

**PENANDAAN SERANGGA HAMA DENGAN RADIOISOTOP UNTUK
STUDI POLA PEMENCARAN, MIGRASI DAN ESTIMASI
KEPADATAN POPULASI**

Singgih Sutrisno

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN, Jakarta

ABSTRAK

PENANDAAN SERANGGA HAMA DENGAN RADIOISOTOP UNTUK STUDI POLA PEMENCARAN, MIGRASI DAN ESTIMASI KEPADATAN POPULASI Untuk mempelajari perilaku serangga di dalam habitatnya seperti pemencaran, migrasi dan jarak terbang diperlukan serangga bertanda agar dapat dilakukan peruntukan pergerakannya. Salah satu metoda yang mempunyai prospek baik untuk penandaan internal adalah dengan penggunaan radioisotop. Radioisotop yang digunakan untuk penandaan serangga antara lain ^3H , ^{32}P , ^{14}Ca , ^{45}K , ^{35}S , ^{59}Fe , ^{60}Co , dan ^{14}C . Penandaan serangga dengan isotop lebih menguntungkan dibandingkan dengan zat warna karena isotop yang digunakan dapat terikat pada jaringan, misalnya ^3H , ^{32}P , ^{14}Ca , K , ^{131}I . Sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis radioisotop perlu diperhatikan waktu berlangsungnya percobaan. Hal ini perlu dilakukan karena telah ditemukan beberapa jenis radioisotop ternyata toksik pada serangga walaupun mempunyai waktu paruh yang memadai yaitu ^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{86}Rb , ^{110}Ag , ^{115}Cd , dan ^{131}I . Syarat yang harus dipenuhi untuk penandaan serangga dengan radioisotop ialah aman terhadap serangga, aman terhadap lingkungan, mudah diterapkan, materi mudah didapat dan diterima oleh masyarakat. Radioisotop ^{32}P dengan dosis yang tepat memenuhi syarat untuk digunakan dalam penelitian ini karena mempunyai waktu paruh yang relatif pendek, yaitu 14,3 hari. Penandaan dengan isotop yang lain ialah penandaan serangga dengan isotop stabil seperti misalnya rubidium yang dapat dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau dapat pula diubah menjadi bentuk radioisotop agar dapat dideteksi. Bila yang digunakan adalah isotop stabil maka contoh hasil percobaan dapat disimpan dalam waktu yang lama, sehingga analisis sampel dapat dilakukan menurut waktu yang dikehendaki. Unsur stabil dapat diubah menjadi radioisotop melalui penembakan dengan neutron di dalam reaktor nuklir atau akselerator. Selanjutnya unsur yang telah mengalami aktivasi tersebut dapat diidentifikasi dengan pencacah sintilasi padat, dengan sistem analisis salur banyak atau dapat pula dideteksi dengan autoradiografi.

ABSTRACT

LABELING OF PEST INSECTS USING RADIOISOTOPES TO STUDY DISPERSAL PATTERN, MIGRATION AND ESTIMATION OF POPULATION DENSITY. To study insects behaviour in their habitat such as dispersal, migration and flight range, insects are needed to be labelled to trace their movement. One of the most promising labeling methodology for internal labeling is the use of radioisotopes. Radioisotopes that have been used for labeling insects are ^3H , ^{32}P , ^{14}Ca , ^{45}K , ^{35}S , ^{59}Fe , ^{60}Co , and ^{14}C . Insect labeling with isotopes has more advantages as compared to dyes due to isotopes used for labeling is bonded to the tissue such as ^3H , ^{32}P , ^{14}Ca , K , ^{131}I . Several consideration have to be taken to determine isotopes that will be used inline with the time consuming for experiments. This have to be carried out due to the fenomena that several isotopes are toxid to insects such as ^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{86}Rb , ^{110}Ag , ^{115}Cd , and ^{131}I . Precautions have to be fulfilled for insect radiolabeling which are save to insects, environment, easy to apply, materials are available and acceptable to the public. Radioisotope ^{32}P with a correct dose is very convenience to be used in such experiments due to its relatively short half live, which is only 14.3 days. If it is an stable isotope it can be kept for a long time so the sample analized can be conducted convenience for long periods of time. Stable elements such as Rb can be changed to be radioisotopes by bombardement of neutrons in a nuclear reactor or acelerator. Then the element that has been activated can be identified using solid scintillation counter, multychannel analyzer or can be detected using autoradiography.

PENDAHULUAN

Penelitian tentang penandaan serangga selalu dikaitkan penggunaannya untuk studi perilaku gerakan serangga di habitatnya. Perilaku gerakan serangga di habitatnya seperti pemencaran serangga, migrasi, jarak terbang, dan kepadatan populasi memiliki kaitan erat dengan masalah kerusakan pada lahan pertanian karena akan membentuk sumber infestasi baru. Perilaku gerakan serangga tersebut dapat dipelajari dengan menggunakan serangga yang diberi tanda karena dapat diikuti gerakannya.

Menurut SOUTHWOOD (1) penandaan serangga dan hewan lain ialah sbb:

- a. Penandaan dengan cat, yaitu dengan cara memberi cat pada bagian luar tubuh
- b. Penandaan eksternal dengan zat warna dan zat berfluoresensi
- c. Penandaan dengan label, yaitu dengan cara pemberian label yang ditempelkan pada tubuhnya.
- d. Penandaan dengan merusak sebagian anggota badan
- e. Penandaan dengan suntikan
- f. Penandaan dengan pemberian makan zat warna
- g. Penandaan dengan gen dan mutan
- h. Penandaan dengan radioisotop

Penandaan serangga yang sering dilakukan ada 2 macam yaitu dengan pewarna dan dengan radioisotop. Serangga yang diberi tanda dengan zat warna dengan mudah dapat dilihat bedanya dari yang lain, cara identifikasi serangga yang diberi tanda dengan zat yang berfluoresensi dilakukan dengan menggunakan bantuan sinar ultra violet. Tujuan penandaan dengan pewarna ialah untuk menandai serangga non Lepidoptera karena mempunyai sisik atau *scale* yang mudah lepas sehingga mengurangi efisiensi penandaan. Sedangkan radioisotop dapat digunakan untuk semua jenis serangga karena merupakan penandaan internal yang tidak mudah lepas.

Radioaktivitas pada serangga bertanda dapat dicacah dengan menggunakan pencacah antara lain Geiger Müller (GM), pencacah sintilasi padat atau dengan pencacah sintilasi cairan. Isotop stabil seperti misalnya rubidium dapat digunakan untuk penandaan serangga dan dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau dapat pula diubah menjadi bentuk radioisotop agar dapat dideteksi. Unsur stabil dapat diubah menjadi radioisotop melalui penembakan dengan neutron di dalam reaktor nuklir atau akselerator. Unsur yang telah mengalami aktivasi tersebut mempunyai karakteristik puncak sinar gamma dan selanjutnya dapat diidentifikasi dengan pencacah sintilasi padat, dengan sistem analisis salur banyak atau dapat pula dideteksi dengan autoradiografi.

PENANDAAN SERANGGA SECARA KONVENSIONAL DENGAN ZAT WARNA/ZAT YANG BERFLUORESENSI

Penandaan dengan zat warna/zat yang berfluoresensi dapat dilakukan secara oral atau dengan menempelkan zat warna itu pada bagian di luar tubuh. Penandaan di bagian luar tubuh dengan zat warna/zat yang berfluoresensi kurang efisien karena mudah lepas, terutama untuk serangga jenis Lepidoptera yang bagian luar tubuhnya berupa sisik yang sangat mudah lepas.

Penandaan serangga dengan zat warna untuk penandaan secara individu yang dapat bertahan dalam kurun waktu yang lama telah dilakukan oleh Wineriter dan Walker (2). Zat warna tersebut hanya lepas sebesar 50 % setelah 6 minggu. Serangga yang diberi tanda pada percobaan tersebut ialah dari Ordo Coleoptera dan Orthoptera yang serangga dewasanya pada umumnya berumur lebih dari 2 bulan, dan karena itu diperlukan teknik penandaan yang dapat mempertahankan zat warna tersebut cukup lama di tubuh serangga. Dengan demikian teknik penandaan serangga yang cocok untuk kelompok serangga tersebut ialah dengan cara pengecatan tubuh serangga. Berbeda dari penandaan seperti tersebut di atas, penandaan pada serangga-serangga dari Ordo Lepidoptera tidak memerlukan penandaan yang dapat bertahan lama karena umur ngengat/kupu dari Ordo Lepidoptera pendek, yaitu $\pm 10 - 15$ hari. Walaupun penggunaan zat penanda pada Lepidoptera ini hanya untuk waktu yang relatif pendek namun pengaruh hujan perlu dipertimbangkan karena air hujan dapat mengurangi efektivitas penandaan. Dosis penandaan serangga perlu mendapat perhatian karena seperti pada *Plutella xylostella* (L.), penyemprotan zat warna yang berlebihan dapat menyebabkan kematian (3).

Aplikasi penandaan serangga dengan zat warna telah secara luas digunakan dalam penelitian di dalam habitatnya untuk mempelajari perlakunya dengan cara *teknik release and recapture*. Serangga dari Ordo Diptera yang diberi tanda dengan zat warna antara lain untuk penandaan lalat ternak *Cochlyomya hominivorax* (Coquerel) (4), dengan sodium yang berfluoresensi dan Day-Glo yang berfluoresensi (5) untuk nyamuk *Anopheles albimanus* Wiedemann. Di samping itu, Diptera lain yang telah diberi tanda dengan zat warna yaitu lalat ternak *Stomoxys calcitrans* Linne (6), yang juga dapat diberi tanda zat warna yang berfluoresensi yaitu Day-Glo, rocket red, saturn yellow, horizon blue dan signal green. Rawlings dan Davidson (7) menandai nyamuk *Anopheles culicifacies* Giles dengan bubuk yang berfluoresensi pula. Zat warna yang berfluoresensi Day-Glo juga digunakan untuk penandaan ordo Lepidoptera yaitu

Sitotroga cerealella Oliver (8). Zat warna sebagai zat penanda pada serangga Ordo Lepidoptera yang lain ialah BASF Sudan Blue 670, BASF Sudan Schwartz X 60, Calco Violet dan Calco Oil Red N-1700 untuk penandaan internal *Chilo partellus* (Swinhoe) (9). Ngengat *Plutella xylostella* (L) dapat dengan mudah diberi tanda dengan Solar Blue, Acid B.M. Green, Solar R.B. dan Asam scarlet B.A. (3). Selain itu ngengat *Carposina nipponensis* Linne dapat diberi tanda internal dengan Sudan Blue 670 (10) dan ngengat *Agrotis ypsilon* (Hufnagel) dapat diberi tanda internal dengan Calco Red N-1700 (11). Pada ngengat *Chilo partellus* (Swinhoe) dan *Chilo nipponensis* (Swinhoe) penandaan internal dengan zat warna yang berfluoresensi tersebut tidak menunjukkan perbedaan umur dan berat pupa dibandingkan dengan serangga normal yang tidak diberi tanda. Tetapi pada *Agrotis ypsilon* Hubn, penandaan dapat berpengaruh pada umur ngengat (11).

PENANDAAN SERANGGA DENGAN RADIOISOTOP

Untuk mendapatkan kemajuan yang berkelanjutan dalam pengelolaan hama maka dengan radioisotop dapat diperoleh pengetahuan yang rinci secara terus-menerus tentang hama, biologi hama, ekologi, perilaku, parasit, predator, penyakit, dan interaksinya dengan hama yang lain. Bagi keperluan perencanaan pengendalian hama yang baik, pengetahuan yang mendalam tentang serangga menjadi suatu keharusan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa serangga merupakan bagian terbesar dari Arthropoda. Penandaan serangga dengan radioisotop (perunut) dapat memberikan banyak informasi yang diperlukan dalam mempelajari populasi serangga. Menurut Cromroy (12), metodologi perunut terdiri atas dua teknik,

1. Penggunaan perunut radioisotop untuk mengikuti jalan radioisotop dalam sistem fisika, sistem kimia, atau sistem biologi. Sedangkan penggunaan radioisotop dalam bidang entomologi dilakukan antara lain untuk mempelajari pemencaran serangga dan identifikasi predatornya di dalam suatu studi ekologi.
2. Pengenceran perunut radioaktif, adalah teknik yang bermanfaat untuk penentuan massa yang dapat saling bertukar dari suatu substansi di dalam sistem. Prinsip pengenceran radioisotop adalah bahwa dalam suatu waktu yang tertentu konsentrasinya berbanding terbalik dengan massa yang dapat ditukar dengan massa perunut yang dapat bercampur secara homogen.

Kedua teknik ini telah digunakan di dalam penentuan dinamika populasi serangga di lapang. Bila diketahui jumlah serangga bertanda yang dilepas, jumlah serangga yang tertangkap

di dalam perangkap, jumlah serangga tidak bertanda yang tertangkap di dalam perangkap, maka estimasi jumlah populasi di daerah tersebut dapat dihitung. Hubungan antara estimasi jumlah serangga jantan alami per hektar (N) dan jumlah serangga jantan alami yang tertangkap per perangkap per malam (n) dihitung dengan analisis persamaan regresi linier yang sederhana (n variabel bebas dan N variabel tidak bebas). Variabel bebas yang lain ialah m yang merupakan serangga jantan bertanda yang tertangkap per malam dan M adalah jumlah serangga jantan bertanda yang dilepas per hektar (13).

$$N = (n/m) M \quad (1)$$

Radioisotop yang digunakan untuk penandaan serangga antara lain ^3H , ^{32}P , ^{14}Ca , ^{45}K , ^{35}S , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{14}C . Penandaan serangga dengan isotop lebih menguntungkan dibandingkan dengan zat warna karena isotop yang digunakan itu dapat terikat pada jaringan. Sebagai bahan pertimbangan pemilihan jenis radioisotop perlu diperhatikan waktu berlangsungnya percobaan. Hal ini dilakukan karena telah ditemukan beberapa jenis radioisotop yang ternyata toksik pada serangga yaitu ^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{86}Rb , ^{110}Ag , ^{115}Cd , dan ^{131}I (14). Dengan demikian untuk memilih jenis radioisotop yang tepat perlu dipertimbangkan beberapa hal (1) :

1. Sifat nuklir zat radioaktif

Setiap jenis radioisotop mempunyai spesifikasi tertentu yaitu umur paruh, jenis radiasi dan energi yang dipancarkan. Umur paruh radioisotop sangat penting dalam pemilihan jenis radioisotop yang akan digunakan dalam penelitian karena akan disesuaikan dengan umur serangga dan waktu percobaan.

2. Sifat difusi zat radioaktif

Sifat kemudahan terserap oleh tubuh serangga tertentu yaitu dengan menggunakan zat kimia tertentu yang sesuai dengan metabolisme jenis serangga.

3. Aspek ekologi

Beberapa aspek ekologi serangga antara lain habitat serangga, lama siklus hidup, rantai makanan dan kemungkinan kontaminasi terhadap lingkungan.

Aktivitas radioaktif yang digunakan dalam eksperimen dihitung berdasarkan rumus peluruhan unsur radioaktif sebagai berikut (15) :

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

N_t = banyaknya atom unsur radioaktif yang tinggal setelah mengalami peluruhan selama waktu t

N_0 = banyaknya atom radioaktif pada keadaan awal
 λ = konstante peluruhan Hubungan antara lamda (λ) dengan waktu paruh adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{0,5}}$$

$T_{0,5}$ = waktu paruh

Dengan memasukkan nilai λ pada rumus di atas, maka :

$$N_t = N_0 e^{-\frac{0,693}{T_{0,5}} t} \quad (3)$$

Rumus tersebut dapat pula ditulis dalam bentuk aktivitas :

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

A_t = aktivitas unsur radioaktif pada waktu t

A_0 = aktivitas awal

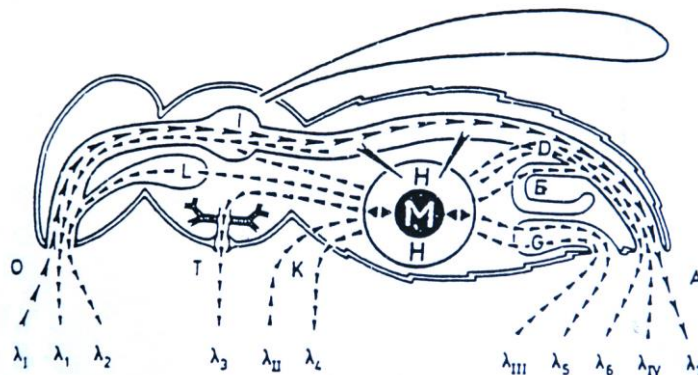
Selanjutnya rumus di atas dapat ditulis :

$$A_t = A_0 0,5^{t/T_{0,5}} \quad (4)$$

Radioisotop yang ideal digunakan untuk percobaan lapang ialah ^{32}P . Radioisotop ini merupakan pemancar sinar beta kuat dengan energi 1,72 Mev sangat mudah dideteksi dengan semua alat deteksi radioisotop, misalnya GM counter, liquid scintillation counter. Unsur radioaktif ^{32}P sendiri dapat bersatu dengan sel/jaringan sehingga tidak mudah hilang.

JALAN PENGAMBILAN DAN ELIMINASI RADIOISOTOP MELALUI TUBUH SERANGGA SEBAGAI DASAR FISIOLOGI DARI PENELITIAN PENANDAAN DENGAN MENGGUNAKAN RADIOISOTOP

Gambar 1 seperti berikut ini adalah menunjukkan jalan atau saluran pengambilan dan eliminasi radioisotop melalui tubuh serangga.



Gambar 1. Jalan pengambilan dan eliminasi radioisotop melalui tubuh serangga : sumber Kloft (16).

Keterangan :

Jalan (saluran) pengambilan

- λ I. melalui alat mulut dan sistem pencernaan makanan
- λ II. melalui kutikula
- λ III. transfer melalui sperma atau sekresi "auxiliaris" dari serangga jantan yang bertanda selama kopulasi.
- λ IV. melalui anus selama respirasi rektal dan atau osmoregulasi

Jalan (saluran) eliminasi

- λ 1. dengan regurgitasi (pemuntahan) dari saluran alimentaris di dalam serangga sosial.
- λ 2. zat perunut yang dibawa oleh haemolympha masuk kelenjar ludah (L) melalui epitel dan disekresikan dengan ludah.
- λ 3/4. zat perunut dikeluarkan selama respirasi ($^{14}\text{CO}_2$ yang dikeluarkan) melalui sistem tracea (T) atau selama transpirasi (^3H) melalui kutikula (K) bersama dengan sekresi kutikula atau feromon.
- λ 5. zat perunut dieliminasi oleh ngengat betina melalui telur yang dikeluarkan, larva vivipar atau sekresi auxiliaris seperti sperma dan sekresi oleh serangga jantan. Pengukuran radioaktivitas di dalam sperma dan sekresi merupakan satu-satunya teknik yang secara definitif dapat menentukan daya saing kawin dalam teknik jantan mandul terutama pada serangga yang tidak menggunakan spermatofor dalam perkawinan.
- λ 6. zat perunut diekskresikan melalui tubulus Malpighi dan bagian belakang saluran pencernaan.
- λ 7. zat perunut diekskresikan melalui Feces setelah perunut melalui saluran makanan secara normal.

Penandaan serangga (hewan) dengan isotop radioaktif telah dibahas di atas namun isotop stabil adalah unsur tanah jarang dapat pula digunakan untuk penandaan serangga karena unsur tanah jarang ini ada di dalam tubuh serangga tetapi konsentrasinya sangat kecil sekali sehingga kadang-kadang tidak terdeteksi. Unsur Europium telah digunakan untuk penentuan jenis-jenis predator dengan cara penandaan serangga yang dijadikan mangsa (17). Unsur tanah jarang Rubidium dapat secara baik digunakan untuk penandaan *Anthonomus grandis* Boheman yang digunakan untuk mempelajari pemencarannya di kebun kapas, dan penandaan wereng *Nilaparvata lugens* Stal dan *Sogatella furcifera* Horvath dalam studi aktivitas terbang di lapang (18).

PEMENCARAN, MIGRASI DAN ESTIMASI KEPADATAN POPULASI

Lebih lanjut, menurut Hassell dan Southwood (17) dilaporkan bahwa strategi gerakan serangga hanya ada dua macam yaitu gerakan di dalam habitatnya disebut pemencaran dan gerakan ke luar habitat yaitu dari habitat yang satu ke habitat yang lain disebut migrasi.

Menurut Andrewartha (19) hewan mempunyai tiga cara untuk pemencaran:

- a. Ikut terbawa oleh arus angin atau air, misalnya pada belalang yang ikut terbawa angin pada ketinggian yang jauh dari darat
- b. Berjalan atau terbang, misalnya pada *Heliothis* (*Helicoverpa*) *armigera*
- c. Melekat pada obyek (benda) bergerak, misalnya pemencaran parasit.

Teori gerakan atom Brown dalam fisika berasal dari Robert Brown seorang ahli botani. Pada tahun 1928 ia menemukan adanya pergerakan tidak teratur tepung sari tersuspensi dalam air tanpa henti. Dalam ilmu fisika, teori gerakan atom ini dikembangkan dan kemudian dikenal dengan nama teori difusi. Teori difusi ini tidak hanya dapat digunakan di dalam bidang fisika saja tetapi juga dapat digunakan untuk mendeskripsikan pemencaran kelompok serangga (20). Pemencaran serangga ini diasumsikan bergerak secara bebas, tidak tergantung kepada individu yang lain, bergerak secara acak dan tidak terpengaruh oleh faktor luar (20, 21, 22, 23).

Pendekatan pemencaran serangga berdasarkan teori difusi tersebut di atas ialah dengan menggunakan model matematika. Definisi model matematika ialah suatu presentasi yang tidak sempurna dan bersifat abstrak dari elemen-elemen yang konkrit atau struktur dan fungsi sistem yang konkrit (24, 25). Sifat dasar dari model ini ialah berbentuk interaksi antara elemen-elemen ekosistem atau berupa proses penterjemahan suatu konsepsi fisika dan biologi ke dalam suatu bentuk persamaan matematika atau bentuk hubungan matematika (24).

Prinsip pemencaran serangga dengan model difusi dibahas oleh Pielou (22) dan Rudd dan Gandour (20). Rudd dan Gandour (20) mengembangkan teori ini dengan persamaan diferensial sebagai berikut :

$$dY / dt = D \delta^2 Y / \delta x^2 - k Y \quad (5)$$

Menurut Dobzhansky dan Wright dalam Southwood (1) pemencaran serangga antara lain dapat diukur heterogenitasnya berasal dari serangga yang memencar dari titik pusat pemencaran ke jarak yang dilaluinya. Kurva normal kurtosis menunjukkan heterogenitas pemencaran.

$$Ku = \frac{N \sum_{p=0 \rightarrow 1} d_p^4 n_p}{(\sum_{p=0 \rightarrow 1} d_p^2 n_p)^2} \quad (6)$$

N = jumlah serangga yang tertangkap dalam perangkap

d_p = jarak dari titik penangkapan kembali

Ku = kurtosis

p = titik penangkapan kembali

n_p = jumlah serangga tertangkap dalam perangkap pada titik-titik pengamatan yang sama jaraknya.

Suatu kurva normal mempunyai nilai $Ku = 3$, kurva datar $Ku > 3$ dan kurva curam $Ku < 3$, dan $3 > Ku < 3$ menunjukkan distribusi pemencaran serangga yang heterogen. Selanjutnya jarak yang dilalui dapat ditentukan dengan rumus jarak yang diusulkan oleh Clark dalam Southwood (1):

$$D = \left[\frac{\sum d^2}{N} \right]^{0.5} \quad (7)$$

d = jarak titik penangkapan dari titik pusat pelepasan

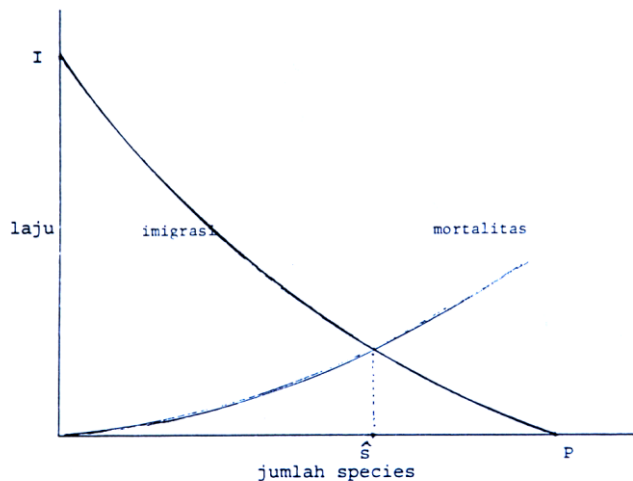
N = jumlah serangga yang tertangkap

D = jarak yang dilalui

Menurut Arthur dan Wilson dalam Odum (24) pemencaran serangga keluar dari habitatnya atau migrasi adalah tipe pemencaran yang menyangkut gerakan masal, misalnya pada serangga dan Arthropoda yang lain. Pola pemencaran seperti ini contohnya adalah pemencaran serangga dari pulau yang besar atau daratan yang luas ke pulau yang kecil, atau dari pulau ke

pulau. Selanjutnya menurut Metcalf dan Luckmann (26), serangga yang hidup di tempat yang baru ini akan cepat berkembang pada waktu sumber daya alam belum digunakan kemudian laju perkembangbiakan ini menurun setelah sumber daya alam terpakai. Laju kolonisasi spesies juga berkembang cepat oleh datangnya spesies yang cepat memencar, spesies yang pemencarannya lambat akan datang lebih lambat pula. Hal ini menyebabkan kurva imigrasi yang menurun cekung dan kurva mortalitas naik cekung pula karena sudah banyak jumlah dan jenis serangga serta predator sehingga terjadi kompetisi makanan dan predasi. Kurva keseimbangan imigrasi dan mortalitas ini dapat dilihat pada Gambar 2. (Arthur dan Wilson, 1967 dalam Metcalf dan Luckmann (26). Menurut Johnson (27) migrasi serangga dapat dibagi menjadi 3 klas yaitu :

- a. Serangga dewasa yang jangka hidupnya terbatas di dalam satu musim, migrasi, bertelur kemudian mati.
- b. Serangga yang migrasi dari habitat ke habitat, kemudian serangga yang sama kembali lagi setelah terjadi proses oogenesis, bertelur pada habitat yang pertama atau habitat yang lain. Beberapa spesies melakukan gerakan tersebut berkali-kali, kadang-kadang ada sebagian serangga yang meninggalkan habitat tersebut.
- c. Serangga yang melakukan migrasi dari suatu habitatnya ke suatu tempat untuk tidur dalam musim dingin atau aestivasi, biasanya berkumpul bersama-sama kemudian musim berikutnya mereka memencar dan minimal melakukan peneluran.



Gambar 2. Jumlah keseimbangan spesies S merupakan titik potong laju imigrasi dan mortalitas. I adalah titik awal imigrasi dan P adalah

jumlah spesies-spesies (Dikutip dari Arthur dan Wilson, 1967
dalam Metcalf dan Luckmann (26)

Informasi perpindahan serangga dari suatu tanaman inang tertentu ke tanaman inang yang lain pada waktu tertentu dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan strategi pengendalian. Sebagai contoh, pengendalian *Aphis* sebagai vektor penyakit virus daun penggulung pada kentang dan virus kuning pada tanaman bit di negara bagian Washington, Amerika Serikat, (28). Pada tanaman buah-buahan peach yang diduga sebagai sumber pemencaran (penularan) pada tanaman kentang dan bit telah dipelajari terjadi emigrasi pasca musim dingin yaitu pada musim semi. Penyemprotan insektisida pada tanaman peach pada musim semi ternyata dapat mencegah serangan penyakit pada kentang. Contoh lain yaitu serangga hama kepik, *Lygus* dan hama penggulung daun bit pada pasca musim dingin terdapat pada tanaman gulma di pegunungan jauh dari daerah pertanian. Penyemprotan lokasi tersebut pada pasca musim dingin, ternyata dapat mengurangi biaya penyemprotan di daerah pertanian, karena berkurangnya serangga hama yang melakukan migrasi ke daerah pertanian.

Dengan menggunakan teknik penandaan - pelepasan - penangkapan kembali menduga kepadatan populasi serangga pada titik-titik pengamatan karena dari percobaan dapat diketahui hubungan antara serangga jantan bertanda dan serangga jantan alami yang tertangkap pada perangkap yang dipasang di sekeliling titik pusat pelepasan pada jarak yang berbeda-beda. Kepadatan populasi serangga dapat diduga dengan asumsi serangga ini memencar pada habitatnya dan tidak terjadi migrasi ke habitat (daerah) lain.

KESIMPULAN

Perilaku gerakan serangga dalam habitatnya dapat dipelajari dengan baik bila menggunakan serangga bertanda karena pola gerakannya dapat dirunut. Perilaku gerakan serangga dalam habitatnya sangat penting dalam program pengendalian hama karena merupakan sumber dari infestasi pada suatu lahan. Penandaan serangga secara internal dengan radioisotop dengan dosis dan jenis radioisotop yang tepat lebih menguntungkan dibandingkan dengan penandaan secara konvensional dengan zat warna, karena radioisotop ter inkorporasi dengan jaringan sehingga tidak mudah hilang sedangkan penandaan dengan zat warna mudah hilang.

Radioisotop ^{32}P sangat ideal untuk penandaan serangga karena waktu paruh yang pendek yaitu 14,3 hari dan pemancar sinar beta kuat sehingga mudah dideteksi. Penandaan serangga dengan isotop stabil seperti misalnya rubidium yang dapat dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau dapat pula diubah menjadi bentuk radioisotop agar dapat dideteksi. Bila yang digunakan adalah isotop stabil maka contoh hasil percobaan dapat disimpan dalam waktu yang lama, sehingga analisis sampel dapat dilakukan menurut waktu yang dikehendaki. Unsur stabil dapat diubah menjadi radioisotop melalui penembakan dengan neutron di dalam reaktor nuklir atau akselerator.

DAFTAR PUSTAKA

1. Southwood, T.R.E. 1968. *Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Population*. Mathew and Co. Ltd., London, p. 391.
2. Wineriter, S.A. and Walker, T.J. 1984. Insect marking techniques durability of material. *Entomological News*, (95) 3: 117-118.
3. Sivapragasam, A., Saito, T., and Ito, Y. 1988. Marking adult diamond back moth *Plutella xylostella* (L.) and estimation of adult survival rate and population density in a cabbage field. *J. Appl. Ent. Zool.* (23) 3: 245.
4. Coppedge, J.R., Spencer, J.P., Brown, H.E., Whitten, C.J., Snow, J.W., and Wright, J.E. 1979. A new dye marking technique for the Screwworm. *J. Econ. Entomol.* (72) 1 : 40 – 42
5. Lowe, R.E., Schreck, C.E., Hobbs, J.H., and Lofgreen, C.S. 1975. Studies on flight range and survival of *Anopheles albimanus* Wiedemann in El Salvador II. comparisons of release methods with sterile and normal adults in wet and dry seasons. *Mosquito News.* (35) 2 : 161 - 162.
6. Gersabeck, E.F. and Merritt, R.W. 1985. Dispersal of dult *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera : Muscidae) from known immature developmental areas. *J. Econ. Entomol.* 78: 617-621.
7. Rawlings, P., and Davidson, G. 1982. The dispersal and survival of *Anopheles culicifacies* giles (Diptera : Culicidae) in a Sri Lankan village under malathion spraying. *Bull. Ent. Res.*, 139-144.
8. Barney, R.J., and Weston, P.A. 1996. Movement of Angoumois Grain moth (lepidoptera : Gelechiide) in a small-farm ecosystem. *J. environ. Entomol.* (25) 2 : 261 - 262.
9. Pats, P. 1989. A marking technique for *Chilo partellus* (swinhoe) (Lepidoptera : Pyralidae) by adding dye to the larval diet. *Insect Sci. Applic.* (10) 2: 117- 121.
10. Sun, I.Q., Zhang, H.Q., and Li, Y.Y. 1987. Studies on dispersal sterile *Carposina nipponensis* using mark release recapture technique. *Acta Agriculturae Nuclearae Sinica.* (1) 1: 29-37.

11. Showers, W.B., Smelser, R.B., Keaster, A.J., Whitford, F., Robinson, J.F., Lopez, J.D., and Taylor, S.E. 1989. Recapture of mark black cutworm (Lepidoptera : Noctuidae) male after long-range transport. *Environ. Entomol.* (18) 3: 447-458.
12. Cromroy, H.L. 1982. The use of radioisotope technology in the study of wild insect populations with special reference to rice. *IAEA Research Coordination Meeting on the Use of Isotopes in Pest Management*. Jakarta, Indonesia.
13. Schneider, J.C., Rouch, R.T., Kitten, W.F., and Laster, M.L. 1989. Movement of *Heliothis virescens* (Lepidoptera : Noctuidae) in Mississippi in spring : Implication for area-wide management. *Environ. Entomol.* (18) 3: 439-446.
14. Jenkins, D.W. 1962. Radioisotopes in ecological and biological studies of agricultural insects. *Symposium proceedings "Radioisotopes and radiation in entomology"* International Atomic Energy Agency. Vienna. p. 3-7.
15. Anonim. 1977. *Laboratory Training Manual on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology*. International Atomic Energy Agency, Vienna, p. 101-141.
16. Kloft, W.J. 1979. Ways of uptake and elimination of radioactive substance through the insect's organization as a base for radiological studies. *Proc. of FAO/IAEA Training Course on the Use of Isotopes and Radiation in Entomology*. University of Florida, USA, 17-21.
17. Hassell, M.P. and Southwood, R.E. 1978. Foraging strategies of insects. *Ann. Rev. Ecol. System.* 9: 99-121.
18. Perfect, T.J., Cook, A.G., and Padgham, D.E. 1985. Interpretation of the flight activity of *Nilaparvata lugens* (Stal) and *Sogatella furcifera* Horvath (Hemiptera : Delphacidae) based on comparative trap catch and field marking with rubidium. *Bull. Ent. Res.* 75: 93-106.
19. Andrewartha, H.G. 1971. *Introduction to the Study of Animal Populations*. The University of Chicago Press and Methuen & Co. Ltd. Chicago and London, p. 181.
20. Rudd, W.S., and Gandour, R.W. 1985 Diffusion Model of insect dispersal. *J. Econ. Entomol.* (78) 2: 295- 301.
21. Taylor, R.A.J. 1978. The relationship between density and distance of dispersing insects. *Ecological Entomol.* 3: 63-70.
22. Pielou, E.C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley - Interscience, A Division of John Wiley & Sons. New York, London, Sydney, Toronto, p. 125.
23. Kojima, K.I. 1970. *Mathematical Topics in Population Genetics*. Springer - Verlag. New York, Heidelberg, Berlin, p. 80-100.
24. Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto, p. 200-277.
25. Tarumingkeng, R.C. 1994. *Dinamika Populasi, Bagian Ekologi Kuantitatif*. Pustaka Sinar Harapan dan Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, p. 15-17.
26. Metcalf, R.L. and Luckmann 1982. *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley & sons. New York, Chichester, Brisbane, Singapore, p. 2-3.

-
27. Johnson, C.G. 1969. *Migration and Dispersal of Insects by flight*. Methuen & Co. Ltd., London, p. 7.