanah pada tanaman kelapa sawit antara lain insektisida berbahan aktif fipronil, imidacloprid, dan etiprol. Teknik aplikasi insektisida pada pohon kelapa sawit yang terserang rayap tergantung kepada formulasi insektisida dan kondisi tanaman kelapa sawit yang terserang. Pada umumnya aplikasi insektisida pada tanaman kelapa sawit dilakukan dengan salah satu cara berikut ini:

a. Penyemprotan larutan insektisida

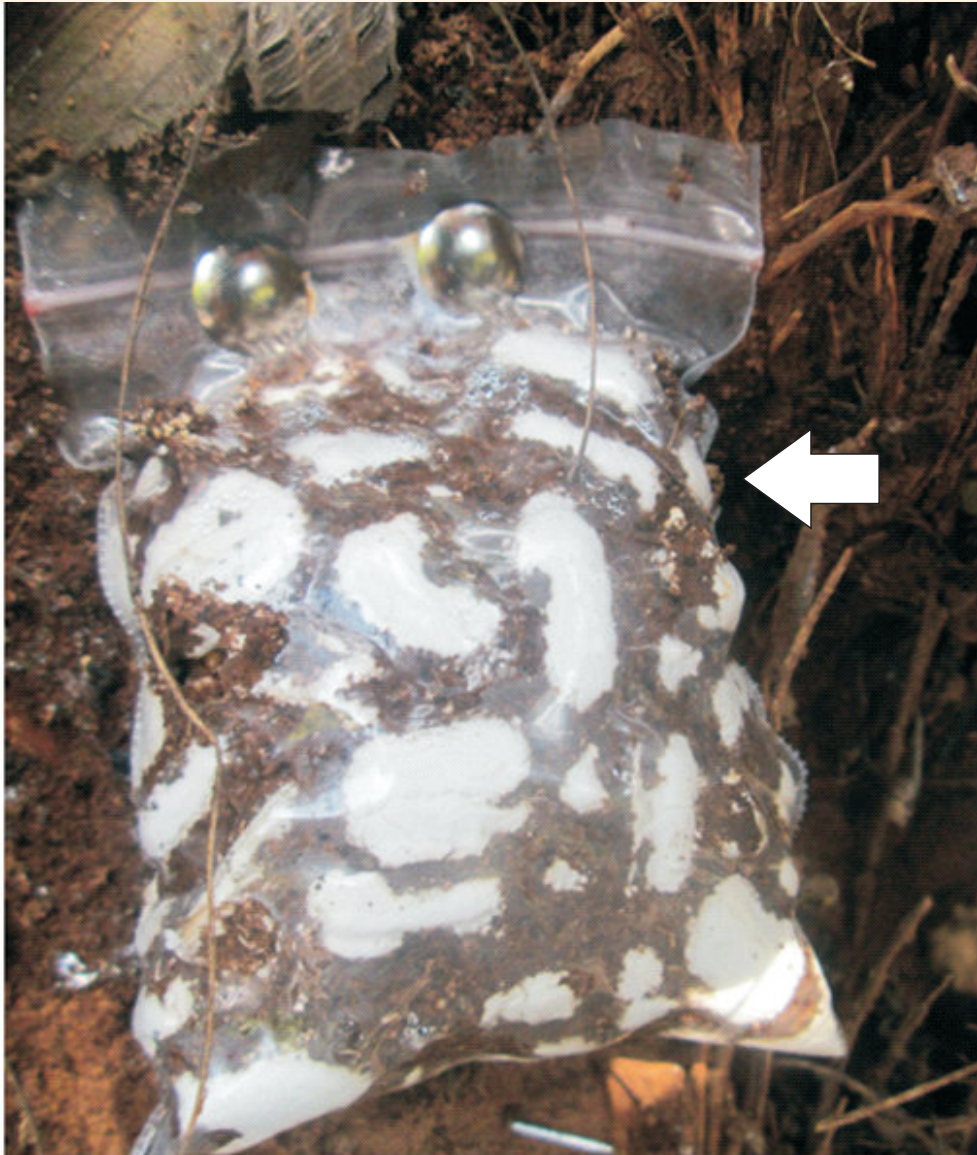
Penyemprotan larutan insektisida pada pohon kelapa sawit yang terserang rayap memang dapat menurunkan populasi rayap yang menyerang pohon tersebut. Namun penyemprotan larutan insektisida pada pohon kelapa sawit yang telah terserang rayap tanah dengan intensitas “sedang” atau “berat” atau “berat sekali” berpotensi kurang efektif mengingat:

- (1) jumlah individu rayap yang akan terpapar insektisida relatif sangat sedikit dibandingkan dengan jumlah keseluruhan

⁸⁾ Berdasarkan kriteria yang dikembangkan oleh kelompok kerja IPB. Koloni rayap diduga tereliminasi setelah 8 minggu aplikasi hexaflumuron

⁹⁾ Dari N pohon yang mengalami serangan dan diaplikasi hexaflumuron, 85 % terselesaikan (serangan tertanggulangi)

¹⁰⁾ Selain yang berbahan aktif senyawa penghambat sintesis kitin



Gambar 41. Kantung plastik berisi umpan rayap berbahan aktif senyawa penghambat sintesis kitin yang telah dimasuki liang kembara rayap *Coptotermes curvignathus* pada batang kelapa sawit

anggota koloni rayap yang sebagian besar berada di dalam tanah atau di dalam sarang. Dengan perkataan lain penyemprotan larutan insektisida tersebut hanya akan mematikan sebagian kecil anggota koloni rayap,

- (2) dalam waktu beberapa minggu atau bulan setelah aplikasi insektisida, rayap berpotensi menyerang kembali pohon tersebut. Dengan perkataan lain diperlukan penyemprotan berulang-ulang, serta
- (3) penyemprotan dengan larutan insektisida pada kebun kelapa sawit berskala luas memerlukan tenaga, waktu, dan perangkat kerja yang sangat banyak.

Oleh karena itu, penyemprotan dengan larutan insektisida hanya dianjurkan pada pohon kelapa sawit yang terserang rayap dengan intensitas “ringan” atau pada tanaman kelapa sawit yang mengalami serangan rayap tanah di lokasi pembibitan (Gambar 42).



Gambar 42. Seorang petugas kebun sedang melakukan penyemprotan pohon kelapa sawit yang terserang rayap dengan larutan insektisida

b. Penghembusan Insektisida Tepung Halus/Debu

Serangan rayap yang telah mencapai bagian dalam batang kelapa sawit dapat dikendalikan dengan penghembusan insektisida berformulasi tepung halus atau debu (*dust*)¹¹. Dalam hal ini digunakan alat khusus yang dapat menghembuskan/mendorong partikel-partikel insektisida tersebut masuk ke dalam liang-liang kembara rayap di dalam batang kelapa sawit (Gambar 43).



Gambar 43. Contoh aplikasi insektisida berbentuk debu ke dalam batang pohon kelapa dengan menggunakan *duster*.

¹¹⁾ Formulasi dust berupa tepung halus berdiameter kurang dari 30 μm , diaplikasikan dengan alat khusus yang dapat menghembus/mendorong partikel-partikel insektisida ke dalam tempat-tempat yang sangat kecil dan "tertutup" seperti liang kembara rayap.

Penggunaan insektisida untuk penanggulangan serangan rayap pada kelapa sawit harus sesuai dengan petunjuk pemakaian yang tertera pada label/kemasan masing-masing insektisida, diaplikasikan oleh tenaga terlatih, dan menggunakan peralatan pengaman seperti sarung tangan, *catridge masker*, kaca mata pelindung, dan lain-lain sesuai dengan karakteristik insektisida yang digunakan. Hal ini mengingat insektisida merupakan bahan kimia beracun yang berpotensi membahayakan pemakai dan lingkungan.

3. Pengendalian Hama ati

a. Penggunaan Cendawan Entomopatogen

Penggunaan cendawan patogen *Metarrhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* dalam skala laboratorium atau pada kebun kelapa sawit skala kecil cukup efektif untuk pengendalian rayap. Namun dalam skala besar (lapangan) terlalu banyak faktor eksternal yang "menggangu efektivitas cara tersebut". Cara aplikasi cendawan untuk mengendalikan rayap ialah dengan mengemas spora *B. bassiana* dalam bentuk umpan dan dimasukkan ke dalam sarang rayap atau dalam bentuk bubuk spora yang dimasukkan ke dalam sarang rayap atau langsung disemprotkan ke rayap (Starnes *et al.*, 1993; Sun *et al.*, 2003). Banyak penelitian telah dilakukan, misalnya *B. bassiana* dan *Metarrhizium anisopliae* efektif mengendalikan *Cornitermes cumulans*, rayap yang merupakan hama utama pada pertanian di Brazil (Berti-Filho 1993; Neves and Alves 1999). Patogenitas *M. anisopliae* telah diuji terhadap tujuh jenis rayap sebagai hama, yaitu *Mastotermes darwiniensis*, *Hodotermopsis sjostedti*, *Hodotermes mossambicus*, *Kaloterme flavicollis*,

Reticulitermes flavipes, *Prorhinotermes canalifrons*, dan *Nasutitermes voeltzkowi*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kerentanan *M. anisopliae* dipengaruhi oleh ekologi sarang rayap (Chouvenc *et al.*, 2009). Ivermectin, metabolit yang diproduksi oleh *Streptomyces avermitilis*, dapat menurunkan tingkat konsumsi rayap pekerja *C. formosanus* (Mo *et al.*, 2006).

b. Penggunaan Nematoda Entomopatogen

Nematoda entomopatogen (NEP) adalah agens pengendali hayati dalam Famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae. Nematoda ini membunuh rayap dengan bantuan bakteri yang diperoleh dari simbiosis mutualistik yang dibawa dalam saluran pencernaan. NEP memarasit rayap melalui dua cara, yaitu penetrasi secara langsung melalui kutikula ke dalam haemoecoel rayap dan melalui lubang alami rayap seperti mulut, anus, dan lubang alami lainnya.

Laumond *et al.* (1979) menyatakan bahwa NEP *Steinernema feltiae* mampu membunuh 100% rayap *Nasutitermes costalis* hanya dalam waktu tiga hari. Hal yang sama juga dilakukan oleh Epsky dan Capinera (1988) menggunakan nematoda *S. feltiae* untuk mengendalikan rayap *Reticulitermes tibialis* secara laboratorium yang mengakibatkan rayap menginfeksi nematoda dan mortalitas mencapai 100%. *Heterorhabditis* sp. dan *S. carpocapsae* juga pernah dipakai mengendalikan rayap dengan tingkat mortalitas 58,2% (Mauldin dan Beal, 1989). Sementara itu *S. carpocapsae* K27 dan *S. khusidae* E2 berpotensi mengendalikan kasta reproduktif beberapa spesies dari Macrotermitinae (*Ancistrotermes guineensis*, *Pseudacanthotermes spiniger*, *Odontotermes* sp. dan *Macrotermes bellicosus*) (Rouland *et al.*, 1996). Semua kasta rayap berpotensi terinfeksi NEP, tetapi siklus hidup nematoda dapat terjadi secara utuh pada laron (Benmoussa-Haïchour *et al.*, 1998).

Hasil penelitian Arinana (2002) menunjukkan bahwa mortalitas rayap tanah *Coptotermes curvignathus* akibat serangan nematoda *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis indica* masing-

masing sebesar 77,7% dan 71,7%. Sedangkan hasil penelitian Arinana dan Haneda (2010) menunjukkan bahwa transfer bahan aktif NEP *Heterorhabditis* sp. konsentrasi 550 IJ/mL terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus* dalam termitarium dengan metode umpan menyebabkan mortalitas rayap sebesar 75,76%.

Keunggulan pengendalian hayati ialah tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan selektif hanya berdampak terhadap spesies hama sasaran, sedangkan kelemahannya ialah memerlukan tenggang waktu yang relatif lama untuk membunuh organisme hama sasaran dan sangat dipengaruhi oleh kondisi biofisik setempat.

6 TANTANGAN DAN HARAPAN



Mengingat keberadaan dan peran perkebunan kelapa sawit yang demikian strategis serta memperhatikan tingkat serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit yang cukup mengkhawatirkan saat ini, maka kepedulian pemerintah c.q. Direktorat Jenderal Perkebunan dan para pengelola perkebunan kelapa sawit terhadap masalah tersebut perlu terus ditingkatkan. Sudah sewajarnya apabila kegiatan R&D untuk pengembangan metode pengendalian rayap, khususnya bagi spesies rayap tanah yang paling “merusak” kebun sawit yaitu *Coptotermes curvignathus*, mendapat perhatian serius. Apalagi, perluasan areal perkebunan kelapa sawit yang demikian pesat (300.000–400.000 hektar dalam beberapa tahun terakhir diyakini akan meningkatkan kemungkinan sebaran serangan rayap pada tanaman tersebut. Dengan perkataan lain, hama rayap akan menjadi masalah dan tantangan yang makin penting di masa datang. Untuk itu sudah saatnya dikembangkan kerja sama penelitian yang lebih terkoordinasi (*coordinated research*) di antara perguruan tinggi dan lembaga-lembaga penelitian terkait untuk menjawab tantangan tersebut. Dalam kaitan ini, metode pengendalian serangan rayap pada tanaman kelapa sawit di masa depan perlu diarahkan untuk lebih mengutamakan pengendalian tanpa bahan kimia (*non-chemical control method*). Sejalan dengan paradigma pembangunan berkelanjutan metode pengendalian hayati (*biological control*) seperti penggunaan varietas resisten serta penggunaan nematoda dan cendawan entomopatogen perlu terus dikembangkan. Tentu saja hal ini memerlukan dukungan kegiatan R&D yang multi disiplin; tidak hanya para entomologawan yang perlu kerja keras melakukannya, tetapi juga para pemulia tanaman dan para pakar bioteknologi. Sebagaimana dimaklumi metode pengendalian hayati lebih ramah lingkungan sehingga lebih dapat diterima oleh masyarakat global. Hal ini sangat penting dalam rangka menyelaraskan pengelolaan perkebunan

kelapa sawit dengan isu-isu global termasuk konsep green economy yang menjadi salah satu fokus pembahasan dalam Konferensi Tingkat Tinggi PBB tentang Pembangunan Berkelanjutan yang dihadiri 116 Kepala Pemerintahan sedunia di Rio de Janeiro (KTT Rio + 20).

Sementara itu diseminasi informasi tentang ancaman serangan rayap pada tanaman kelapa sawit dan metode pengendaliannya juga perlu ditingkatkan. Untuk keperluan ini kiranya pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (*information and communication technology, ICT*) layak dipertimbangkan. Penyediaan modul-modul pelatihan jarak jauh berbasis multimedia akan sangat bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan para pekerja kebun sawit tentang pengendalian hama rayap. Salah satu materi pelatihan yang penting disajikan ialah teknik identifikasi potensi serangan rayap pada tanaman kelapa sawit, semacam *early warning system*. Demikian juga pelatihan bagi para petugas karantina pertanian, bahkan bagi para petugas Bea-Cukai sehingga mereka sigap mengenali tanda-tanda adanya rayap pada produk-produk yang keluar masuk pelabuhan. Pelatihan tentang teknik deteksi berbasis gelombang ultra sonik (misalnya menggunakan alat *sonic tomograph*) untuk mengetahui keberadaan rayap dalam suatu produk perlu dipertimbangkan.

Dengan upaya-upaya tersebut di atas diharapkan ancaman serangan rayap terhadap tanaman kelapa sawit dapat diantisipasi secara cerdas dan bijaksana sehingga tidak menimbulkan kerugian yang signifikan. Hal ini sangat penting untuk mendukung pembangunan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan dan berdaya saing global. Sementara itu, mengingat saat ini umur tanaman kelapa sawit pada sebagian besar perkebunan sudah relatif tua, maka peremajaan tanaman perlu mendapat perhatian secara serius. Pemerintah diharapkan memberikan dukungan penyediaan bibit tanaman kelapa sawit yang berkualitas untuk menunjang peremajaan tanaman kelapa sawit di berbagai daerah.

Di tengah-tengah kondisi masih besarnya kesenjangan sosial-ekonomi saat ini, termasuk kesenjangan antar wilayah terutama di luar Jawa, pengembangan wilayah dan pemberdayaan masyarakat sekitar perkebunan kelapa sawit juga patut mendapat perhatian. Dalam konteks pengembangan wilayah, tumbuh-kembangnya perkebunan kelapa sawit beserta industri hilirnya memiliki peran yang sangat strategis, bukan saja sebagai penyerap

tenaga kerja yang sangat besar dan penghasil devisa yang juga sangat besar, tetapi juga sebagai stimulasi berkembangnya pusat-pusat pertumbuhan baru di berbagai daerah di nusantara. Kehadiran perkebunan kelapa sawit dan industri hilirnya diharapkan menstimulasi konektivitas wilayah, mendorong berkembangnya usaha kecil dan menengah termasuk industri terkait, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Perkebunan kelapa sawit dan industri hilirnya diharapkan menjadi “episentrum percepatan pembangunan ekonomi nasional sejalan dengan Master Plan Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) yang telah dicanangkan dan diimplementasikan oleh pemerintah saat ini. Harapan tersebut akan sulit terwujud tanpa sinergitas dan kontribusi berbagai sektor, termasuk pendidikan, tenaga kerja dan transmigrasi, perindustrian, serta infrastruktur (jalan raya, kereta api, pelabuhan, telekomunikasi, dan lain-lain).

Sejalan dengan itu, untuk mengantisipasi makin meluasnya fenomena sengketa lahan saat ini, maka kepastian hukum tentang hak atas lahan sangatlah kritis dan harus menjadi prioritas pemerintah. Regulasi keagrariaan dan penegakan hukum perlu diperkuat. Demikian juga regulasi tentang perlindungan dan pemberdayaan petani, termasuk petani sawit, perlu segera disiapkan. Namun itu semua perlu dibarengi dengan peningkatan tanggung jawab sosial (*corporate social responsibility, CSR*) para pengusaha sawit, termasuk dukungan bagi pengembangan wilayah dan pemberdayaan masyarakat di sekitar perkebunan atau industri kelapa sawit. Demikian juga isu-isu tentang kerusakan lingkungan akibat pengembangan perkebunan kelapa sawit harus direspon secara positif, termasuk upaya pengendalian kerusakan lingkungan. Dalam hal ini aplikasi konsep *reduce-reuse-recycle* juga patut terus ditingkatkan, termasuk dalam hal pengolahan dan pemanfaatan limbah. Bagi perusahaan hal tersebut seyogyanya dipandang sebagai investasi yang dalam jangka panjang akan berkontribusi positif.

Di pihak lain, menghadapi persaingan bisnis global yang akan makin tajam dan keras, tidak ada cara lain bagi para pengusaha perkebunan kelapa sawit termasuk industri hilirnya kecuali meningkatkan daya saing dan efisiensi usaha. Perekonomian global yang penuh ketidakpastian, bahkan rawan krisis, sepatutnya menjadi pemicu bagi para pengusaha sawit untuk terus meningkatkan daya saing, termasuk mengembangkan produk-produk inovatif yang memiliki keunggulan komparatif dan kompetitif. Sejalan

dengan itu, efisiensi dipastikan akan menjadi kata kunci bagi perusahaan nasional, termasuk perkebunan dan industri sawit, untuk bisa bersaing di pasar domestik dan global. Oleh karena itu, beban-beban operasional yang tidak perlu harus dikurangi.

Strategi pengembangan komoditas, khususnya komoditas ekspor, wajib mengacu pada falsafah berkelanjutan dan daya saing dalam jangka panjang. Falsafah keberlanjutan mencakup konservasi sumber daya alam, sertifikasi produk dan manajemen, keterlacakan daerah asal, serta pemberdayaan petani kebun sawit termasuk penguatan koperasi pedesaan. Sementara peningkatan daya saing mencakup inovasi produksi, peningkatan produktivitas, pengembangan pasar-pasar baru nontradisional, serta penguatan kemampuan diplomasi di kancah global. Pemerintah dan dunia usaha wajib bahu-membahu mewujudkan hal tersebut.

Dengan itu semua, peran perkebunan dan industri sawit nasional sebagai pilar pembangunan nasional akan makin kokoh. Semoga.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad M. 1958. Key to The Indomalaya Termite. *Biologia* vol 4 Nomor 1-2. Lahore, India.
- Arinana. 2002. Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp. dan Heterorhabditis *indica* sebagai Agen Hayati Pengendali Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae). Thesis [tidak diterbitkan]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Arinana, Haneda NF, dan Kahar TP. 2012. Diversity and Distributions of Termite Species on Oil Palm Plantation at the PTP Nusantara VIII Bogor, West Java-Indonesia. Proc. of the 9th Pacific Rim Termite Research Group Conference. Vietnam.
- Bakti D. 2002. Kajian Aspek Biologi *Coptotermes curvignathus* Holmgren Sebagai Dasar Pengendalian Rayap pada Oertanaman Kelapa Sawit. Disertasi. Tidak Diterbitkan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Bignell DE, Roisin Y, and Nethan Lo (eds). 2011. *Biology of Termites: A Modern Synthesis*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Diba F. 1999. Pengujian Laboratorium Keampuhan Hexaflumuron terhadap Koloni Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Thesis [tidak diterbitkan]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Diba F dan Nandika D. 2009. Efektivitas Umpan Rayap Hexaflumuron Terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren. Prosiding MAPEKI di Universitas Gajah Mada. Agustus 2009. Yogyakarta.
- Grewal PS, Ehlers RU, dan Ilan DIS. 2005. *Nematodes as Biocontrol Agents*. CABI Publishing, Wallingford Oxfordshire OX10 8DE. UK.
- Indrayani Y. 2012. Application of Liquid Smoke to Control Termite Infestation in Oil Palm Plantation on Peat Land. Proc. of the 9th Pacific Rim Termite Research Group Conference. Vietnam.
- Indriyanto. 2008. *Ekologi Hutan*. PT Bumi Aksara. Jakarta.

- Lubis RE dan Widanarko A. 2011. Buku Pintar Kelapa Sawit. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Markle S. 2008. Termites: Hardworking Insects Families. Lerner Publications Company. Minneapolis.
- Nandika D, Rismayadi D, dan Diba F. 2003. Rayap: Biologi dan Pengendaliannya. Muhammadiyah University Press. Surakarta.
- Subekti N dan D Nandika 2010. The Mound Architecture of Subterranean Termite *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea : Termitiade). Proceeding of Indonesian Wood Research Association Conference, Makassar.
- Sudharto PS, Sipayung A, Chenon RD. 1990. Termite, A New Problem on Oil Plantations in Indonesia. Seminar Nasional dan Diskusi Panel Perlindungan Tumbuhan Indonesia Barat. Medan: 18-20 Oktober 1990.
- Witers WE. 1997. Systems approach to managing pine bark beetles. In Payne TLRN, Coulson, and Tracher RC (eds). Proc. Southern Pine Beetle Symposium, Texas Agricultural Experiment Station, College Station.

INDEKS

A

abdomen 7, 10, 15, 26, 69
antena 7, 26, 30, 31, 32, 33, 34,
35

B

bakteri pembusuk 42
biaya kesempatan 45
Blatodea 7, 21
botol koleksi 48, 49, 59, 60, 61
Budi daya 1, 65, 66

C

Capritermes 24, 26, 32, 56
cekaman abiotik 66, 80
cekaman biotik 66, 80
colony elimination 69, 80
Coptotermes 12, 21, 22, 23, 24,
26, 27, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
42, 43, 56, 63, 64, 65, 68, 69,
70, 71, 76, 77
corporate social responsibility 79
corrugated cardboard 48, 51
crude palm oil 2
Cryptocercidae 10

D

daya jelajah 24, 35
dehidrasi 68, 69
diferensiasi kelamin 17
Diflubenzuron 68
dimorphism 13

dome 27
dust 67, 73
duster 74

E

ekdison 17
endemic species 26
Entomopatogen 75, 77

F

feromon 9, 13, 17, 18, 36
feromon penanda 9, 36
flagellata 10
fontanel 26, 32, 34
food web 35
foraging 19, 222, 36, 55, 59
frontal gland 12

G

gambut 21, 22, 24, 36, 45
green economy 77
Grooming 9
gulma 66
gustatory 13, 36

H

hexaflumuron 63, 68, 69, 70, 72
Hodotermitidae 10
hormon 17
hutan primer 22, 26, 35, 36
hutan sekunder 22
Hymenoptera 7

I
identifikasi 48, 49, 59, 60, 61, 78
imago 18
inang 22, 36, 37, 43
infected plants 66
instar 9, 17, 18
integumen 68, 69
intensitas sampling 47, 49, 51, 58,
61
intensitas serangan 22, 24, 42, 45,
58, 59, 60, 61, 63, 67
isolasi 19

J
Jalur Contoh 47, 48, 55, 56, 57,
58, 59
jamur pelapuk 42
jejak 9, 36
juvenil 17

K
Kalotermitidae 10, 11, 13
kanibal 9
karantina pertanian 78
kasta 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,
16, 17, 18, 19, 26, 27, 30,
31, 32, 33, 34, 35, 36, 48,
59, 60, 61, 67, 76
Kasta pekerja 9, 10, 12, 13, 14,
15, 16, 17, 18, 36
kecoa sosial 10
kerugian 44, 45, 78
kesehatan 64, 65, 67
ketahanan tanaman 43, 66
Komisi Pestisida 72
konservasi 79

kotak kayu umpan 52, 53
kutikula 69, 75

L
lambrum 26
laron 7, 14, 15, 18, 19, 42, 47,
48, 76
liang-liang kembara 7, 13, 19, 29,
36, 39, 42, 47, 59, 73
log over area 22

M
Macrotermes 11, 12, 13, 14, 15,
16, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29,
30, 31, 32, 56, 76
mandibel 10, 12, 26, 28, 30, 31,
32, 33, 34, 35
Master Plan Percepatan
Pembangunan
Ekonomi Indonesia (MP3EI) 78
Mastotermitidae 10, 13
mechano receptor 36
Metode Begon 55
Metode Jalur 58
Metode Petak 60, 61
Microtermes 11, 56
migrasi 19, 21, 78
monokultur 36
mound 27, 67

N
Nematoda Entomopatogen 75
neoten 14, 15, 16, 17, 18, 19
nile blue A 52, 54
Nimfa 7, 9, 10, 12, 13, 17, 18, 68
Noviflumuron 70

nutrisi 9, 17, 19, 21, 66

O

Odontotermes 11, 13, 32, 34, 35, 76

olfactory 13, 36

ovari 15

P

Patok Pemantau 48, 49, 50, 51, 52, 53

Pemantauan 42, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 61, 64, 65, 67

pembangunan berkelanjutan 62, 77

pembibitan 43, 68, 72

pemeliharaan 43

Penandaan 51, 52, 55

Penanggulangan 62, 63, 65, 68, 74

Penanggulangan Serangan 63, 65, 68, 74

pengawasan 43

Pengelolaan Hama Terpadu 62

pengelolaan kebun 62, 65, 67

pengembangan wilayah 78, 79

Pengendalian Hayati 75, 76, 77

Penghambat Sintesis Kitin 68, 70, 71, 72

penyemprotan 72, 73

Perkebunan Rakyat 2

Petak Ganda 61

Petak Tunggal 60

populasi 21, 24, 27, 35, 36, 46, 48, 51, 55, 56, 61, 62, 66

prajurit major 11

prajurit minor 11, 31

predator 12, 14, 35

primer 1, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 26, 35, 36

primer pheromone 9, 17

pronotum 26, 32

pseudergates 13

pseudoworker 13

R

raja 7, 14, 15, 18, 29, 32, 67

ratu 7, 9, 13, 14, 15, 18, 20, 29, 30, 63, 64, 67, 68

rayap kayu lembab 20, 48

rayap tanah 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 76, 77

rayap tingkat rendah 9, 10, 13, 16, 17

rayap tingkat tinggi 13, 15, 17, 18, 19

reproduktif 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 56, 67, 76

Reproduktif jantan 9

reproduktif suplementer 17, 18

Rhinotermitidae 10, 11, 13, 22, 26

S

saliva gland 12

Sampling 47, 49, 51, 58, 61

sarang tambahan 24

Schedorhinotermes 11, 22, 26,
33, 56, 69
selulosa 13, 19, 42, 48, 51
semut putih 7
sensus 45, 47
serangga sosial 7, 9, 63
serasah 19, 21, 22, 28, 47, 67
sertifikasi 79
Sonic Tomograph 78
sternum 15
stressed plants 66
structural pest 22
studi kelayakan 46
swarming 14, 18, 48

T

tanah mineral 21
tanaman 1, 13, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 26, 35, 36, 39, 42, 43, 44,
45, 46, 48, 50, 55, 56, 58, 59,
62, 63, 64, 66, 67, 68, 72, 77,
78
tandan buah 39, 42
TBM 44
teknologi informasi dan
komunikasi 78
Teori Ekstrensik 16
tergum 15
termitarium 13, 76
Termitidae 13, 15, 17, 27, 32, 33,
34
titik tumbuh 39, 44
TM 44, 45
trail laying pheromone 36
triple mark recapture technique
51

U

ukuran populasi 24, 27, 35, 55,
56
usus 10, 15

V

varietas resisten 77
water table 21, 56, 68
wilayah jelajah 9, 55