

## **Kerusakan Morfologis dan Histologis Organ Reproduksi Lalat Buah *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Diptera; Tephritidae) Jantan yang Dimandulkan dengan Iradiasi Gamma**

### ***Morphological and Histological Damage on Reproduction Organ of Radio-Sterilized Male Fruit Flies *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Diptera; Tephritidae)***

**Achmad Nasroh Kuswadi**

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Lebak Bulus No. 49 Jakarta Selatan 12440  
e-mail : akuswadi2@gmail.com

Diterima 23 September 2010; Disetujui 08 Maret 2011

#### **ABSTRAK**

**Kerusakan Morfologis dan Histologis Organ Reproduksi Lalat Buah *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Diptera; Tephritidae) Jantan yang Dimandulkan dengan Iradiasi Gamma.** Telah diketahui bahwa iradiasi gamma dosis 90 Gy pada kepompong lalat buah *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) dapat menyebabkan kemandulan pada lalat jantan dewasa, namun belum banyak diinformasikan penyebab terjadinya kemandulan. Untuk mengetahui hal tersebut, telah diteliti perubahan morfologis dan histologis yang terjadi pada alat reproduksi jantan (testis) lalat mandul sebagai akibat iradiasi gamma. Kepompong umur 9 hari diradiasi dengan sinar gamma 90 Gy dan lalat jantan umur 7 hari dan 14 hari yang muncul dari kepompong dibedah, untuk diisolasi testisnya. Testis dari lalat iradiasi dan lalat normal kemudian diamati morfologinya, dan diukur panjang dan lebarnya di bawah mikroskop, masing-masing dengan 10 kali ulangan. Irisan testis kedua umur lalat tersebut diamati struktur histologinya dibawah mikroskop perbesaran 400 x.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kerusakan pada jaringan alat reproduksi akibat iradiasi, sehingga pertumbuhannya terganggu terlihat dari ukuran testis lalat iradiasi mengecil sementara testis lalat normal membesar. Pada umur 7 hari panjang dan lebar testis lalat iradiasi masing-masing lebih kecil 25,9% dan 30,2%, dibandingkan testis lalat normal, sementara pada umur 14 hari perbedaannya menurun lebih besar, yaitu 39.20% dan 44.42%. Kemandulan pada lalat jantan iradiasi terjadi karena adanya kerusakan pada sel-sel germinal yang menyebabkan proses spermatogenesis terganggu. Selain ukuran testis yang lebih kecil, pengamatan menunjukkan bahwa pada preparat testis iradiasi ditemukan adanya sel-sel germinal yang mati. Perubahan morfologi dan ukuran testis ini juga merupakan ciri yang membedakan antara lalat normal dan lalat mandul iradiasi.

**Kata kunci :** *Bactrocera carambolae*, testis, iradiasi gamma, Teknik Serangga Mandul.

#### **ABSTRACT**

**Morphological and Histological Damage on Reproduction Organ of Radio-Sterilized Male Fruit Flies *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Diptera; Tephritidae).** It is known that gamma irradiation of 90 Gy on pupae of *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) fruit fly induced sterility on the adults, however limited data on the cause of sterility is available. To obtain such information, morphological and histological damages on the reproduction organ of male adult flies emerged from irradiated pupae were observed. Pupae of 9 day-old were irradiated with 90 Gy gamma, and the male adults of 7 and 14 day-old emerged from the pupae were dissected to obtained the testis. Morphology and size of the testis of irradiated and unirradiated flies were observed under the microscopes, each in 10 replicates. Prepareate of the testis were also made and observed under the microscopes of 400 magnification. The results showed that significant damages were found on testis of the

irradiated *B. carambolae* flies due to irradiation, so that the growth of the organ disturbed as shown by the smaller size of the irradiated testis as compare to the normal one. On the irradiated 7 day-old flies, the length and width of testis were 25.9 and 30.2 % smaller, while on those of 14 day-old the testis were 39.20 and 44.42 % smaller, than the normal. Besides smaller in size, dead germinal cells on the testis preparate were also observed. It is concluded that sterility on the male flies was due to the damage on the germinal cells so that abnormal spermatogenesis process happened. The smaller in size of the testis, is also differentiate between of the irradiated from the normal flies of *B. carambolae*.

**Key words** : *Bactrocera carambolae*, sterile, testis, gamma irradiation, SIT.

## PENDAHULUAN

Lalat familia Tephritidae dikenal sebagai hama lalat buah karena larvanya hidup, berada dan makan, dalam daging buah berbagai jenis tumbuhan. Buah yang diserang akan rusak, lalu gugur sebelum dipanen dan membusuk. Membusuknya buah terjadi karena kerusakan jaringan akibat dimakan larva lalat dan aktifitas bakteri pembusuk yang bersimbiose dengan larva tersebut. Di Indonesia dikenal beberapa spesies hama lalat buah. *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) atau dikenal sebagai lalat buah belimbing merupakan salah satu lalat buah terpenting untuk diwaspadai, karena menyerang berbagai jenis buah komersial di antaranya belimbing, mangga, cabai, dan jeruk. Spesies ini termasuk dalam kelompok *B. dorsalis* kompleks [1]

Dalam budidaya buah, hama ini sangat merugikan. Pada belimbing, jambu dan cabai merah misalnya, serangannya sering demikian besar sehingga bila tanpa upaya pengendalian dapat menyebabkan gagal panen. Sedangkan pada mangga serangannya dapat berkisar antara 20 - 50 % [2]. Selain karena turunnya produksi, kerugian akibat serangan lalat buah adalah sulitnya buah menembus pasaran ekspor, karena lalat buah adalah salah satu hama karantina yang dicegah penularannya ke negara lain.

Berbagai macam cara dapat dilakukan untuk mengendalikan hama ini. Pengendalian kimiawi dengan menggunakan insektisida tidak dianjurkan karena selain meninggalkan residu dalam daging buah yang berbahaya bagi konsumen, juga

menimbulkan resistensi pada hama, membunuh makhluk bukan sasaran dan menimbulkan polusi pada lingkungan [3].

Salah satu cara pengendalian hama lalat buah yang ramah lingkungan dan telah terbukti berhasil digunakan diberbagai negara adalah dengan teknik serangga mandul (TSM). Teknik ini dikembangkan oleh KNIPPLING, pada tahun 1955 dan berhasil digunakan untuk mengendalikan bahkan memunahkan hama lalat ternak *Cochliomyia hominivorax* di pulau Curacao Venezuela [4]. TSM kemudian berhasil digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis lalat buah di berbagai negara, dimulai dengan keberhasilan pemusnahan lalat buah semangka *Dacus (Bactrocera) cucurbitae* di pulau Rota pada tahun 1965. Program pemusnahan lalat buah mediterania *Ceratitis capitata* dengan TSM sedang dilaksanakan di Meksiko dan Guatemala dan program serupa untuk lalat semangka dan lalat buah tropis *B. dorsalis* di Kepulauan Okinawa. TSM tengah digunakan dalam program pengendalian lalat buah oriental *B. philippinensis* di pulau Guimaras Filipina., sementara Thailand menggunakannya untuk mengendalikan *B. dorsalis* [5].

Dalam pelaksanaan pengendalian hama lalat buah dengan TSM, hama dibiakkan secara massal di laboratorium, kemudian dimandulkan dengan cara meradiasi kepompong-nya dengan sinar gamma, kemudian dilepas agar bersaing kawin dengan lalat buah di kebun [5]. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa lalat buah *B. carambolae* dapat dimandulkan dengan meradiasi kepompong umur 9 hari, dua hari menjelang muncul, dengan dosis gamma 90 Gy [6]. Makalah ini

membahas tentang perubahan morfologis dan histologis pada organ reproduksi yang terjadi pada lalat buah *B. carambolae* jantan sebagai akibat pemandulan dengan iradiasi gamma. Perubahan morfologis bila dapat diamati dapat dijadikan penanda untuk membedakan antara lalat normal dan lalat mandul, sedangkan perubahan histologis untuk dapat memahami sebab terjadinya kemandulan.

## BAHAN DAN METODE

**Lalat buah (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock)**, yang digunakan berasal dari koloni yang telah dipelihara selama kurang lebih 30 generasi di laboratorium. Lalat dewasanya dipelihara dalam kurungan berisi campuran gula dan *yeast* hidrolisat dengan perbandingan 4 : 1 sebagai pakan, dan air sebagai minuman. Sedangkan larva dipelihara dalam nampan berisi pakan yang terbuat dari campuran sekam gandum, ragi roti, gula tebu, nipagin, sodium benzoat, dan air yang diberi HCl agar pH menjadi 3,5 - 4. Pada saat berumur kurang-lebih seminggu, larva instar tiga dibiarkan melompat dari nampan ke dalam serbuk gergaji sebagai medium pupasi. Pupa dipisahkan seminggu kemudian dengan cara menyaring serbuk gergaji.

**Iradiasi pupa.** Lalat mandul diperoleh dengan cara meradiasi pupa umur 9 hari (sehari menjelang muncul menjadi lalat dewasa). Pupa sebanyak 500 ekor yang berada dalam botol plastik volume 200 cc diradiasi dengan dosis 90 Gy dengan iradiator Gamma Cell-220 di PATIR BATAN. Pasca iradiasi kepompong dimasukkan ke dalam kurungan untuk memperoleh lalat mandul.

**Pengamatan dan pengukuran organ reproduksi jantan.** Untuk mempelajari perubahan morfologi organ reproduksi pada umur muda dan umur matang kawin, dilakukan pengamatan terhadap lalat umur 7 hari dan 14 hari. Lalat jantan pada umur yang dikehendaki diambil dari dalam kurungan dan dibunuh dengan

*killing bottle* berisi kloroform, kemudian dimasukkan ke dalam alkohol 70 %. Di bawah mikroskop stereo perbesaran 40 kali dilakukan pembedahan pada abdomennya untuk mengisolasi organ reproduksinya (testis dan organ sekitar). Organ yang telah diisolasi dimasukkan ke dalam alkohol 70 %, untuk dipotret dengan kamera digital. Pengukuran panjang dan lebar testis dilakukan terhadap 10 ekor lalat sampel (sebagai ulangan) dengan komputer menggunakan *software* Image-J.

**Pembuatan sediaan testis.** Tahap-tahap pembuatan sediaan, mengacu pada SHEHATA [7], adalah sebagai berikut. Abdomen lalat dimasukkan dalam larutan *Bouin* selama 24 jam, kemudian disimpan dalam alkohol 70%. Dehidrasi atau proses pengeluaran air dari dalam sel dilakukan dengan menggunakan alkohol seri konsentrasi naik, yaitu alkohol 96% selama 1 jam sebanyak 2 kali, dan alkohol absolut sebanyak 2 kali. *Clearing* atau penghilangan warna pada organ dilakukan dengan memasukkan sediaan ke dalam larutan benzil benzoat selama 24 jam, lalu dipindah ke dalam benzol selama 15 menit sebanyak 2 kali. Proses infiltrasi atau pemasukkan parafin ke dalam sel dilakukan dengan merendam sediaan dalam parafin cair (suhu 58-60° C) selama 1 jam sebanyak 2 kali di dalam inkubator. Parafin cair berisi siapan abdomen lalat dimasukkan ke dalam kotak kertas ukuran 2 x 2 x 2 cm, dan dibiarkan membeku (proses *embedding*). Parafin berisi sediaan kemudian disayat pada ketebalan 5 µm dengan mikrotom (*sectioning*). Sayatan diletakkan pada gelas obyek yang sebelumnya diberi albumin Meyer (*mounting*) lalu ditetesi akuades, dan diletakkan di atas *hot plate* selama 24 jam. Kelebihan akuades diisap dengan kertas *tissue*.

Sediaan kemudian diproses pewarnaan atau *staining* yaitu dengan memasukkannya berturut-turut ke dalam *staining jar* berisi *xylol*, ke dalam alkohol seri konsentrasi turun dari alkohol absolut, 96%, dan 70% masing-masing selama 3 menit (untuk proses hidrasi), lalu ke dalam larutan hematoksilin

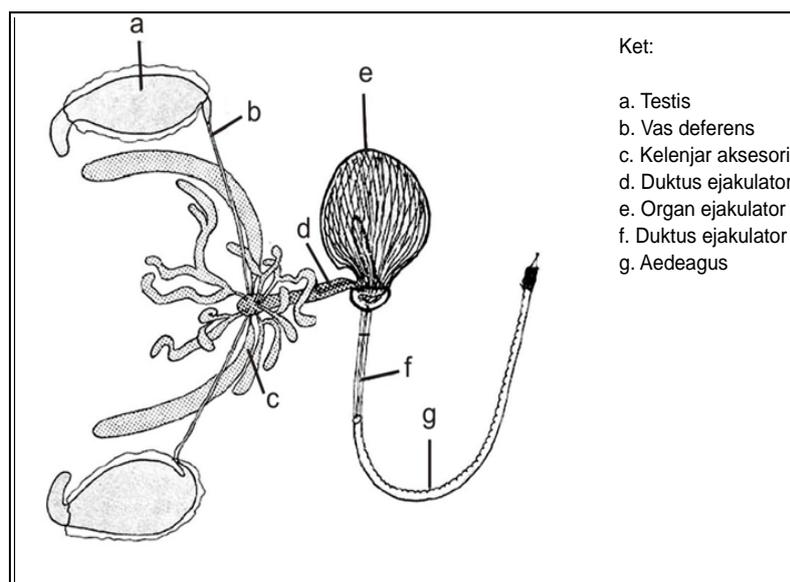
1% selama 4 menit. Setelah pewarnaan lalu dilakukan pencucian dengan akuades atau air mengalir. Bila pewarnaan terlalu pekat maka obyek gelas berisi sediaan dicelupkan ke dalam larutan HCl 1% satu kali, lalu diwarnai dengan Eosin 1% selama 4 menit, dan di dehidrasi dengan alkohol seri konsentrasi naik dari 70%, 96%, dan absolut masing-masing selama 3 menit, kemudian penjernihan dengan larutan campuran alkohol-xylol dengan perbandingan volume 1:1 selama 3 menit, selanjutnya dimasukkan ke dalam larutan xylol selama 3 menit sebanyak 3 kali. Setelah itu ditetesi satu tetes entellan dan ditutup dengan kaca penutup. Sediaan testis tersebut kemudian diamati di bawah mikroskop perbesaran 400 kali, dibandingkan struktur histologisnya antara sediaan asal lalat normal, dan lalat mandul iradiasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Struktur organ reproduksi jantan lalat Tephritidae.** Struktur organ reproduksi jantan lalat buah (familia Tephritidae) secara umum adalah seperti disajikan dalam Gambar 1. Organ ini terdiri

dari sepasang testis, sepasang saluran *vas deferens*, satu duktus ejakulator, organ ejakulator, dan aedeagus. Di dalam testis, sel-sel germarium yang berada di ujung membelah diri menjadi spermatogonium, yang berkembang menjadi spermatisit, menjadi spermatid lalu menjadi sperma di pangkal testis. Di sekitar *vas deferens* dan duktus ejakulator terdapat banyak kelenjar aksesori yang berfungsi membentuk cairan pembawa sperma. Sel-sel kawin jantan atau sperma yang terbentuk di dalam testis di salurkan menuju organ ejakulator melalui *vas deferens* dan duktus ejakulator. Dan dari organ ini, pada waktu terjadi perkawinan sperma dikeluarkan melalui aedeagus.

**Morfologi organ reproduksi jantan *Bactrocera carambolae*.** Selama stadium dewasa, organ reproduksi lalat buah mengalami perkembangan. Dari hasil pengamatan, morfologi testis atau organ reproduksi jantan lalat buah *B. carambolae* masing-masing disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada umur satu minggu lalat jantan *B. carambolae* masih belum matang untuk kawin dan tahap matang kawin baru tercapai pada umur menjelang dua minggu [9].



**Gambar 1.** Bagan bagian-bagian organ kelamin jantan lalat Tephritidae menurut RHAGU [8].

### Testis lalat normal dan lalat mandul iradiasi pada umur 7 hari.

Morfologi testis atau organ reproduksi jantan lalat *B. carambolae* pada umur sebelum matang kawin (7 hari) disajikan pada Gambar 2. Dalam Gambar 2, testis adalah organ yang berwarna kuning. Organ ini tampak tumbuh normal pada lalat yang tidak mendapat perlakuan iradiasi (A). Selain ukurannya lebih besar, testis juga tampak lebih berisi. Sedangkan lalat yang mendapat perlakuan iradiasi pada saat kepompong (B), ukuran testisnya lebih kecil "tidak penuh berisi", kedua ujungnya tampak mengempis.

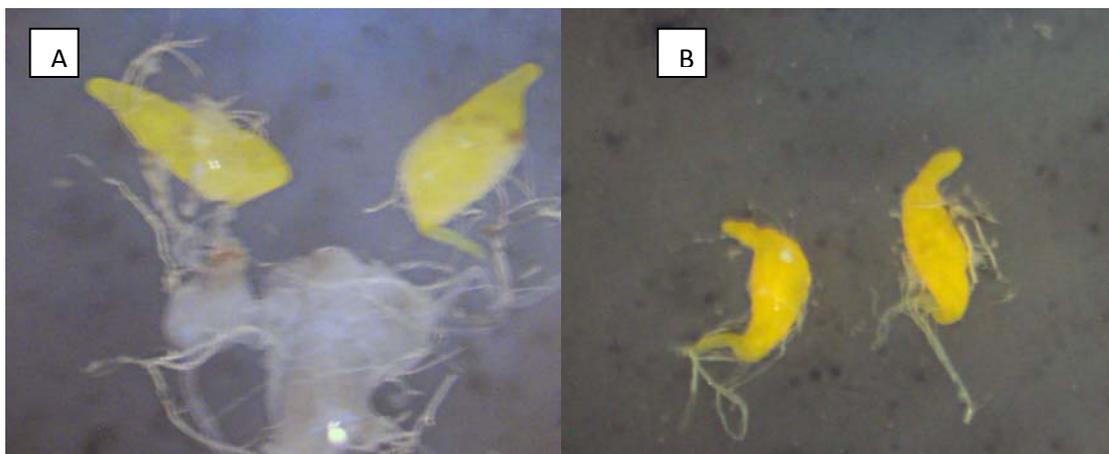
Untuk memandulkan lalat, dianjurkan agar iradiasi dilakukan pada kepompong tua, satu hari menjelang muncul menjadi lalat dewasa, sehingga pada penelitian ini iradiasi dilakukan pada kepompong umur 9 hari. Pada umur tersebut jaringan somatis sudah terdiferensiasi penuh, organ-organ seperti kepala, antena, sayap, kaki, dan abdomen sudah terbentuk sempurna. Jaringan ini telah berhenti tumbuh, dan sel-selnya telah berhenti membelah. Sebaliknya dalam organ reproduksi, dalam testis, sel-sel genetis sedang aktif membelah. Sel-sel yang sedang aktif membelah lebih peka terhadap iradiasi, dan lebih banyak mengalami kerusakan akibat iradiasi, daripada sel-sel yang sudah

berhenti membelah. Pada saat iradiasi dilakukan, di dalam *testis fillicle* tengah berlangsung proses spermatogenesis, dimana sel-sel germarium membelah menjadi spermatogonia, selanjutnya membelah menjadi spermatisit, lalu membelah secara meiosis menjadi spermatid, yang selanjutnya menjadi sperma. Proses pembelahan sel yang sedang aktif terjadi ini terganggu oleh adanya iradiasi, sehingga sel-selnya menjadi rusak, dan pertumbuhan testis pun terganggu. Sel-sel sperma yang terbentuk menjadi tidak normal sehingga menyebabkan kemandulan.

Karena iradiasi mengganggu pertumbuhan testis maka ukuran testis lalat iradiasi lebih kecil daripada testis lalat normal (Gambar 2 dan Tabel 1). Panjang testis lalat jantan umur 7 hari adalah rata-rata 1,057 mm untuk lalat normal, dan rata-rata hanya 0,783 mm untuk lalat mandul iradiasi. Sedangkan lebar testis adalah rata-rata 0,420 mm pada lalat normal, dan rata-rata hanya 0,293 mm pada lalat mandul iradiasi.

### Testis lalat normal dan lalat mandul iradiasi pada umur 14 hari.

Makin tua umur lalat, perbedaan ukuran tersebut makin nyata. Pada lalat normal, testis terus tumbuh sempurna, sehingga ukurannya bertambah besar. Pada lalat



**Gambar 2.** Morfologi testis lalat *Bactrocera carambolae* pada umur belum matang kawin (7 hari) yang muncul dari kepompong yang tidak diradiasi (A) dan yang mendapat perlakuan iradiasi gamma 90 Gy (B).

**Tabel 1.** Ukuran testis lalat *Bactrocera carambolae* normal dan lalat mandul iradiasi pada umur sebelum (7 hari) dan sesudah (14 hari) matang kawin

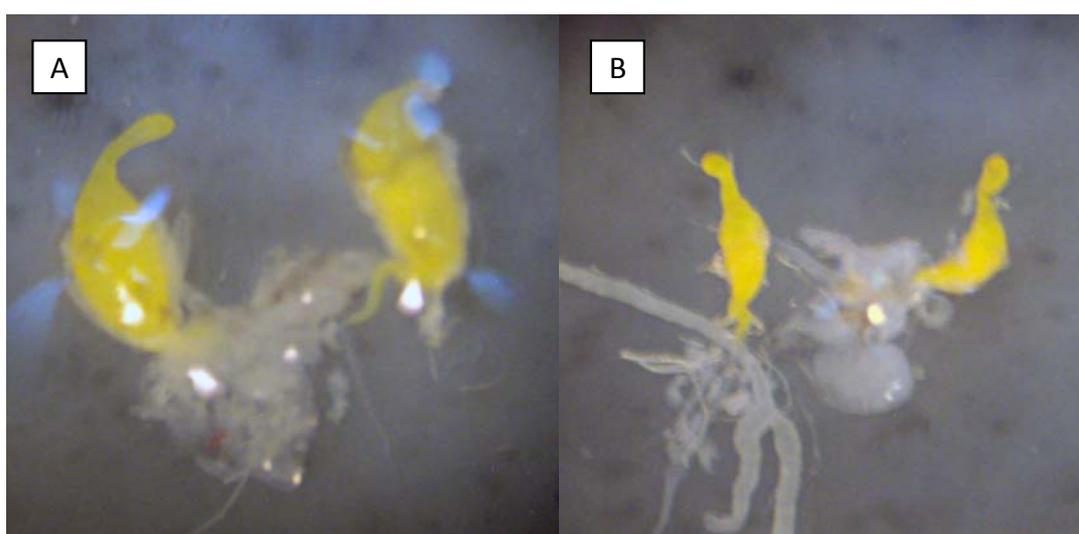
Umur Lalat (hari)	Dosis iradiasi (Gy)	Panjang testis (mm)		Lebar testis (mm)	
		Rata-rata	S.D	Rata-rata	S.D.
7	0	1,057	0,154	0,420	0,038
	90	0,783	0,090	0,293	0,026
14	0	1,194	0,092	0,457	0,037
	90	0,726	0,129	0,254	0,025

normal berumur 14 hari, saat sudah matang kawin, panjang testisnya sudah bertambah menjadi rata-rata 1,194 mm, dari 1,057 mm pada waktu umur 7 hari. Akan tetapi pada lalat mandul iradiasi, ukuran panjangnya justru menyusut dari 0,783 mm pada saat umur 7 hari menjadi 0,726 mm. Demikian juga lebar testis. Lalat normal, testisnya melebar dari 0,420 pada saat berumur 7 hari menjadi 0,457 mm, umur 14 hari. Sedangkan pada lalat mandul iradiasi lebar testis menyusut dari 0,293 mm pada saat berumur 7 hari menjadi 0,254 mm pada umur 14 hari.

Hal ini menunjukkan adanya kerusakan jaringan pada testis akibat iradiasi, sehingga alih-alih ukurannya

bertambah, seperti yang terjadi pada lalat normal, malahan berkurang atau menyusut. Morfologi organ reproduksi jantan pada lalat normal dan mandul iradiasi tersaji pada Gambar 3. Penyusutan ukuran testis tampak jelas pada morfologi testis lalat mandul iradiasi.

**Kerusakan histologis testis akibat iradiasi.** Berdasarkan hasil pengamatan sebelumnya, pada lalat normal jaringan testis terdiri dari dua jenis sel. Pertama adalah sel somatik, yaitu sel epitel folikel yang melapisi testis, dan yang kedua sel germinal, yaitu sel spermatogonia, spermatosit, spermatid dan sperma. Sel epitel folikel berfungsi memberi nutrisi pada sel germinal. Epitel folikel mendapatkan

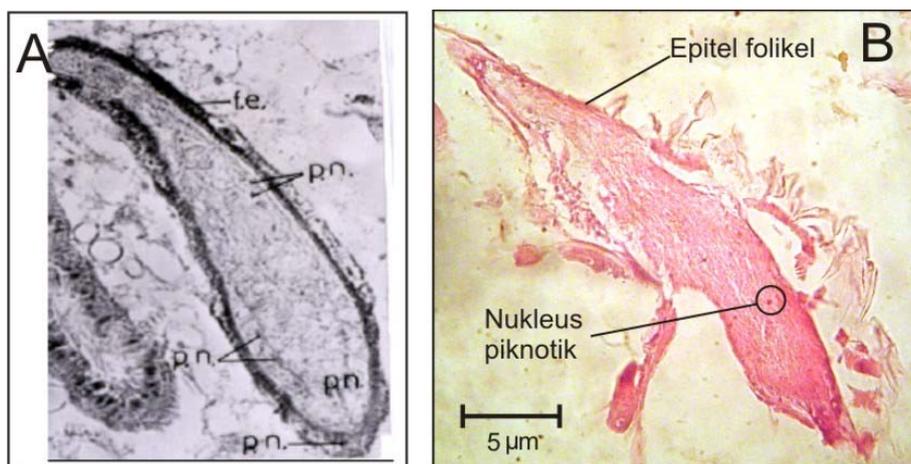


**Gambar 3.** Morfologi testis lalat *Bactrocera carambolae* umur 14 hari (umur matang kawin) yang muncul dari kepompong yang tidak diradiasi (A) dan yang diradiasi gamma 90 Gy (B).

nutrisi dari *hemolymph* dan menyalurkannya untuk sel germinal. Pada testis lalat normal, terdapat pembagian daerah / zona berdasarkan tingkat kematangan sel. Terdapat germarium di ujung testis dan berturut-turut ke arah pangkal terdapat daerah pertumbuhan (*zone of growth*), daerah pembelahan dan reduksi (*zone of division and reduction*) dan daerah perubahan bentuk (*zone of transformation*).

Gambar 4 menunjukkan adanya kerusakan sel akibat radiasi gamma dengan dosis 90 Gy. Pada preparat ini terlihat adanya perubahan komposisi dan ukuran sel, bila dibandingkan dengan preparat lalat normal. Preparat lalat iradiasi tidak

terjadi pada lalat normal umur yang sama yang memiliki daerah pematangan dan reduksi serta daerah perubahan bentuk. Preparat testis lalat iradiasi umur 14 hari dipenuhi oleh sel yang tidak terdiferensiasi. Selain itu pada preparat ini juga terdapat nukleus piknotik (*pycnotic nuclei*) dan epitel folikel yang rusak pada preparat testis lalat umur 14 hari. Menurut GIBSON [10] nukleus piknotik terdapat pada sel yang mengalami kematian. Pada nukleus piknotik ukuran inti selnya mengecil, namun kromatin menebal dan terkondensasi sehingga strukturnya tidak jelas lagi. Karena itu nukleus piknotik pada preparat terlihat sebagai noda/bintik gelap.



**Gambar 4.** Struktur histologis testis *B. zonata* mandul iradiasi umur 14 hari menurut SHEHATA [7] (A) dan testis *B. carambolae* pada kondisi yang sama (B): fe = epitel folikel, pn = nukleus piknotik.

menunjukkan adanya sel spermatosit. Hal ini diduga karena iradiasi 90 Gy telah mengakibatkan spermatogonia tidak terdiferensiasi menjadi spermatosit, seperti juga tampak dari berkurangnya ukuran testis yang diakibatkan oleh terjadinya pengurangan jumlah sel dalam jaringan tersebut. Pada lalat berumur 14 hari, pengaruh iradiasi tampak lebih jelas. Hal yang tampak berbeda pada preparat testis lalat iradiasi umur 14 hari adalah tidak adanya pembagian daerah/zona berdasarkan pematangan sel, seperti yang seharusnya

Kerusakan histologis akibat iradiasi seperti tampak pada Gambar 4 menunjukkan bahwa iradiasi gamma dosis 90 Gy sangat merusak sel gamet. Pada lalat iradiasi umur 14 hari ini terjadi kematian sel gamet. Akibat kematian sel-sel tersebut testis mengalami penurunan panjang dan lebar (dibandingkan dengan testis normal 14 hari) sebesar 39,20% dan 44,42%, seperti telah ditunjukkan pada hasil penelitian sebelumnya. Kerusakan yang terjadi pada sel-sel gamet yang sedang membelah ini sesuai dengan hukum BERGONIE &

TRIBONDEAU mengenai sensitivitas sel terhadap radiasi [11]. Menurut hukum tersebut, sel yang sensitif terhadap radiasi adalah sel yang memiliki tingkat mitosis tinggi, memiliki periode mitosis yang panjang, dan sel germinal.

## KESIMPULAN

Pengaruh iradiasi gamma pada dosis 90 Gy yang dipaparkan pada kepompong untuk tujuan memandulkan dewasa lalat buah jantan *Bactrocera carambolae*, dapat diamati pada morfologi dan histologi alat reproduksi (testis)nya. Testis lalat mandul iradiasi, ukuran panjang dan lebarnya, menjadi lebih kecil daripada ukuran testis lalat normal. Perubahan ukuran ini dapat dijadikan penanda, yang membedakan lalat mandul dari lalat normal. Disarankan agar perbedaan ini dapat digunakan dalam pelaksanaan pengamatan monitoring atau pengukuran populasi yang memanfaatkan teknik *release and recapture*. Dalam teknik *release and recapture* populasi absolut lalat buah di kebun diduga dengan cara mengukur perbandingan antara jumlah lalat normal dan lalat mandul yang dilepas. Dari pengamatan histologis diketahui bahwa mengecilnya ukuran testis terjadi sebagai akibat dari rusaknya sel germinal yaitu sel-sel spermatogonia di dalam jaringan testis. Lalat menjadi mandul karena sel spermatogonia yang rusak oleh radiasi gagal berkembang menjadi spermatid dan sperma yang normal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan tersusunnya tulisan ini, penulis berterimakasih kepada saudara Dhani Ikhsan SSi, dan Dr. Dadang Kusmana dari Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Indonesia atas segala bantuannya. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Ir. Indah Arastuti Nasution dan Dra. Murni Indarwatmi MSi., atas bantuannya selama dilakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

1. DREW, R.A.I. and HANCOCK D.L., The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. *Bulletin of Entomological Research*. Supplement Series 2, 88 (1994).
2. KUSWADI, A.N., INDARWATMI, M., NASUTION, I.A., DARMAWI, dan HiIMAWAN, T., Pengamatan Dinamika Populasi dan Penangkapan Masal Lalat Buah *Bactrocera carambolae* Untuk Pengendalian di Kebun Mangga, *Pros. Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Jakarta 23 - 24 Februari 2000*, 127 - 132 (2000).
3. METCALF, R.L. and LUCKMAN, W.H., "Introduction to Insect Pest Management (2<sup>nd</sup> Ed.), John Wiley & Sons, New York, 577 (1982).
4. BAUMHOVER, A.H., GRAHAM, A.J., and BITTER, B.A., Screwworm control through release of sterilized flies, *J. Econ. Entmol.*, 48, 462-68 (1955).
5. KLASSEN, W. and CURTIS, C.F., History of the Sterile Insect Technique, *In: Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-wide Integrated Pest Management*, (DYCK, V.A., HENDRICH, J. and ROBINSON, A.S., (eds.) Springer, Dordrecht, Netherlands, 3-36 (2005).
6. KUSWADI, A.N., Teknik Iradiasi dalam Pengendalian Hama Lalat Buah Pra dan Pasca Panen, *Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta 5 - 6 Agustus 2008*, 129 - 137 (2008).

- 
7. SHEHATA, N.F. YOUNES, M.W.F. and MAHMOUD, Y.A.. Histopathological effects of gamma irradiation on the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saund) male gonads. *Journal of Applied Sciences Research*, **2** (11), 1053-1058 (2006).
  8. RHAGU, S., HALCOOP, P. and R.A.I. DREW, Apodeme and ovarian development as predictors of physiological status in *Bactrocera cacuminata* (Hering) (Diptera: Tephritidae), *Australian Journal of Entomology*, 53-65 (2003).
  9. WEE, S.L., HEE, A.K.H. and TAN, K.H., Comparative sensitivity to and consumption of methyl eugenol in three *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) complex sibling species, *Chemoecology*, **12** (1), 193-197 (2002).
  10. GIBSON, C.J., Glossary of medical terms, 9 September 2006, 1 hlm., <http://www.uwo.ca/pathol/glossary>, 19 April (2007).
  11. BAKRIE, A., MEHTA, K. and LANCE, D.R., Sterilizing Insects with Ionizing Radiation, In: *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-wide Integrated Pest Management*, (DYCK, V.A., HENDRICHS, J. and ROBINSON, A.S., (eds.) Springer, Dordrecht, Netherlands, 233-268 (2005).
-

