

II. TINJAUAN PUSTAKA

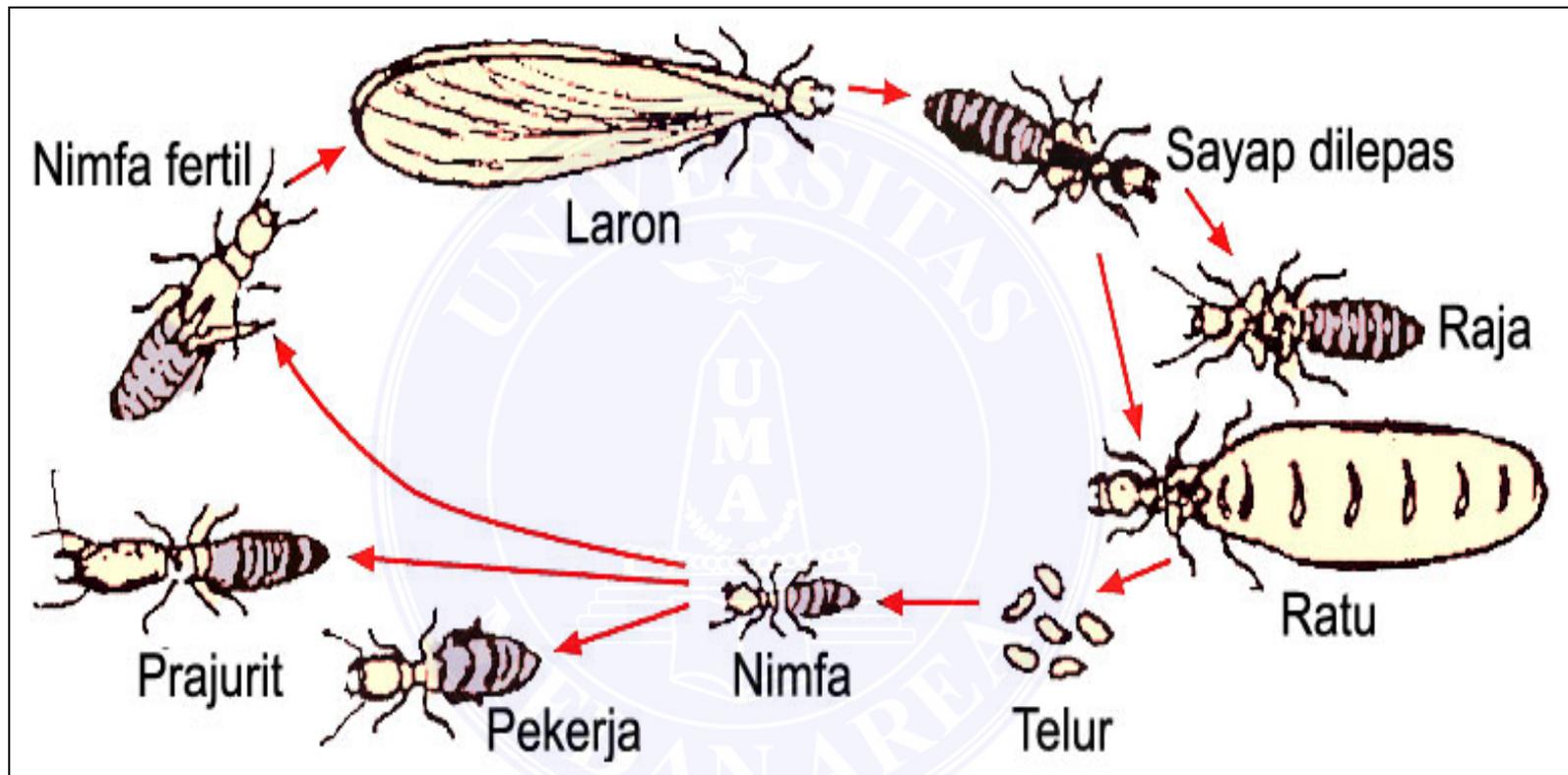
2.1. R a y a p

Rayap adalah serangga sosial yang hidup secara berkelompok dan bekerjasama. Rayap dalam biologi adalah sekelompok hewan dalam salah satu ordo yaitu ordo Isoptera dari kelas Artropoda. Ordo Isoptera berasal dari kata *iso* = sama; dan *ptera* = sayap. Serangga ini dicirikan dengan adanya sayap 2 pasang yang memiliki ukuran dan bentuknya hampir sama. Ordo Isoptera beranggotakan sekitar 2.000 spesies dan di Indonesia telah tercatat kurang dari 200 spesies. Nama lain dari rayap adalah anai-anai, semut putih, rangas dan laron (Tarumingkeng, 1971).

Rayap yang menyerang kayu baik di area pertanian dan perumahan adalah dari famili Kalotermitidae dan famili Rhitotermitidae. Rayap yang terdapat di Indonesia dan umumnya di daerah Asia adalah rayap dari Famili Rhitotermitidae yaitu *Captotermes formosanus* Shiraki (Borror dkk 1995).

Berdasarkan lokasi sarang utama atau tempat tinggalnya, rayap perusak kayu dapat digolongkan dalam tipe-tipe berikut :

- **Rayap pohon**, yaitu jenis-jenis rayap yang menyerang pohon yang masih hidup, bersarang dalam pohon dan tak berhubungan dengan tanah. Contoh yang khas dari rayap ini adalah *Neotermes tectonae* (famili Kalotermitidae), hama pohon jati.



Gambar 1. Siklus Hidup Rayap (Tarumingkeng, 1971)

- **Rayap kayu lembab**, menyerang kayu mati dan lembab, bersarang dalam kayu, tak berhubungan dengan tanah. Contoh : Jenis-jenis rayap dari genus *Glyptotermes* (*Glyptotermes* spp., famili Kalotermitidae).
- **Rayap kayu kering**, seperti *Cryptotermes* spp. (famili Kalotermitidae), hidup dalam kayu mati yang telah kering. Hama ini umum terdapat di rumah-rumah dan perabot-perabot seperti meja, kursi dsb. Tanda serangannya adalah terdapatnya butir-butir ekskremen kecil berwarna kecoklatan yang sering berjatuhan di lantai atau di sekitar kayu yang diserang. Rayap ini juga tidak berhubungan dengan tanah, karena habitatnya kering.
- **Rayap subteran**, yang umumnya hidup di dalam tanah yang mengandung banyak bahan kayu yang telah mati atau membusuk, tunggak pohon baik yang telah mati maupun masih hidup. Di Indonesia rayap subteran yang paling banyak merusak adalah jenis-jenis dari famili Rhinotermitidae. Terutama dari genus *Coptotermes* (*Coptotermes* spp.) dan *Schedorhinotermes*. Perilaku rayap ini mirip rayap tanah seperti *Macrotermes* namun perbedaan utama adalah kemampuan *Coptotermes* untuk bersarang di dalam kayu yang diserangnya, walaupun tidak ada hubungan dengan tanah, asal saja sarang tersebut sekali-sekali memperoleh lembab, misalnya tetesan air hujan dari atap bangunan yang bocor. *Coptotermes* pernah diamati menyerang bagian-bagian kayu dari kapal minyak yang melayani

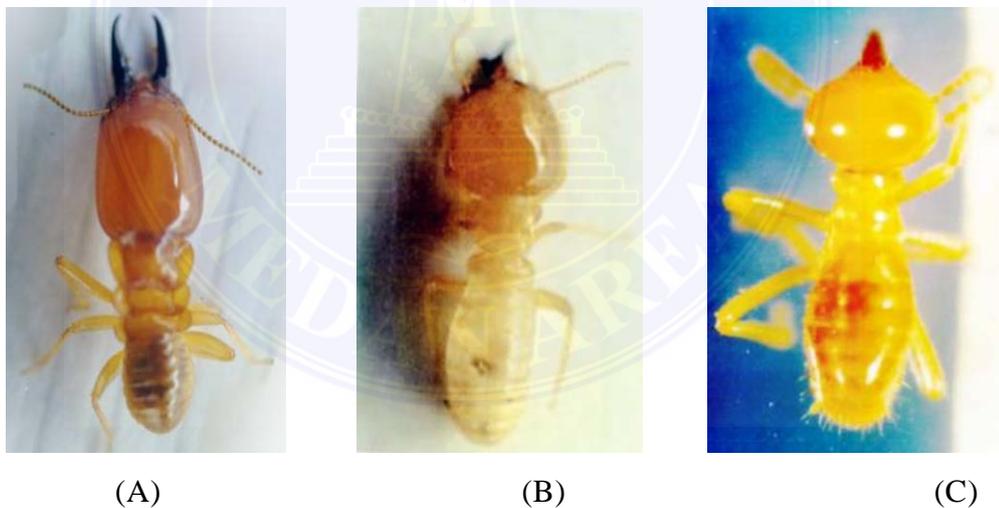
pelayaran Palembang-Jakarta. *Coptotermes curvignathus* Holmgren sering kali diamati menyerang pohon *Pinus merkusii* dan banyak menyebabkan kerugian pada bangunan.

- **Rayap tanah.** Jenis-jenis rayap tanah di Indonesia adalah dari famili Termitidae. Mereka bersarang dalam tanah terutama dekat pada bahan organik yang mengandung selulosa seperti kayu, serasah dan humus. Contoh-contoh Termitidae yang paling umum menyerang bangunan adalah *Macrotermes* spp. (terutama *M. gilvus*) *Odontotermes* spp. dan *Microtermes* spp. Jenis-jenis rayap ini sangat ganas, dapat menyerang obyek-obyek berjarak sampai 200 meter dari sarangnya. Untuk mencapai kayu sasarannya mereka bahkan dapat menembus tembok yang tebalnya beberapa cm, dengan bantuan enzim yang dikeluarkan dari mulutnya. *Macrotermes* dan *Odontotermes* merupakan rayap subteran yang sangat umum menyerang bangunan di Jakarta dan sekitarnya.

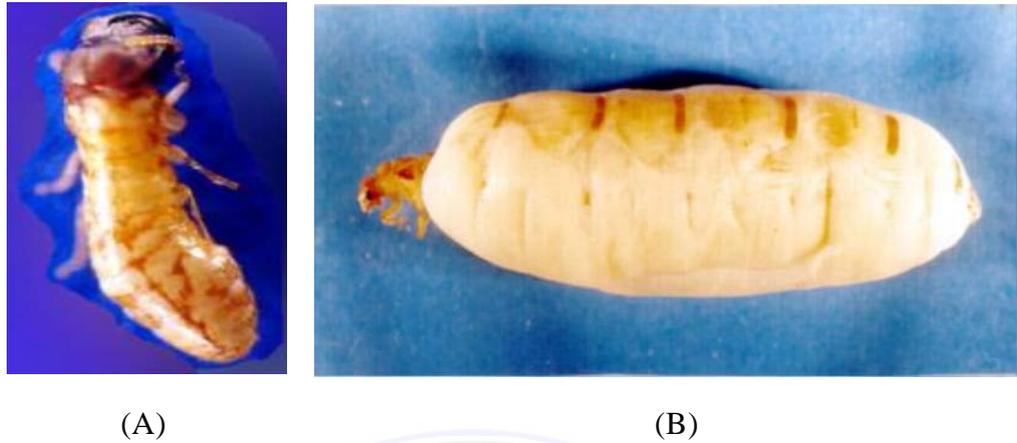
2.1.1. Taksonomi rayap

Taksonomi atau penggolongan jenis-jenis rayap merupakan salah satu misteri dunia insekta karena tingginya tingkat kemiripan antar jenis rayap dalam masing-masing famili. Kiranya kita tak perlu sangat memusingkan jenis-jenis (spesies) rayap ini. Hal yang penting adalah dapat mengenal tipe-tipe seperti telah disebut di muka. Pada umumnya rayap yang terdapat dalam satu kategori memiliki kemiripan dalam hampir semua segi perilakunya, sehingga metoda pengendaliannyapun dapat disamakan.

Dapat dikatakan bahwa terdapat tiga famili rayap perusak kayu (yang dianggap sebagai hama), yaitu famili Kalotermitidae, Rhinotermitidae dan Termitidae. Kalotermitidae diwakili oleh *Neotermes tectonae* (hama pohon jati) dan *Cryptotermes* spp. (rayap kayu kering); Rhinotermitidae oleh *Coptotermes* spp dan *Schedorhinotermes*, sedangkan Termitidae oleh *Macrotermes* spp., *Odontotermes* spp. dan *Microtermes* spp.). Masih banyak jenis-jenis rayap yang juga penting tetapi agak jarang dijumpai menyerang bangunan. Misalnya jenis-jenis *Nasutitermes* (famili Termitidae), yang pada dahi prajuritnya terdapat "tusuk" (seperti hidung: *nasus*, *nasute*), dan mampu melumpuhkan lawannya bukan dengan menusuknya tetapi meyemprotkan cairan pelumpuh berwarna putih, melalui saluran dalam "tusuk"-nya.



Gambar 2. Berturut-turut dari kiri ke kanan, (A). prajurit *Macrotermes gilvus*, (B). prajurit *Microtermes* sp., (C). prajurit *Nasutitermes* sp, (Arsip PSIH IPB).



Gambar 3. Berturut-turut dari kiri ke kanan, (A). prajurit *Cryptotermes cynocephalus* dan (B). ratu *Coptotermes curvignathus*. (Arsip PSIH IPB).



Gambar 4. Ratu rayap dikelilingi pekerja dan prajurit (kiri) dan individu-individu rayap *Coptotermes* yang bergerombol (kanan). (Arsip PSIH IPB).

Sebagian masyarakat juga sudah mengetahui bahwa dalam koloni setiap jenis rayap, terdapat beberapa kasta individu yang wujudnya berbeda, yaitu:

- **Kasta reproduktif** terdiri atas individu-individu seksual yaitu betina (yang abdomennya biasanya sangat membesar) yang tugasnya bertelur dan jantan (raja) yang tugasnya membuahi betina. Raja

sebenarnya tak sepenting ratu jika dibandingkan dengan lamanya ia bertugas karena dengan sekali kawin, betina dapat menghasilkan ribuan telur; lagipula sperma dapat disimpan oleh betina dalam kantong khusus untuk itu, sehingga mungkin sekali tak diperlukan kopulasi berulang-ulang. Jika koloni rayap masih relatif muda biasanya kasta reproduktif berukuran besar sehingga disebut ratu. Biasanya ratu dan raja adalah individu pertama pendiri koloni, yaitu sepasang laron yang mulai menjalin kehidupan bersama sejak penerbangan alata. Pasangan ini disebut reproduktif primer. Jika mereka mati bukan berarti koloni rayap akan berhenti bertumbuh. Koloni akan membentuk "ratu" atau "raja" baru dari individu lain (biasanya dari kasta pekerja) tetapi ukuran abdomen ratu baru tak akan sangat membesar seperti ratu asli. Ratu dan raja baru ini disebut reproduktif suplemen atau neoten. Jadi, dengan membunuh ratu atau raja kita tak perlu sesumbar bahwa koloni rayap akan punah. Bahkan dengan matinya ratu, diduga dapat terbentuk berpuluh-puluh neoten yang menggantikan tugasnya untuk bertelur. Dengan adanya banyak neoten maka jika terjadi bencana yang mengakibatkan sarang rayap terpecah-pecah, maka setiap pecahan sarang dapat membentuk koloni baru.

- **Kasta prajurit** . Kasta ini ditandai dengan bentuk tubuh yang kekar karena penebalan (sklerotisasi) kulitnya agar mampu melawan musuh dalam rangka tugasnya mempertahankan kelangsungan hidup

koloninya. Mereka berjalan hilir mudik di antara para pekerja yang sibuk mencari dan mengangkut makanan. Setiap ada gangguan dapat diteruskan melalui "suara" tertentu sehingga prajurit-prajurit bergegas menuju ke sumber gangguan dan berusaha mengatasinya. Jika terowongan kembara diganggu sehingga terbuka tidak jarang kita saksikan pekerja-pekerja diserang oleh semut sedangkan para prajurit sibuk bertempur melawan semut-semut, walaupun mereka umumnya kalah karena semut lebih lincah bergerak dan menyerang. Tapi karena prajurit rayap biasanya dilengkapi dengan mandibel (rahang) yang berbentuk gunting maka sekali mandibel menjepit musuhnya, biasanya gigitan tidak akan terlepas walaupun prajurit rayap akhirnya mati. Mandibel bertipe gunting (yang bentuknya juga bermacam-macam) umum terdapat di antara rayap famili Termitidae, kecuali pada *Nasutitermes* ukuran mandibelnya tidak mencolok tetapi memiliki nasut (yang berarti hidung, dan penampilannya seperti "tusuk") sebagai alat penyemprot racun bagi musuhnya. Prajurit *Cryptotermes* memiliki kepala yang berbentuk kepala bulldogtugasnya hanya menyumbat semua lobang dalam sarang yang potensial dapat dimasuki musuh. Semua musuh yang mencapai lobang masuk sulit untuk luput dari gigitan mandibelnya. Pada beberapa jenis rayap dari famili Termitidae seperti *Macrotermes*, *Odontotermes*, *Microtermes* dan *Hospitalitermes* terdapat prajurit

dimorf (dua bentuk) yaitu prajurit besar (p. makro) dan prajurit kecil (p. mikro)

- **Kasta pekerja.** Kasta ini membentuk sebagian besar koloni rayap. Tidak kurang dari 80 persen populasi dalam koloni merupakan individu-individu pekerja. Tugasnya melulu hanya bekerja tanpa berhenti hilir mudik di dalam liang-liang kembara dalam rangka mencari makanan dan mengangkutnya ke sarang, membuat terowongan-terowongan, menyuapi dan membersihkan reproduktif dan prajurit, membersihkan telur-telur, dan membunuh serta memakan rayap-rayap yang tidak produktif lagi (karena sakit, sudah tua atau juga mungkin karena malas), baik reproduktif, prajurit maupun kasta pekerja sendiri. Dari kenyataan ini maka para pakar rayap sejak abad ke-19 telah mempostulatkan bahwa sebenarnya kasta pekerjalah yang menjadi "raja", yang memerintah dan mengatur semua tatanan dan aturan dalam sarang rayap. Sifat kanibal terutama menonjol pada keadaan yang sulit misalnya kekurangan air dan makanan, sehingga hanya individu yang kuat saja yang dipertahankan. Kanibalisme berfungsi untuk mempertahankan prinsip efisiensi dan konservasi energi, dan berperan dalam pengaturan homeostatika (keseimbangan kehidupan) koloni rayap.

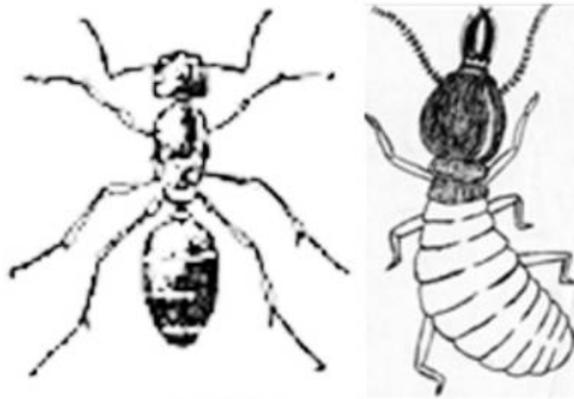
Beberapa rayap hidup di dalam habitat-habitat di bawah tanah yang lembab dan yang lainnya hidup di habitat – habitat yang kering di atas tanah yang kering. Rayap yang hidup di bawah tanah secara normal hidup di kayu

terutama di bawah tanah kontak dengan tanah, yang membuat lorong lintas penghubung ke dalam tanah sehingga dari tempat tersebut rayap memperoleh kelembaban. Sumber utama kelembaban adalah air metabolik (air berasal dari oksidasi makanan)

Rayap yang hidup dalam koloni diketahui mempunyai daya rusak yang sangat dasyat, dengan 60.000 pekerjanya satu koloni rayap mampu melahap habis kayu pinus ukuran 2×4 cm sepanjang 40 cm dalam ukuran waktu 118-157 hari. Rayap dapat meruntuhkan struktur bangunan dalam rentang waktu 3-8 tahun, hasil survei di kawasan pemukiman menunjukkan sekitar 70% rumah di Jakarta (kawasan pondok Indah dan Bintaro), Surabaya, Bandung dan Batam terserang rayap. Akibat ulah rayap pada bangunan rumah tinggal mencapai Rp. 1,6 triliun pada tahun 1990-2000 (Setiadi, 2006).

2.1.2. Perbedaan Antara Semut dengan Rayap

Dapat dikatakan bahwa sebagian besar masyarakat Indonesia mengenal jenis-jenis serangga yang umum kita sebut rayap. Sebutan lain yang juga umum adalah semut putih. Di Sumatera digunakan istilah *anai-anai* di Jawa *rangas*, sedangkan beberapa jenis rayap di daerah Jawa Barat disebut *rinyuh*, *sumpiyuh*. Bergantung jenisnya, panjang tubuh rayap berkisar di antara 4 - 11 mm, dan umumnya individu-individu rayap yang tak bersayap berwarna keputih-putihan. Dari sinilah muncul nama “semut putih”.



Gambar 5: Semut (kiri) dan prajurit rayap (kanan). (Arsip PSIH IPB).

Penampilan rayap memang mirip semut. Tetapi perbedaannya cukup banyak, bahkan semut merupakan salah satu musuh utama dari rayap. Dari segi sistematika/filogenetika semut mendekati golongan lebah, sehingga kedua serangga ini dicakup dalam Ordo Hymenoptera (bersayap selaput).

Di antara jenis-jenis rayap banyak yang mirip satu sama lain sehingga bagi mereka yang belum terlatih, agak sulit membedakannya, kecuali beberapa jenis yang umum seperti rayap kayu kering (*Cryptotermes*) yang menghuni dan makan kayu kering, dan rayap subteran (seperti *Macrotermes*) yang sarang koloninya umumnya terdapat dalam tanah lembab, dengan ukuran tubuh relatif besar.

2.2. Insektisida Botani Daun Sirsak

Penggunaan Pestisida di lingkungan pertanian menjadi masalah yang sangat dilematis. Alternatif pengendalian hama penyakit yang mudah, praktis, dan relatif aman untuk lingkungan, adalah pestisida nabati.

Insektisida alami dari tumbuhan dapat digunakan untuk menolak atau menghambat aktivitas makan serangga dalam sistem pengendalian, walaupun masih dalam skala kecil. Ekstrak beberapa anggota famili Annonaceae menunjukkan pengaruh penghambatan makan yang cukup baik. Senyawa-senyawa skunder yang dimiliki tanaman dari famili ini memainkan peranan penting dalam memandu serangga dalam proses penemuan inang untuk peletakan telur. Serangga mengenal secara baik tumbuhan tertentu karena kehadiran senyawa kimia tertentu sehingga tumbuhan atau tempat tersebut dipilih sebagai tempat peletakan telur. Ekstrak daun dan biji sirsak *A. muricata* selain mempunyai pengaruh penghambatan makan, juga mampu menghambat aktivitas peneluran beberapa jenis serangga hama (Priyono, 1999)

Bahan dasar pestisida nabati berasal dari tumbuhan dan pembuatannya relatif mudah.

- Kelompok tumbuhan insektisida nabati

Kelompok ini merupakan kelompok tumbuhan yang menghasilkan pestisida pengendali hama serangga. Contoh tumbuhannya adalah : *Piretrum* (*Crysanthemum cinerariifolium* Trev) *Piretrum* merupakan tumbuhan semak dengan tinggi antara 20 - 70 cm. Tumbuh baik di dataran tinggi (> 600 m dpl). Perbanyak dengan pemisahan tanaman atau anakan . Bagian yang digunakan : Bunga dalam bentuk tepung. Tepung didapatkan dengan menumbuk atau menggiling bunga *piretrum*. Tepung bunga *piretrum* merupakan insektisida nabati yang paling cepat membunuh hama dan paling beracun terhadap serangga.

- Kelompok tumbuhan atraktan (pematik)

Kelompok ini menghasilkan bahan kimia yang menyerupai sex-pheromon pada serangga betina. Bahan ini akan menarik serangga jantan, khususnya hama lalat buah dari jenis *Bactrocera dorsalis*. Bahan aktif yang terkandung dalam tumbuhan yang menyerupai sex-pheromon lalat buah betina adalah *metil eugenol*, karena itu semua jenis tumbuhan yang mengandung metil eugenol dengan kadar yang cukup tinggi dapat digunakan sebagai pemikat nabati. Contoh tumbuhannya adalah Daun wangi (*Melaleuca backteata* L.) Daun wangi merupakan pohon dengan tinggi dapat mencapai 12 m, tumbuh hampir di semua tempat dengan ketinggian 1-1500 m dpl. Sebagai insektisida nabati, daunnya dicampur dengan air kemudian disuling, sehingga menghasilkan minyak atsiri.

- Kelompok Tumbuhan Pestisida Serba Guna

Tumbuhan pestisida serba guna adalah kelompok tumbuhan yang bisa berfungsi sebagai pengganti pestisida kimia, Contoh tumbuhan yang umum digunakan adalah : Nimba (*Azadirachta indica* A. Juss) dan Sirsak (*A. muricata* Linn). Nimba merupakan pohon dengan ketinggian 10 - 15 m, tumbuh baik di daerah panas dengan ketinggian 1-700 m dpl, dan yang paling baik pada 0-300 m dpl tumbuhan ini merupakan bahan pestisida nabati utama. Bahan aktif tanaman ini adalah *azadirachtin* yang merupakan komponen yang paling berperan sebagai pestisida Nimba tidak membunuh hama secara cepat, tetapi berpengaruh mengurangi napsu makan, pertumbuhan, daya reproduksi, proses ganti kulit, hambatan menjadi serangga dewasa, sebagai pemandul,

mengganggu dan menghambat proses perkawinan serangga, menghambat peletakan dan penurunan daya tetas telur, dan bekerja secara sistemik dan kontak serta mudah diabsorpsi tanaman. Daun biji, dan kulit batang merupakan bagian tumbuhan yang digunakan dalam bentuk ekstrak. Ekstrak dibuat dengan menghaluskan bagian tumbuhan tersebut lalu mencampurnya dengan air atau dengan larutan lain (Kardiman, 1999).

Sedangkan daun sirsak mengandung senyawa acetogenin, antara lain asimisin, bulatacin dan squamosin. Pada konsentrasi tinggi, senyawa acetogenin memiliki keistimewaan sebagai anti feedent. Dalam hal ini, serangga hama tidak lagi bergairah untuk melahap bagian tanaman yang disukainya. Sedangkan pada konsentrasi rendah, bersifat racun perut yang bisa mengakibatkan serangga hama menemui ajalnya. Ekstrak daun sirsak dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi hama belalang dan hama-hama lainnya (Niken Jumita, 2002).

Dari penelitian yang dilakukan terdahulu menunjukkan bahwa insektisida Botani daun sirsak memberikan pengaruh yang nyata dalam mengendalikan berbagai jenis hama. Hartati (2002), mengatakan bahwa insektisida botani daun sirsak dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, menunjukkan pengaruh yang nyata (mortalitas mencapai 65% pada kosentrasi 6%) untuk mengendalikan hama *Helicoverpa acmigera* pada tanaman tembakau Deli. Sedangkan Sarianto (2001) mengatakan, Aplikasi ekstrak daun sirsak dengan lama perendaman bahan uji selama 10 menit dengan kosentrasi 5%, 10%, 15% dapat memberikan pengaruh

yang nyata (mortalitas mencapai 100% pada konsentrasi 15%) untuk mengendalikan hama *Cylas Formacarius* pada tanaman ubi jalar.

Selain itu juga dapat diketahui bahwa buah yang mentah, biji, daun dan akarnya mengandung senyawa kimia annonain. Dan bijinya mengandung minyak antara 42 – 45%. Daun dan biji dapat berperan sebagai insektisida, larvasida, repellent (penolak serangga), dan anti feedant (penghambat makan) dengan cara kerja sebagai racun kontak dan perut (Agus Kardinan, 2005).

2.3. Cendawan Entomopatogen (*Beauveria bassiana*)

Tidak seperti pathogen-patogen lain yang secara umum menginfeksi inang ketika propagul infeksi tertelan, maka cendawan entomopatogen mampu untuk menginvasi serangga inang dengan mempenetrasi langsung melalui kutikula. Pada awalnya spora cendawan akan melekat pada kutikula, pada kondisi yang favourable, spora akan berkecambah, mempenetrasi kutikula dan masuk ke hemocoel. Cendawan akan berreproduksi dalam hemocoel, selalu dari bentuk *yeast-like* hifa. Hemocoel selanjutnya akan terisi oleh tubuh hifa. Serangga selalu mati dan cendawan akan terus melanjutkan siklusnya dalam fase saprofitik. Setelah tubuh serangga inang dipenuhi oleh miselia, (*mummy*) maka spora infeksi akan diproduksi. Warna *mummy* pada serangga inang yang terserang cendawan bervariasi, ada yang putih, hijau, merah muda tergantung dari warna spora cendawannya. Inilah ciri dari serangga yang mati karena cendawan. Ada ciri perilaku yang terjadi dikenal sebagai *summit diseases*, dimana serangga yang mati karena cendawan menunjukkan perilaku akan naik ke permukaan atas tanaman dan melekatkan diri disana, fenomena ini oleh beberapa pakar dikatakan sebagai

usaha untuk menyelamatkan populasi lain yang sehat dari serangan cendawan ataupun dari parasitoid dan predator.

B. bassiana Merupakan cendawan entomopatogen yang secara alami dapat ditemukan di tanah dan pada serangga yang terinfeksi (Mahr, 1997). Cendawan ini termasuk ke dalam divisio Eumycotina, kelas Deutromycetes, ordo Moniliaceae dan genus *Beauveria* sering dikenal sebagai *fungi imperfecti* (tidak mempunyai stadia sexual) dan merupakan cendawan yang sangat terkenal di dalam program pengendalian hayati (Alexopoulos, 1996 ; [e-learning.unej. 2006](http://e-learning.unej.2006)).

Miselium berwarna putih yang terlihat seperti benang-benang yang bertepung spora putih juga. Konidia dan miselium sering terdapat/menutupi permukaan tubuh inang. Diameter konidia 2-3 μm , berwarna pucat dengan dinding yang lunak, tidak bersekat. Bentuknya membulat atau oval dan tumbuh satu per satu (Alexopoulos, 1996).

Taksonomi dan identifikasi dari cendawan ini didasarkan pada struktur konidiofor. Sel konidiogenous (dimana spora diproduksi), warna dan morfologi konidia. Variasi strain diantara cendawan tersebut umumnya dibedakan menggunakan teknik molecular biologi. Siklus aseksual dari cendawan ini relatif sederhana. Konidia infeksi akan melekat pada kutikula serangga inang yang peka, berkecambah dan membentuk tabung kecambah Menembus kutikula serangga inang menuju ke hemocoel. DI dalam hemocoel cendawan kan memperbanyak diri dengan cara pertunasan (*budding*) tubuh hifa sampai seluruh ruang hamecoel terisi oleh tubuh hifa dan serangga inang mati. Cendawan ini dapat tumbuh pada media buatan, akan memproduksi konidia berwarna hijau, akan tetapi

kenampakan miselianya berwarna putih pada media buatan. *Beuaveria* dapat diproduksi massal sebagai insektisida mikrobial ([e-learning.unej. 2006](#)).

Gejala serangan dan mekanisme kerja *B. bassiana* pada serangga hama, konidia cendawan dapat masuk melalui kulit (kutikula), mulut, trachea atau luka lainnya. Pada suhu dan kelembaban yang sesuai, konidia yang melekat pada kutikula inang akan berkecambah. Cendawan menembus kutikula serangga pada bagian di antara kapsul kepala dengan torax dan di antara ruas-ruas anggota badan (Steinhaus, 1963).

