
PRINSIP DASAR PENERAPAN TEKNIK SERANGGA MANDUL UNTUK PENGENDALIAN HAMA PADA KAWASAN YANG LUAS

Singgih Sutrisno

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jakarta

ABSTRAK

PRINSIP DASAR PENERAPAN TEKNIK SERANGGA MANDUL UNTUK PENGENDALIAN HAMA PADA KAWASAN YANG LUAS. Teknik Serangga Mandul (TSM) adalah suatu teknik pengendalian hama yang relatif baru, potensial, dan kompatibel dengan teknik lain. Teknik ini meliputi iradiasi koloni serangga di laboratorium dengan sinar γ , n atau x, kemudian secara periodik dilepas di lapang sehingga tingkat kebolehhadjan perkawinan antara serangga mandul dan serangga fertil makin menjadi bertambah besar dari generasi pertama ke generasi berikutnya akibat makin menurunnya persentase fertilitas populasi serangga di lapang. Pengaruh penganlepasan serangga mandul (dengan rasio 9:1 terhadap serangga jantan alami dan potensi reproduksi setiap ekor serangga betina induk pada tiap generasi menghasilkan keturunan 5 ekor serangga betina) terhadap model penurunan populasi serangga didiskusikan secara konseptual. Dari generasi induk sebanyak satu juta ekor serangga betina menurun menjadi 26.316 ekor, 1.907 ekor, 10 ekor, dan 0 (nihil) berturut-turut pada generasi keturunan ke pertama, kedua, ketiga dan yang keempat. Selanjutnya apabila teknik jantan mandul dipadukan dengan teknik kimiawi (insektisida) dengan daya bunuh 90 % menjadi bertambah efektif dibandingkan hanya dengan penerapan teknik jantan mandul saja. Dari populasi serangga satu juta ekor pada generasi I menurun menjadi 2.632, 189, dan 0 ekor berturut-turut untuk keturunan I, II, dan III. Pada Lepidoptera ditemukan adanya fenomena kemandulan yang diwariskan (*inherited sterility*). Kemandulan yang diwariskan kepada keturunan pertama, menurut Knippling (1970) disebabkan oleh terjadinya translokasi kromosom pada gamet. Pada individu yang heterozygot akan mati dan individu yang homozygot masih dapat hidup. Fenomena kemandulan bastar antar spesies pertama kali ditemukan oleh Laster (1972) pada perkawinan antara *Heliothis virescens* (F) jantan dan *Heliothis subflexa* Guenee betina. Ngenat jantan keturunan pertama dari hasil perkawinan antara *H. virescens* dan *H. subflexa* menjadi mandul dan yang betina tetap fertil. Bila ngenat betina keturunan pertama ini dikawinkan secara *back cross* dengan *H. virescens* jantan maka kejadian akan berulang kembali yaitu keturunan yang jantan mandul dan yang betina fertil (F₂ jantan menjadi mandul dan yang betina fertil).

ABSTRACT

THE BASIC PRICIPLES OF THE APPLICATION OF STERILE INSECT TECHNIQUE FOR AREA-WIDE INSECT PEST CONTROL. Sterile Insect Technique (SIT) is a new insect pest control technique, potential, and compatible to other techniques. This technique includes irradiation of insect colony in the laboratory using gamma, n, or x rays and then release them in the field periodically to obtain the increase of sterility probability level from the first generation to the decendences as the result the decrease of the fertility level in the field. The effect the release of sterile insects (9:1 ratio to the male indigenous and

reproductive potential every single female of each generation reproduce 5 females) to the insect reduction population model is conceptually discussed. From one million of the female parental decrease to be 26, 316 ; 1,907 ;10 ; and 0 insects at the first, second, third, and the forth progeny respectively. Then if sterile insect technique integrated with chemical technique (insecticide) 90% kill, it will be much more effective compared to the application sterile insect technique only. From the number of one million population of insects will decrease to be 2,632 ; 189 ; and 0 insects at the first, second, and the third progeny respectively. In the Lepidopteran insects was found a phenomenon of inherited sterility. According to Knippling (1970) the inherited sterility in the first offspring caused by chromosome translocation in the gamete. In the individual of heterozygote will be die and in the homozygote is still alive. Interspecific hybrid sterility first time was found by Laster (1972) from a cross between males *Heliothis virescens* (F) and females *Heliothis subflexa* Guenee. Male moths of the first offspring from the cross between *H. virescens* and *H. subflexa* is sterile and the females still remain fertile. If the female moths of the first offspring back crossed with male *H. virescens* the phenomenon of sterility always found will same situation as mention earlier the male offspring is sterile and the females is fertile (the male F_2 will be sterile and the females will be fertile).

PENDAHULUAN

Kapasitas daya dukung planit bumi untuk menyediakan bahan pangan sangat terbatas apabila di dalam proses produksi tidak digunakan teknologi maju. Para ahli memperkirakan kemampuan daya dukung planit bumi menyediakan bahan pangan hanya cukup untuk 20 juta orang apabila dengan cara bercocok tanam yang primitif. Teknologi pertanian yang modern telah mampu menaikkan daya dukung alam sebesar lebih dari 250 kali pada waktu ini karena diperkirakan jumlah penduduk dunia saat ini lima milyar orang lebih (1).

Di sektor pertanian, salah satu faktor penting pada proses produksi tanaman pangan ialah perlindungan tanaman terhadap hama, karena serangga hama sering menyerang secara tiba-tiba sehingga dapat menggagalkan panen dan merusak hasil pertanian kering yang disimpan di dalam gudang. Salah satu teknik pengendalian hama yang sering digunakan ialah dengan insektisida, teknik ini kurang efektif karena timbul fenomena resistensi, terbunuhnya flora dan fauna bukan sasaran dan pencemaran lingkungan. Penemuan insektisida baru selalu diiringi dengan timbulnya masalah resistensi terhadap insektisida tertentu atau bahkan sering menyebabkan resistensi silang (*cross resistancy*) sehingga mengurangi efektivitasnya. Oleh karena itu para ahli selalu berupaya menemukan insektisida-insektisida baru atau teknik pengendalian baru yang lebih efektif dan efisien.

Teknik nuklir di dalam sektor pertanian merupakan salah satu teknik modern dan potensial, telah mengalami perkembangan kemajuan pesat sejak 43 tahun lalu setelah Comar dalam Lannunziata (1) menerbitkan buku tentang dasar dan manfaat radioisotop di dalam bidang biologi dan pertanian. Teknik nuklir adalah teknik yang memanfaatkan radioisotop untuk memecahkan masalah litbang karena memiliki sifat kimiawi dan sifat fisis yang sama dengan zat kimia biasa namun mempunyai kelebihan sifat fisis memancarkan sinar radioaktif. Kelebihan sifat fisis sebagai pemancar sinar radioaktif telah dimanfaatkan untuk memecahkan berbagai masalah litbang antara lain di sektor industri, kedokteran, pertanian, dan lingkungan.

Sinar radioaktif seperti sinar gamma, n , dan x bermanfaat untuk pengendalian hama yaitu dapat digunakan untuk membunuh secara langsung (*direct killing*) dikenal sebagai teknik disinfestasi radiasi dan membunuh secara tidak langsung (*indirect killing*) yang dikenal dengan teknik serangga mandul. Teknik Serangga Mandul (TSM) adalah suatu teknik pengendalian hama yang relatif baru yang merupakan teknik pengendalian hama yang potensial, ramah lingkungan, sangat efektif, spesies spesifik, dan teknik ini kompatibel dengan teknik lain. Prinsip dasar TSM sangat sederhana yaitu membunuh serangga dengan serangga itu sendiri (*autocidal technique*). Teknik ini meliputi iradiasi koloni serangga di laboratorium dengan sinar γ , n atau x , kemudian secara periodik dilepas di lapang sehingga tingkat kebolehhadian perkawinan antara serangga mandul dan serangga fertil dari generasi pertama ke generasi berikutnya menjadi makin besar dan berakibat menurunnya persentase fertilitas populasi serangga di lapang. Secara teoritis pada generasi ke-4 persentase fertilitas mencapai titik terendah yaitu 0% atau dengan kata lain jumlah populasi serangga pada generasi ke-5 nihil.

Pendekatan pengendalian hama yang sering dilakukan pada waktu ini ialah pendekatan pengendalian hama pada lahan yang sesuai dengan batas kepemilikan seseorang yaitu area per area atau *field by field* sedangkan serangga hama tidak mengenal batas wilayah atau batas kepemilikan, sehingga sering terjadi serangga hama menyerang secara tiba-tiba karena terjadi reinfestasi atau migrasi dari daerah yang lain. Strategi pendekatan pengendalian hama yang lebih baik ialah pendekatan pengendalian hamaberbasis kawasan yang luas (*area wide control*). Pendekatan pengendalian ini lebih efektif dan efisien karena sasaran pengendalian terpusat pada perkembangan total populasi pada kawasan tersebut. TSM sangat efektif, efisien dan kompatibel untuk diterapkan pada strategi pendekatan pengendalian hama berbasis

kawasan yang luas karena sasaran TSM ditujukan untuk pengendalian total populasi hama dalam kawasan yang luas.

EFEK RADIASI PADA MATERI BIOLOGI

Ada dua hipotesis interaksi radiasi dengan materi, yang pertama teori hantaman langsung (*hit theory*) yaitu radiasi langsung menghantam materi yang dilaluinya dan yang kedua ialah teori hantaman tidak langsung (*indirect hit theory*) yaitu terjadinya radikal bebas yang reaktif yang dapat merusak materi yang diiradiasi. Dari interaksi antara radiasi dan materi hidup terjadilah efek biologis. Potensi efek biologi dari interaksi radiasi dan materi dapat dibagi menjadi 4 grup sebagai berikut (2) :

1. *Acute* (efek yang cepat terjadi dalam kurun waktu jam, hari atau minggu)
2. *Delayed* (efek yang tampak dalam kurun waktu bulan atau tahun)
3. *Genetic* (efek yang tampak hanya pada keturunan)
4. *Foetal* (efek yang terjadi pada embrio yang diradiasi)

Efek biologis akut pada hewan tingkat tinggi menurut derajat evolusinya yaitu mamalia terjadi pada butir-butir darah putih, butir-butir darah merah dan sel epitel usus. Sedang efek biologis yang lambat yaitu kerusakan pada jaringan yang terkena iradiasi dan timbulnya vibrosis, umur pendek, kanker, sterilitas dan efek genetik. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses kemandulan pada serangga ialah terjadinya infektivitas, inaktivasi sperma, mutasi letal dominan, aspermia dan ketidakmampuan kawin dari serangga betina atau serangga jantan. Radiasi dapat mengurangi produksi telur yang disebabkan tidak terjadinya proses oogenesis sehingga tidak terbentuk oogenia atau telur. Aspermia dapat menyebabkan kemandulan karena radiasi merusak spermatogenesis sehingga tidak terbentuk sperma, inaktivasi sperma juga dapat menyebabkan kemandulan karena sperma tidak mampu bergerak untuk membuahi sel telur. Dalam hal ini bila radiasi cukup rendah sperma masih terbentuk atau proses spermatogenesis tidak terganggu namun sperma yang terbentuk lemah atau inaktif. Faktor penyebab kemandulan yang lain ialah ketidakmampuan kawin, hal ini radiasi merusak sel-sel somatik saluran genitalia interna sehingga tidak terjadi pembuahan sel telur.

Faktor yang dianggap menyebabkan kemandulan pada serangga iradiasi ialah mutasi lethal dominan (3). Dalam hal ini inti sel telur atau inti sperma mengalami kerusakan sebagai akibat iradiasi sehingga terjadi mutasi gen. Mutasi lethal dominan tidak menghambat proses pembentukan gamet jantan maupun betina, dan zygot yang terjadi juga tidak dihambat namun embrio akan mengalami kematian. Prinsip dasar mekanisme kemandulan ini untuk selanjutnya dikembangkan sebagai dasar pengembangan teknik pengendalian hama yang disebut Teknik Jantan Mandul yang dalam perkembangannya disebut Teknik Serangga Mandul. Bila dosis iradiasi yang digunakan cukup tinggi maka dapat menyebabkan kematian, dosis radiasi yang menyebabkan kematian ini digunakan sebagai dosis disinfestasi radiasi serangga hama gudang untuk pengawetan bahan pangan pasca panen.

PRINSIP DASAR TEKNIK SERANGGA MANDUL

Walaupun konsep TSM sangat sederhana namun dalam implementasinya tidak sederhana karena memerlukan beragam penelitian yang meliputi biologi dasar, ekologi lapang, estimasi jumlah serangga di lapang untuk tiap-tiap musim, efektivitas metoda sampling populasi sebelum selama dan setelah pengendalian dilakukan, orientasi dosis radiasi yang menyebabkan kemandulan, daya saing kawin serangga mandul, metoda mass rearing yang ekonomis, metodologi pelepasan serangga mandul, transportasi serangga jarak jauh, pemencaran dan perilaku kawin serangga mandul di lapang, organisasi pelaksana dan personalia di lapang. Ini adalah beberapa kegiatan riset yang penting sebelum program pengendalian hama dengan teknik TSM .

Konsep penggunaan serangga hama untuk pemberantasan atau pengendalian serangga hama itu sendiri melalui sistem pelepasan serangga mandul berasal dari Knipling dalam Henneberry pada tahun 1979 (4). Teknik ini meliputi pemeliharaan massal serangga hama yang menjadi sasaran pengendalian, kemandulan yang terinduksi oleh ionisasi radiasi dan pelepasan jumlah serangga hama dalam jumlah yang cukup banyak untuk mendapatkan perbandingan yang tinggi antara serangga mandul yang dilepas dan populasi serangga alam. Perkawinan serangga sebagian besar terjadi antara serangga jantan mandul dengan serangga betina alam sehingga potensi penampilan reproduksi serangga alam berkurang secara proporsional.

Konsep TSM secara eksperimental di lapang telah dapat dibuktikan melalui keberhasilan program eradikasi lalat ternak *Cochliomyia hominivorax* Coquerel di pulau

Curacao di selat Caribia Amerika Serikat pada tahun 1958 -1959 (5). Biaya yang diperlukan untuk program eradikasi tersebut sebesar US \$ 10 juta dan dampak keberhasilan dari program tersebut adalah penghematan biaya pengendalian sebesar US \$ 140 juta. Setelah keberhasilan tersebut kemudian Knipling menulis makalah untuk pertama kali tentang teori, dasar-dasar potensi dan limitasi metoda TSM. La Chance (3) mengemukakan syarat keberhasilan penggunaan teknik serangga mandul sebagai berikut :

1. Kemampuan pemeliharaan serangga secara massal dengan biaya murah.
2. Serangga hama sebagai target pengendalian harus dapat menyebar ke dalam populasi serangga alam sehingga dapat kawin dengan serangga betina fertil dan mampu bersaing dengan serangga jantan alami.
3. Irradiasi harus tidak menimbulkan pengaruh negatif terhadap perilaku kawin dan umur serangga jantan.
4. Serangga betina kawin satu kali, bila serangga betina kawin lebih dari satu kali maka produksi sperma jantan iradiasi harus sama dengan produksi sperma jantan alam.
5. Serangga hama yang akan dikendalikan harus dalam keadaan populasi rendah. Untuk itu populasi serangga harus dikendalikan dengan teknik lain agar cukup rendah sehingga TSM cukup ekonomis untuk digunakan.
6. Biaya pengendalian dengan teknik serangga mandul harus lebih rendah dibandingkan dengan teknik konvensional.
7. Apabila TSM memerlukan biaya yang lebih tinggi dari teknik konvensional, perlu justifikasi yang kuat misalnya keuntungan dari aspek perlindungan lingkungan dan kesehatan.
8. Serangga mandul yang dilepas harus tidak menyebabkan kerusakan pada tanaman, ternak atau menimbulkan penyakit pada manusia.

Menurut Knipling ada 2 macam metode Teknik Serangga Mandul (6) yaitu :

1. Metode yang meliputi pembiakan massal, pemandulan serangga di laboratorium dan pelepasan serangga mandul ke lapang.
2. Metode pemandulan langsung

Metoda pertama yaitu menerangkan jika ke dalam suatu populasi serangga dilepaskan serangga mandul, maka kemampuan populasi untuk berkembangbiak akan menurun sesuai dengan perbandingan antara serangga mandul yang dilepaskan dan populasi serangga di lapangan. Apabila perbandingan antara serangga jantan mandul dengan serangga jantan normal yang ada di lapangan 1 : 1, maka kemampuan berkembangbiak populasi tersebut akan menurun sebesar 50%. Jika perbandingan tersebut adalah 9 : 1, maka kemampuan populasi tersebut untuk berkembang biak akan menurun sebesar 90% dan seterusnya.

Metoda kedua, yaitu metoda tanpa penglepasan serangga yang dimandulkan. Metode ini dilaksanakan dengan prinsip pemandulan langsung terhadap serangga di lapangan dengan menggunakan kemosterilan baik pada jantan maupun betina. Dengan metode kedua ini akan diperoleh dua macam pengaruh terhadap kemampuan berkembang biak populasi. Kedua pengaruh tersebut adalah kemandulan sebagian serangga lapangan sebagai akibat langsung dari kemosterilan dan pengaruh kemudian dari serangga yang telah menjadi mandul terhadap serangga sisanya yang masih fertil. Namun demikian kemosterilan merupakan senyawa kimia yang bersifat mutagenik dan karsinogenik pada hewan maupun manusia sehingga teknologi ini tidak direkomendasikan untuk pengendalian hama.

Teknik pengendalian dengan cara membunuh serangga dengan jenis serangga yang sama (autocidal technique). Dengan melepas serangga mandul dalam jumlah perbandingan (9 serangga mandul : 1 serangga normal di alam) secara kontinyu mulai pada generasi pertama sampai dengan pada generasi ke lima sehingga menjadi nol (0), karena terjadi penurunan fertilitas populasi serangga di alam mulai generasi I sampai ke generasi ke IV, dan pada generasi ke IV fertilitas menjadi 0 %.

Table 1. Model kenaikan populasi serangga dengan asumsi potensi reproduksi tiap ekor serangga betina induk menghasilkan 5 ekor serangga betina anaknya untuk setiap generasi berikutnya

Generasi	Jumlah betina per unit area
Parental	1.000.000
F1	5.000.000
F2	25.000.000
F3	125.000.000

Tabel 1, memperlihatkan model kecenderungan populasi alami dengan asumsi potensi kenaikan reproduksi 5 kali. Apabila jumlah serangga generasi pertama 1 juta maka populasi serangga generasi ke 2, 3 dan ke 4 secara berturut-turut makin naik kelipatan 5 menjadi lima juta, 25 juta dan 125 juta ekor serangga. Selanjutnya bila dilakukan pengendalian secara konvensional dengan insektisida dengan asumsi reduksi populasi sebesar 90 %, dan populasi awal sebesar 1000.000 ekor maka pada generasi ke 4 populasi serangga masih cukup tinggi yaitu 62.000 ekor (Tabel 2).

Table 2. Model penurunan populasi serangga dengan pengendalian 90 % reduksi populasi dan potensi reproduksi tiap ekor serangga betina induk menghasilkan 5 ekor serangga betina anaknya untuk setiap generasi berikutnya

Generasi	Jumlah betina per unit area
Parental	1.000.000
F1	500.000
F2	250.000
F3	125.000
F4	62.000

Penurunan populasi serangga di alam karena penglepasan serangga jantan mandul dengan rasio 9:1 terhadap populasi jantan alami diperlihatkan pada Tabel 3 . Model pengurangan populasi serangga alam pada Tabel 3 didasarkan pada asumsi bahwa potensi reproduksi setiap ekor serangga betina induk pada setiap generasi memproduksi 5 ekor serangga betina. Penglepasan serangga jantan mandul menyebabkan penurunan populasi serangga dengan sangat nyata. Dari populasi 1 juta ekor serangga betina pada generasi pertama akan menjadi 26.316 , 1.907 , 10 , dan 0 ekor berturut-turut pada generasi II,III , IV, dan V

Table 3. Model penurunan populasi serangga dengan penglepasan serangga jantan mandul dengan rasio 9:1 terhadap serangga jantan alami secara berkelanjutan tiap- tiap generasi dan potensi reproduksi tiap ekor serangga betina induk menghasilkan 5 ekor serangga betina anaknya untuk setiap generasi berikutnya

Generasi	Jumlah serangga betina	Jumlah serangga jantan mandul	Rasio jumlah serangga jantan mandul dan jantan alami	Jumlah serangga betina yang dapat melakukan reproduksi
Parental	1.000.000	9.000.000	9 : 1	100.000
F1	500.000	9.000.000	18 : 1	26.316
F2	13.580	9.000.000	68 : 1	1.907
F3	9.535	9.000.000	942 : 1	10
F4	50	9.000.000	180.000 : 1	0

Model penurunan populasi serangga karena pengaruh pengendalian terpadu yaitu penggunaan bahan kimia (insektisida)dengan daya bunuh 90% dan teknik jantan

mandul diperlihatkan pada Tabel 4. Pengendalian terpadu dapat menurunkan populasi serangga jauh lebih efisien jika dibandingkan hanya dengan menggunakan insektisida atau teknik jantan mandul saja. Dari populasi 1 juta ekor pada generasi I telah menurun menjadi 0 ekor pada generasi ke IV

Table 4. Model penurunan populasi serangga karena perlakuan terpadu, yaitu penggunaan bahan kimia (insektisida) dan teknik jantan mandul

Generasi	Perkembangan populasi secara normal	Populasi asli yang telah direduksi 90% oleh insektisida	Jumlah serangga betina yang tersisa	Jumlah serangga jantan mandul yang dilepas	Jumlah serangga betina yang dihasilkan
Parental	1.000.000	100.000	100.000	900.000	10.000
F1	5.000.000	-	50.000	900.000	2.632
F2	25.00.00	-	13.160	900.000	189
F3	125.000.000	-	945	900.000	0

PENGEMBANGAN TEKNIK SERANGGA MANDUL

a. Kemandulan yang diwariskan (*inherited sterility*)

Kemandulan yang diwariskan kepada keturunan pertama, menurut Knippling (6) disebabkan oleh terjadinya translokasi kromosom pada gamet. Pada individu yang heterozygot akan mati dan individu yang homozygot masih dapat hidup. Walaupun perubahan yang terjadi pada gen tidak dapat dilihat dengan mikroskop, namun fenomena pada level kromosom kemungkinan besar dapat dilihat yaitu beberapa saat sebelum pembelahan sel. Perubahan yang dapat terjadi pada level kromosom sebagai akibat radiasi ialah terjadinya aberrasi pada kromosom. Pada hewan dan tumbuhan terjadi sekitar 90% aberrasi pada kromosom terutama terjadinya pematihan kromosom. Kromosom yang patah ini dapat bergabung kembali dalam waktu setengah jam dengan potongannya sendiri atau potongan yang lain yang selanjutnya proses ini menentukan nasib sel itu sendiri pada pembelahan berikutnya, yaitu sel itu abnormal, mati atau normal dengan memiliki kelebihan tertentu (mutasi). Untuk memandulkan serangga hama ordo lepidoptera diperlukan dosis radiasi yang tinggi sehingga terjadi kerusakan somatik yang mengakibatkan penurunan daya saing kawin. Pada kondisi

serangga jantan mandul penuh (*full sterile*) daya saing kawin kurang lebih setengahnya yang normal sehingga aplikasi TSM pada ordo Lepidoptera kurang efektif. Dengan ditemukannya fenomena kemandulan yang diwariskan pada Lepidoptera oleh Proverbs pada tahun 1962 (7) maka masalah menurunnya daya saing kawin serangga Lepidoptera yang diiradiasi tersebut dapat diatasi karena telah ditemukan bahwa keturunan pertama ngengat apel *Laspeyresia pomonella* (L) yang berasal dari induk yang diradiasi dosis substeril ternyata mandul penuh (*full sterile*). Gejala ini disebut kemandulan yang diwariskan (*inherited sterility*).

Model serangga hama yang digunakan untuk dikendalikan dengan teknologi kemandulan yang diwariskan ialah antara lain hama apel *L. pomonella*, hama tembakau *S. littoralis*, hama jagung *Ostrinia nubilalis* Hubner dan hama kubis *P. xylostella* (8).

b. Kemandulan bastar antar spesies (*interspecific hybride sterility*)

Fenomena kemandulan bastar antar spesies pertama kali ditemukan oleh Laster (9) pada perkawinan antara *Heliothis virescens* (F) jantan dan *Heliothis subflexa* Guenee betina. Ngengat jantan keturunan pertama dari hasil perkawinan antara *H. virescens* dan *H. subflexa* menjadi mandul dan yang betina tetap fertil. Bila ngengat betina keturunan pertama ini dikawinkan secara *back cross* dengan *H. virescens* jantan maka kejadian akan berulang kembali yaitu keturunan yang jantan mandul dan yang betina fertil (F_2 jantan menjadi mandul dan yang betina fertil). Seterusnya kondisi ini berlangsung sampai generasi tak terbatas secara berlanjut yaitu bila terjadi perkawinan *back cross* antara *H. virescens* jantan dan betina bastar selalu menunjukkan fenomena seperti yang terjadi pada F_1 dan F_2 tersebut di atas.

c. Teknik Serangga Mandul merupakan teknik pengendalian hama untuk kawasan yang luas (*area-wide*)

Oleh karena hama tidak mengenal batas wilayah atau batas kepemilikan maka Teknik Serangga Mandul sangat cocok untuk konsep pengendalian pada daerah yang luas (*are-wide*). Teknik Serangga Mandul kompatibel dengan semua teknik pengendalian yang lain termasuk pengendalian dengan insektisida yaitu pada saat populasi tinggi perlu diturunkan dengan penyemprotan insektisida dan berikutnya baru digunakan Teknik Serangga Mandul, karena TSM lebih efektif dan efisien untuk pengendalian populasi serangga hama yang relatif rendah. Penggunaan insektisida

dengan spektrum luas (*broad spectrum insecticides*) yang dimulai sejak berakhirnya perang dunia ke dua dan telah terbukti menunjukkan kurang efektif dan tidak ramah lingkungan serta menunjukkan bahwa pengendalian tunggal dengan insektisida bukan merupakan satu-satunya cara untuk mengatasi masalah hama. Dengan semakin majunya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi maka alternatif teknik pengendalian yang lain menunjukkan potensi untuk dapat diaplikasikan sehingga terminologi seperti pengendalian hama terpadu (*integrated pest control*), pengelolaan hama terpadu (*integrated pest management*), pengendalian secara kimiawi dan biologi mulai timbul yang secara konseptual prinsip dasarnya melekat sesuai terminologi tersebut.

Pengelolaan hama terpadu (*integrated pest management*) adalah pemilihan, integrasi dan implementasi teknik pengendalian hama agar supaya secara ekonomis, ekologis, sosiologis menguntungkan (10, 11). Salah satu model program nasional pengendalian hama terpadu (PHT) di Indonesia ialah PHT hama kubis dengan menggunakan parasit *Diadegma*. Teknik Serangga Mandul dapat diintegrasikan dan kompatibel dengan teknik pengendalian secara biologis ini.

KESIMPULAN

Prinsip dasar TSM sangat sederhana yaitu membunuh serangga dengan serangga itu sendiri (*autocidal technique*). Teknik ini meliputi iradiasi koloni serangga di laboratorium dengan sinar γ , n atau x, kemudian secara periodik dilepas di lapang sehingga tingkat kebolehjadian perkawinan antara serangga mandul dan serangga fertil dari generasi pertama ke generasi berikutnya menjadi makin bertambah besar sehingga berakibat makin menurunnya persentase fertilitas populasi serangga di lapang. Secara teoritis pada generasi ke-5 persentase fertilitas mencapai titik terendah yaitu 0% atau dengan kata lain jumlah populasi serangga pada generasi ke-5 nihil. Faktor yang dianggap sebagai penyebab kemandulan pada serangga iradiasi ialah mutasi lethal dominan. Dalam hal ini inti sel telur atau inti sperma mengalami kerusakan karena iradiasi sehingga terjadi mutasi gen. Mutasi lethal dominan tidak menghambat proses pembentukan gamet jantan maupun betina, dan zygot yang terjadi juga tidak dihambat namun embrio akan mengalami kematian. Konsep TSM telah dapat dibuktikan secara eksperimental di lapang melalui keberhasilan program eradikasi lalat ternak *Cochliomyia hominivorax* Coquerel di pulau Curacao di selat Caribia Amerika Serikat pada tahun 1958 -1959. Teknik serangga mandul dapat

diintegrasikan dengan teknik pengendalian yang lain seperti teknik pengendalian kimiawi. Pengaruh pengendalian secara terpadu antara teknik kimiawi (penyemprotan insektisida) dengan asumsi daya bunuh insektisida 90 % dan teknik jantan mandul dapat menurunkan jumlah populasi serangga secara lebih efektif. Pengendalian terpadu menurunkan populasi serangga generasi pertama dari sebanyak satu juta ekor menjadi 2.632 ekor betina, 189 ekor betina dan 0 (nihil) berturut-turut pada keturunan pertama, kedua dan ketiga. Masalah penurunan daya saing kawin serangga Lepidoptera yang diradiasi dapat diatasi setelah diketahui bahwa keturunan pertama ngengat apel *Laspeyresia pomonella* (L) yang berasal dari induk yang diradiasi dosis substeril ternyata menjadi mandul penuh (*full sterile*). Gejala ini disebut kemandulan yang diwariskan (*inherited sterility*).

Serangga hama model yang digunakan untuk mempelajari teknik kemandulan yang diwariskan antara lain hama apel *L. pomonella*, hama tembakau *S. littoralis*, hama jagung *Ostrinia nubilalis* Hubner dan hama kubis *P. xylostella*.

DAFTAR PUSTAKA

1. LANNUNZIATA, M. F., and LEGG, J.O. 1980. *Isotopes and Radiation in Agricultural Sciences*, Vol. I Soil - Plant - Water Relationships, Academic Press, London Orlando, San Diego, San Francisco, New York, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo, Sao Paulo
2. BROWN, J.K. 1973. *Radiation Biology, Radioisotope Course for Graduates*, Australian School of nuclear Technology Lucas Height
3. La CHANCE, L.E. 1979. Genetics and Genetic Manipulation Techniques, *proc. Of FAO/IAEA Training Course on the Use of Radioisotopes and Radiation in Entomology, univ. of florida*, 97 - 99
4. HENNEBERRY, T.J. 1979. Developments in Sterile Insect Release Research for the Control of Insect Populations, *Proc. of FAO/IAEA Training Course on the Use of Radioisotopes and Radiation in Entomology, Univ. of Florida*, 213 - 223
5. SNOW, W. 1977. The Screwworm, *Proc. of FAO/IAEA Training Course on the Use of Radioisotopes and Radiation in Entomology, Univ. of Florida*, 147 - 155
6. KNIPLING, E. 1970. Suppression of Pest Lepidoptera by releasing partially sterile males A. theoretical appraisal, *Bio. Science* (20) P- 465 - 470
7. Proverbs, M.D. 1968. Induced Sterilization and Control of Insects, *Annu. Rev. Entomol.* (17), P- 81 -102

-
8. SUTRISNO. 1998. Population Suppression of Diamond back Moth *Plutella xylostella* (L) and Cabbage Webworm *Crociodomia binotalis* Zell by Releasing of Irradiated Moths and Their progeny under Field Cage and Limited Area Conditions, *Final Progress Report Research Contract IAEA, Penang, Malaysia*
 9. LASTER, M.L. 1972. Inter Specific Hybridization of *Heliothis virescens* and *H. subflexa*. *Eviron. Entomology*. (1) (682 - 687)
 10. KLASSEN, W. 1977. Strategies for Managing Pest Problems, Proc. of FAO/IAEA Training Course on the Use of Radioisotopes and Radiation in Entomology, Univ. of Florida P- 248 - 283
 11. HENDRICHS J, EYSEN M.J.B., ENKERLIN W.R., and CAYOL J.P., 2005, Strategic Options Using Sterile Insects for Area - Wide Integrated Pest Management, In V.A. Dyck, J. Hendrichs and A. S. Robinson (eds.), *Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*, Springer, P.O.Box 17, 3300AA Dordrecht, The Netherland, pp.564-567