

Cara Serangga Mematahkan Pertahanan Tanaman

Oleh
Riyanto*

Abstrak

Tulisan ini menginformasikan bagaimana cara serangga mematahkan pertahanan tanaman. Beberapa cara serangga mematahkan pertahanan tanaman, yaitu (1) Mendetoksifikasi allelokimia dengan mengaktifkan peran sistem *mixed-function oxidase* (MFO) yang ada pada saluran pencernaan, jaringan lemak dan tubulus malpighi. (2) Menghindari pertahanan fisik, dengan cara memintal trikhoma seperti gantungan sutra, sehingga larva tersebut dapat berjalan dan makan daun secara normal. (3) Menghindari atau mengubah allelokimia tanaman menjadi nutrisi dan khairomon. (4) Pemanfaatan relung-relung alternatif dengan cara berpindah dari satu daun tua ke daun yang muda, atau ke tanaman yang berbeda. Tujuan perpindahan serangga adalah untuk menghindari perubahan pertahanan fisik dan perubahan kimia tanaman. (5) Menggunakan mikroorganisme (simbiosis), mikroba seperti bakteri, ragi, dan fungi uniseluler lainnya serta protozoa yang dapat menetralkan dan mendegradasi allelokimia tanaman yang berhubungan dengan pencernaan ekstraseluler atau intraseluler. (6) Beberapa perilaku menghindar misalnya makan tanaman waktu malam hari untuk menghindari aktivasi allelokimia.

Kata kunci : *mixed-function oxidase* (MFO), serangga dan pertahanan tanaman.

Pendahuluan

Serangga herbivora untuk mempertahankan hidupnya membutuhkan tanaman sebagai makanan. Kegiatan makan bagi serangga bertujuan untuk mendapatkan energi agar dapat melakukan aktivitas hidup seperti kopulasi, migrasi, pertumbuhan dan reproduksi. Pada dasarnya serangga melakukan aktivitas atau perilaku tertentu agar serangga dapat survive, mungkin termasuk strategi menghindar dari predator. Serangga pada dasarnya seperti hewan lain butuh energi, bila kebutuhan energi tidak terpenuhi bisa kita bayangkan, maka serangga akan punah dari permukaan bumi. Bila ditinjau dari sudut evolusi serangga mampu beradaptasi dengan berbagai habitat (Borror, 2005), ini menunjukkan serangga memiliki kemampuan adaptasi tinggi. Mungkinkah termasuk mekanisme perilaku serangga mematahkan pertahanan tanaman inang adalah strategi serangga untuk survive?

Tumbuhan sebagai makanan serangga herbivora dapat mempertahankan diri dari serangan serangga dengan membentuk pertahanan kimia dan fisik. Pertahanan kimia dengan cara membentuk metabolit sekunder berupa senyawa kimia yang tidak disukai oleh serangga atau beracun bagi serangga. Senyawa kimia untuk pertahanan biasanya termasuk antixenosis dan antibiosis. Sedangkan pertahanan fisik tanaman misalnya trikhoma, kekerasan jaringan dan lain-

lain (Schoonhoven, 1997). Sifat pertahanan fisik tanaman umumnya dibawa oleh gen - gen tertentu. Tumbuhan bertindak sebagai inang harus dapat menyediakan nutrisi yang baik untuk pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi serangga. Dengan konsep ini serangga yang makan harus mencerna makanan yang tidak hanya sesuai kebutuhan tetapi juga harus mampu mengasimilasi serta mengubah menjadi energi dan substansi-substansi struktural untuk kegiatan-kegiatan normal serta perkembangan.

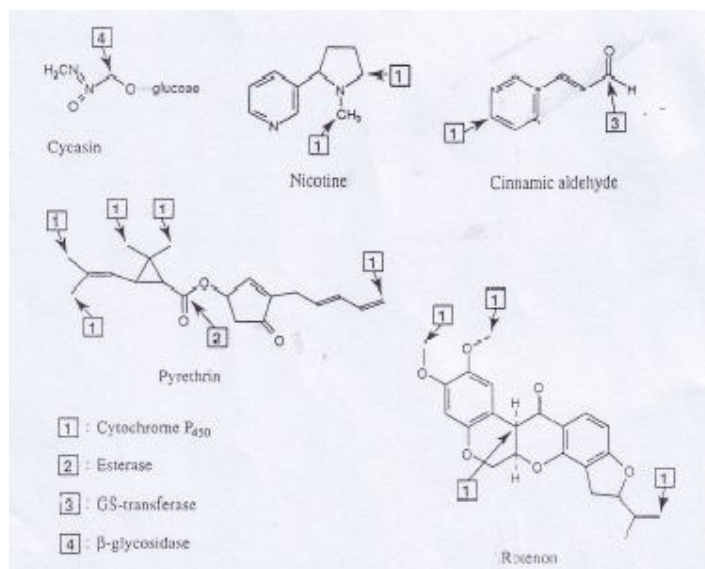
Banyak tumbuhan yang memproduksi zat kimia yang bersifat insektisida misalnya *Deriss*, *Nicotiana*, *Coffea*, dan *Thea*, namun berbagai serangga masih memanfaatkannya sebagai tanaman inang. Serangga-serangga fitofagus telah mengalami evolusi terutama mengenai mekanisme untuk mengatasi berbagai kendala yang dipunyai oleh tanaman inang. Kegiatan-kegiatan mengenai perilaku, biokimia dan fisiologi diatur melalui input indra. Selain itu, mekanisme *feedback* fisiologis alaminya dan faktor-faktor lingkungan membuat mereka mampu beradaptasi terhadap situasi yang berubah-ubah.

Satu sisi tanaman harus mempertahankan diri, namun serangga herbivore membutuhkan makanan untuk kelangsungan hidupnya. Sehingga serangga harus mencari jalan bagaimana dapat mengatasi pertahanan tanaman pada berbagai situasi, kondisi, ruang dan waktu. Perilaku beradaptasi terhadap lingkungan sangat diperlukan oleh serangga untuk mengatasi rintangan yang merupakan pertahanan tumbuhan misalnya rintangan kandungan allelokimia, fisik tanaman dan ekologi. Keadaan ini berarti serangga harus dapat mematahkan pertahanan tanaman, baik pertahanan kimia maupun pertahanan fisik agar tetap survive. Oleh karena itu pada makalah ini, penulis akan membahas bagaimana cara serangga mematahkan pertahanan tanaman. Beberapa cara serangga mematahkan pertahanan tanaman, akan diuraikan dalam pembahasan ini:

A. Sistem detoksifikasi serangga herbivore dengan mengaktifkan peran sistem *mixed-function oxidase* (MFO).

Banyak tanaman yang dimakan serangga mengandung allelokimia yang bersifat racun. Racun tersebut harus dinetralkan agar dapat mengkonsumsi jaringan tanaman. Salah satu cara serangga menetralkan racun adalah polisubstrat monooksigenase (PSMOs) atau disebut sistem mikrosomal *mixed-function oxidase* (MFO) yang sebenarnya secara genetik sudah ada pada tubuh serangga. MFO terletak pada retikulum endoplasma sel beberapa jaringan organisme eukariot. MFO diketahui memiliki peran dalam degradasi dan deaktivasi primer obat-obatan lipofilik, pestisida dan senyawa sintetik lainnya, karena kemampuannya mengubah allelokimia menjadi lebih polar, senyawa reaktif yang selanjutnya dimetabolisme enzim-enzim sekunder. Salah satu

enzim sekunder adalah Cytochrome P₄₅₀ yaitu suatu enzim berwarna merah (*red-coloured*). Tingkat aktivitas cytochrome P₄₅₀ dapat berbeda tergantung pada herbivore. Spesies yang makan tanaman kaya monoterpen, dari famili Myrtaceae, Rutaceae, Solanaceae cenderung lebih tinggi dari pada sepsies yang hidup pada Papilionoideae, Plantaginaceae dan Poaceae (Ahmad, 1982 ; Schoonhoven, 1997). Beberapa sistem enzim yang berperan dalam detoksifikasi allelokimia dapat dilihat pada gambar beikut ini.



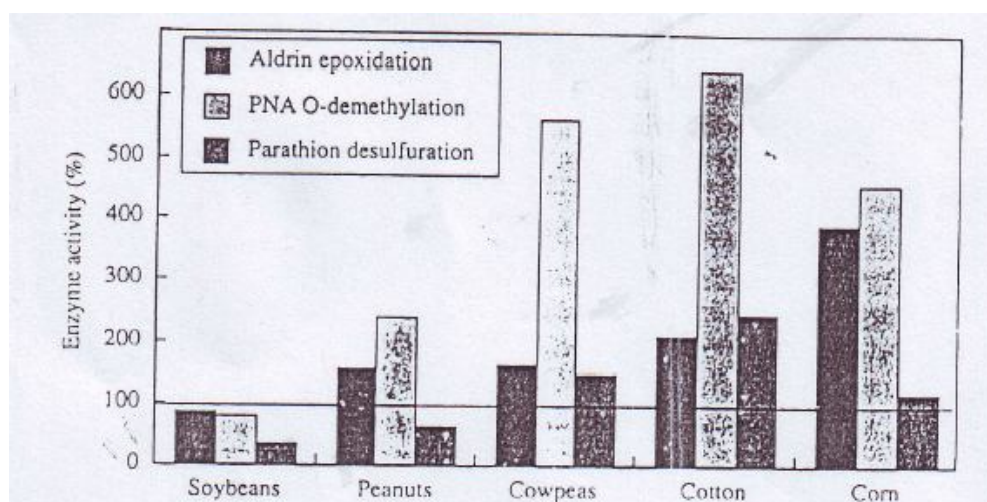
Gambar 1. Beberapa sistem enzim yang berperan dalam detoksifikasi allelokimia serangga.

Pada serangga aktivitas MFO terjadi dalam saluran pencernaan, lemak tubuh dan tubulus Malpighian. Aktivitas dalam saluran pencernaan secara umum lebih tinggi dari pada dalam jaringan lain serangga herbivore misalnya *Spodoptera eridania*, *Lymantria dispar* L., dan *Gramphodorhina portentosa* (Schaum). Saluran pencernaan merupakan organ pertama yang mendetoksifikasi allelokimia, sehingga aktivitas MFO tinggi dalam jaringan organ pencernaan ini. Detoksifikasi pada tempat ini sangat penting sebagai lini pertahanan pertama sebelum masuk ke hemolimf. Selain itu, lini pertahanan kedua dari aktivitas MFO untuk menetralkan racun berlangsung pada jaringan lemak tubuh (Ahmad, 1982 ; Schoonhoven, 1997).

Pada larva Lepidoptera generalis memiliki aktivitas MFO yang lebih tinggi dari pada serangga spesialis. Pada serangga aktivitas MFO akan meningkat atau menurun tergantung tergantung fase perkembangan. Sebagai contoh, ngengat gypsy aktivitas menurun selama

molting, tetapi aktivitas meningkat pada instar yang lebih tinggi (Ahmad, 1982 ; Schoonhoven, 1997). Dengan kata lain aktivitas MFO akan meningkat ketika serangga membutuhkan makanan.

Induksi MFO oleh allelokimia tanaman dapat meningkatkan toleransi terhadap insektisida botani, racun dan allelokimia. Sebagai contoh ulat tentara toleran terhadap nikotin karena diinduksi oleh α -pinene (Ahmad, 1982 ; Schoonhoven, 1997). Contoh kasus lain, larva ulat tembakau *Spodoptera frugiperda* adalah serangga polifag, dapat meningkatkan aktivitas MFO yang bervariasi tergantung pada jenis makanan tanaman inang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Aktivitas MFO yang bervariasi tergantung pada jenis makanan tanaman inang

Dari uraian di atas artinya sistem MFO merupakan salah satu cara serangga mematahkan pertahanan tanaman. Diduga karena serangga memiliki sistem MFO, maka serangga dapat membentuk biotipe baru untuk mematahkan pertahanan varietas tanaman unggul. Biotipe adalah populasi yang mampu merusak dan bertahan hidup pada tanaman yang diketahui resisten terhadap populasi lain dari spesies yang sama. Terjadinya atau adanya biotipe ini diperkuat oleh evolusi resistensi. Banyak biotipe terjadi pada kutudaun (*Aphididae*) sudah diketahui sekitar 20 biotipe yang tergolong dalam lima spesies. Karena kutudaun berkembang baik secara partenogenetik, mutasi pada satu individu yang menyebabkan dapat bertahan hidup pada varietas yang resisten, akan dengan cepat membentuk biotipe baru (Schoonhoven, 1997).

B. Menghindari pertahanan fisik

Serangga-serangga juga telah berevolusi dengan banyak cara untuk menghindari berbagai pertahanan fisik seperti duri daun, rambut-rambut dan trikhoma. Walaupun beberapa karakteristik morfologi tanaman tersebut dapat menjadi penarik serangga untuk meletakkan telurnya. Larva sejenis kupu-kupu *Mechanitis istmia* dapat mengelakkan trikhoma dengan memimtal seperti gantungan sutra sehingga larva tersebut dapat berjalan dan makan daun secara normal. Contoh lain adalah larva ngengat *Pardasena* sp dapat mematahkan trikhoma di daun *Solanum coccineum* Jacq sebelum memakan daun (anonim, 2006). Selain itu, terdapat beberapa larva Lepidoptera penggulung daun pisang untuk menghindari cahaya.

C. Menghindari atau mengatasi allelokimia tanaman

Evolusi dari metabolit pertahanan di dalam tumbuhan berjalan bersamaan dengan perkembangan herbivora dengan satu kemampuan mendeteksi zat-zat kimia ini, menghindari jaringan tanaman yang tinggi kadar allomonnya, dan lebih memilih menyerang tanaman yang dalam keadaan lemah karena stress. Namun senyawa racun konsentrasi tinggi termakan oleh herbivore serangga spesialis, serangga ini harus mampu memprosesnya untuk keuntungan. Serangga herbivore telah mematahkan pertahanan allelokimia tumbuhan dengan menggunakan berbagai mekanisme detoksifikasi yang juga membentengi tanaman inangnya. Beberapa zat racun dapat dimanfaatkan untuk produksi feromon oleh serangga herbivore atau bahkan untuk mempertahankan diri, bila ini berhasil selanjutnya allelokimia tanaman dijadikan nutrisi dan kairomon (Schoonhoven, 1997; Bell and Carde, 1984).

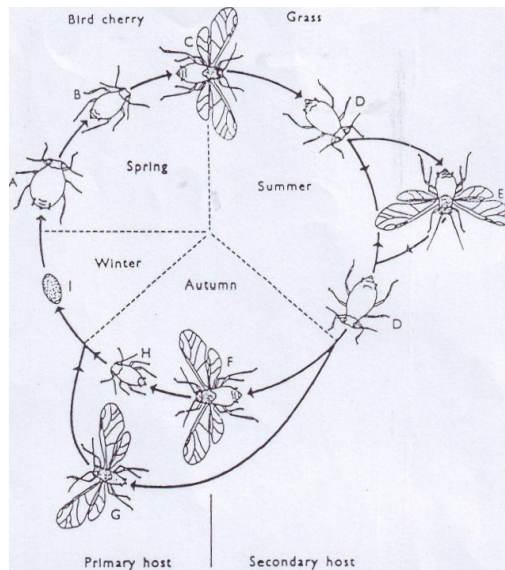
D. Pemanfaatan relung-relung alternatif

Larva atau serangga dewasa dapat berpindah dari satu daun tua ke daun yang muda sebagaimana dilakukan oleh ngengat di Eropa, perpindahan ini dilakukan untuk menghindari kandungan tannin dari musim yang sebelumnya atau pindah dari pohon ke semak – semak dapat menyebabkan perbaikan dalam efisiensi makanan dan pertumbuhan. Kadang-kadang serangga herbivora menghindar makan atau bertelur pada substrat tanaman yang tidak sesuai. Agar mendapat substrat tumbuhan yang cocok serangga dapat pindah ke bagian organ tanaman lain atau ke tanaman yang berbeda. Tujuan perpindahan serangga adalah untuk mendapatkan daun dengan kadar air dan nitrogen yang lebih tinggi. Apabila serangga memilih bagian tanaman

dengan kadar air dan nutrisi optimal, mereka lebih menyukai daun-daun yang muda dari pada daun yang tua, akan tetapi serangga-serangga generalis menghindari daun-daun yang muda, karena kandungan allelokimia tinggi. Berbeda dengan serangga spesialis akan lebih menyukai tanaman muda dengan kadar allelokimia tinggi karena memiliki toleransi terhadap toksin yang dihasilkan oleh inang-inang khusus (Schoonhoven, 1997).

Musim panas dan dingin serangga-serangga berpindah tanaman inang ke famili tanaman yang lain. Sebagai contoh aphid *Hyalopterus pruni* makan selama musim panas pada tanaman *Phragmites communis* dan pada musim dingin beralih ke *Prunus*. Apakah yang membuat aphid migrasi pada akhir musim, sepertinya karena musiman perubahan fotoperiodik, temperatur dan fisiologi tanaman yang membentuk morfologi tertentu (Schoonhoven, 1997). Diduga selain adanya perubahan cirri-ciri fisik pada tanaman inang juga terjadi perubahan komposisi atau konsentrasi allelokimia tanaman sehingga serangga menghindar dari tanaman inang ke tanaman inang lain.

Musim mengubah kelimpahan serangga di tanaman inang, demikian juga spesies lain. Cicada *Muellerianella fairmairrei* insekta bivoltin di Eropa barat. Serangga ini bertelur pada musim semi di *Holcus lanatus* (Gramineae), tetapi betina generasi kedua pada perubahan musim berikutnya hanya memerima *Jucus effuses* (Juncaceae) untuk meletakkan telurnya. Contoh lain ditemukan pada beberapa Lepidoptera bivoltin yang mengubah tanaman inang berbeda pada keturunannya atau aphid *Rhopalosiphum padi* pada setiap pergantian musim akan berganti tanaman inang (Schoonhoven, 1997). Berikut ini gambar contoh siklus hidup aphid heteroecious, *Rhopalosiphum padi* yang memperlihatkan terjadinya perpindahan dari inang sekunder ke inang primer atau sebaliknya.



Gambar 3. Siklus hidup aphid heteroecious, *Rhopalosiphum padi* yang memperlihatkan terjadinya perpindahan dari inang sekunder ke inang primer atau sebaliknya.

E. Menggunakan mikroorganisme (simbiosis)

Asosiasi mikroba - tumbuhan dan mikroba - serangga tampaknya menguntungkan untuk meningkatkan metabolisme tumbuhan dan serangga, menambah efisiensi penyebaran dan menambah terdapatnya relung bagi tumbuhan, serangga dan mikroba. Beberapa serangga mempunyai kemampuan asosiasi obligat dengan mikroorganisme prokariotik atau eukariotik, yang berhubungan dengan ekstraseluler atau intraseluler.

Kemampuan serangga untuk memanfaatkan makanan tergantung pada kehadiran mikroba yang terdapat pada sejumlah herbivore. Bakteri, ragi, dan fungi uniseluler lainnya serta protozoa yang ada pada saluran pencernaan serangga herbivore bertujuan degradasi makanan dan sintesis nutrisi tanaman seperti sterol, selulosa, beberapa vitamin, 10 asam amino yang tidak dapat diambil langsung dari tanaman, karena selain tidak ada enzim khusus pada herbivore juga harus menetralkan atau degradasi allelomimia. Oleh karena itu, kehadiran mikroba membantu menyediakan enzim-enzim yang dapat mendegradasi allelokimia tanaman sehingga makanan dapat dicerna (Schoonhoven, 1997; Borror, 2005; Price, 1997).

Beberapa mikroorganisme dalam saluran pencernaan misalnya aphid *Myzus persicae* menghasilkan seluruh asam amino esensial kecuali empat asam amino disuplai dari tanaman inang. Serangga ada yang dapat mentolerir tanaman inang kaya senyawa toksik, walau bagaimana harus ada mekanisme pencegahan. Pada beberapa kasus detoksifikasi simbiotes diketahui sebagai aktor mengubah allelokimia inang menjadi senyawa aman. Kumbang

tembakau *Lasioderma serricorne*, sebagai inang ragi yang mengkatabolisme berbagai xenobiotik termasuk plafonoid dan tannin (Schoonhoven, 1997).

Pemanfaatan mikroorganisme oleh serangga membantu mengatasi pertahanan tanaman, karena mikroorganisme mempunyai relung yang luas akan sifat yang menguntungkan untuk pertumbuhan serangga, perkembangan, survival dan reproduksi. Dengan demikian simbiosis dengan mikroorganisme terbukti mampu mematahkan pertahanan tanaman.

F. Beberapa perilaku menghindar

Beberapa serangga makan tanaman waktu malam hari untuk menghindari aktivasi allelokimia. Ploem biasanya mengandung allelokimia yang rendah dibandingkan jaringan lain, oleh karena itu biasanya serangga menginjeksikan saliva pada makanannya untuk mendetoksifikasi allelokimia, sehingga makanan dapat dicerna (Schoonhoven, 1997).

Penutup

Beberapa cara serangga meng *counter* pertahanan tanaman adalah sebagai berikut :

1. Mendetoksifikasi allelokimia dengan mengaktifkan peran sistem *mixed-function oxidase* (MFO) yang ada pada saluran pencernaan, jaringan lemak dan tubulus malpighi, sehingga racun yang dihasilkan tanaman dapat dinetralkan.
2. Menghindari pertahanan fisik, dengan cara memintal trikhoma seperti gantungan sutra sehingga larva tersebut dapat berjalan dan makan daun secara normal dan penggulung daun untuk menghindari cahaya.
3. Menghindari atau mengubah allelokimia tanaman menjadi nutrisi dan khairomon, Serangga lebih memilih menyerang tanaman yang dalam keadaan lemah karena stress. Beberapa zat racun dapat dimanfaatkan untuk produksi feromon, nutrisi dan kairomon.
4. Pemanfaatan relung-relung alternative dengan cara, berpindah dari satu daun tua ke daun yang muda, atau ke tanaman yang berbeda. Tujuan perpindahan serangga adalah untuk menghindari perubahan pertahanan fisik dan perubahan kimia tanaman.

5. Menggunakan mikroorganisme (simbiosis), mikroba seperti bakteri, ragi, dan fungi uniseluler lainnya serta protozoa yang dapat menetralkan dan mendegradasi allelokimia tanaman yang berhubungan dengan pencernaan ekstraseluler atau intraseluler
6. Beberapa perilaku menghindar
Beberapa serangga makan tanaman waktu malam hari untuk menghindari aktivasi allelokimia.

Pustaka

- Ahmad, S. 1982. *Roles of Mixed-Fuction Oxidates in Insects Herbivory*. Proc. 5th int, Symp. Insect-Plant Relationships, Wageningen.
- Anonim, 2006. *Plant-Insect Interactions*. ([http:// www.wisc.edu/ent473/lecture12.htm](http://www.wisc.edu/ent473/lecture12.htm). Diakses tanggal 9 Juli 2006).
- Bell, W., and Carde, R. T., 1984. *Chemical Ecology of Insects*. Sinauer Associates, INC-Publisher Sunderland, Massachusetts.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A., dan Johnson, N.F., 2005. *Study of Insects*. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. Australia, Canada, Singapura, Spain, United Kingdom, United Stated.
- Price, P.W., 1998. *Insect Ecology*. Third Edition. Jhon Wiley & Sons Inc. New York. Chichester, Weinkeim, Brisbane, Singaopre, Toronto.
- Schoonhoven, L.M., Jermy, T and Van Loon, J.J.A., 1997. *Insect-Plant Biology (from Physiology to Evolution)*. Chapman &Hall. London-Glasgow. New York. Tokyo. Melbourne. Madras.