

Daya Saing Kawin Nyamuk Jantan Steril (*Culex quinquefasciatus*) Skala Laboratorium: Studi Awal Penggunaan Teknik Serangga Mandul dalam Pengendalian Vektor Filariasis Limfatik di Kota Pekalongan

Mating competitiveness of sterile male Mosquitoes (Culex quinquefasciatus) in laboratory: Preliminary Study the use of the Sterile Insect Technique to vector control of Filariasis Limfatik in Pekalongan City

Tri Ramadhani¹, Upik Kusuma Hadi^{2*}, Susi Soviana², Zubaidah Irawati³, Sunaryo⁴

¹Mahasiswa Pasca Sarjana Program Doktor, Jurusan Parasitologi dan Kedokteran Entomologi Dramaga-Bogor, Jl Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680

²Laboratorium Entomologi, Jurusan Parasitologi dan Entomologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Hewan - Institut Pertanian Bogor, Dramaga-Bogor, Jl Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680

³Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (CIRA) - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jl Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, North Jakarta 12440

⁴Balai Litbang P2B2 Banjarnegara

Jl. Selamanik No. 16A, Banjarnegara, Jawa Tengah

*E-mail: upikke@gmail.com

Received date: 31-01-2017, Revised date: 07-06-2017, Accepted date: 14-06-2017

ABSTRAK

Culex quinquefasciatus merupakan vektor utama filariasis limfatik di Kota Pekalongan. Teknik Serangga Mandul dapat menjadi alternatif upaya pengendalian vektor filariasis. Keberhasilan teknik ini tergantung kemampuan jantan mandul untuk kawin dengan betina alam di laboratorium. Indikator aplikasi Teknik Serangga Mandul (TSM) ditentukan dengan nilai daya saing kawin dan sterilitas. Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Nyamuk *Culex quinquefasciatus* berasal dari galur lokal kota Pekalongan. Iradiasi gamma pada pupa (umur >15 jam) dengan dosis uji 0,60,65,70,75 dan 80 Gy di BATAN Jakarta. Nyamuk jantan yang muncul dari pupa kemudian di kawinkan dengan betina normal. Hasil perkawinan diamati jumlah nyamuk betina yang mampu bertelur, fertilitas, fekunditas dan daya saing kawin. Data dianalisis dengan uji ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan iradiasi berpengaruh terhadap fertilitas akan tetapi tidak dengan fekunditas dan daya saing kawin. Dosis 70 Gy merupakan dosis optimum dengan tingkat fertilitas 1,8% (sterilitas 98,2%) dan C indeks 0,586 dapat direkomendasikan untuk uji lanjut semi lapang. Banyaknya jantan steril yang dilepas enam kali dari populasi alam untuk memperbesar peluang kawin dengan betina normal.

Kata kunci: Daya saing kawin. *Culex quinquefasciatus*, TSM

ABSTRACT

Culex quinquefasciatus is the main vector of limfatic filariasis in Pekalongan City. Sterile Insect Tehnique could be an alternative vector control efforts to eliminate filariasis. The success of this technique is depend on the ability of laboratory-reared sterile males with the wild-type females. Indicator of SIT Application is determined by the value of the mating competitiveness and sterility to *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). The design of the research is an experimental. Gamma irradiation on the pupae (age . 15 hours) with the doses of 0 Gy, 60 Gy, 65 Gy, 70 Gy, 75 Gy and 80 Gy in BATAN Jakarta. Male mosquitoes which emerged from the pupa then matting with a normal female. This research observed the mean of females laying eggs ,fecundity, fertility and mating competitiveness. This experimental research was conducted in the laboratory and the data were analyzed by ANOVA. The result showed that irradiation at the trial doses had an effect on fertility of *Culex quinquefasciatus*, but not had significant effect on fecundity and mating competitiveness . A dose of 70 Gy is the optimum dose with a fertility rate of 1.8% (sterility 98.2%) and C index 0,568 can be recommended for futher semi field assays. The number of sterile males were six times compared with the wild population to increase the chances of mating with wild-type females.

Keywords : Mating competitiveness, *Culex quinquefasciatus*, Sterile Insect Technique

PENDAHULUAN

Filariasis limfatik merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh cacing filaria dan ditularkan melalui gigitan berbagai jenis nyamuk. Ada tiga spesies cacing penyebab filariasis limfatik di Indoensia yaitu : *Wuchereria bancrofti*; *Brugia malayi*; *Brugia timori*.¹ Semua spesies tersebut terdapat di Indonesia, namun lebih dari 70% kasus filariasis di Indonesia disebabkan oleh *Brugia malayi*.² Pada tahun 2015 kasus filariasis menurun dari 14.932 menjadi 13.032 kasus dengan rata-rata *mikrofilaria* 4,7%. Kondisi ini disebabkan karena beberapa provinsi telah melakukan validasi data kasus kronis dan dilaporkan adanya yang sudah meninggal dan tidak berada ditempat lagi serta rekonfirmasi diagnosis kasus kronis dari laporan tahun-tahun sebelumnya.³

Kota Pekalongan termasuk daerah endemis filariasis limfatik yang disebabkan cacing *Wuchereria bancrofti* dengan nyamuk *Culex quinquefasciatus* sebagai vektornya.⁴ Kasus filariasis pertama ditemukan pada tahun 2002, dan mulai dilakukan Survei Darah Jari (SDJ) dengan angka Mf-rate (*Microfilaria rate*) >1%. Tahun 2004 hingga 2010 ditemukan 179 kasus klinis dan 27 kasus kronis.⁵ Keberadaan tempat perkembangbiakan nyamuk *Culex quinquefasciatus* yang terus terjaga, cakupan pengobatan masal yang rendah (60,3%), belum ditunjang kesadaran penduduk terhadap kebersihan lingkungan, masih ditemukannya larva cacing filaria pada nyamuk serta adanya resistensi vektor terhadap insektisida merupakan faktor-faktor yang mendukung penularan filariasis tetap berlangsung di Kota Pekalongan.^{6,7,8} Hal ini juga menunjukkan bahwa pemberian obat masal yang diberikan selama lima tahun belum efektif dalam memutus mata rantai penularan filariasis. Upaya yang tidak kalah penting adalah kegiatan surveilans vektor filariasis sebagai dasar pengendalian vektor untuk memutus mata rantai penularan. Pengendalian vektor filariasis di Indonesia belum dilakukan secara khusus, mengingat permasalahan yang sangat kompleks, maka diperlukan inovasi baru untuk membantu program pengendalian vektor filariasis dengan Teknik Serangga Mandul (TSM).

TSM merupakan suatu cara pengendalian vektor yang ramah lingkungan, efektif, dan potensial. Teknik ini disebut juga sebagai pengendalian spesifik spesies, yaitu membunuh vektor dengan vektor itu sendiri (*autocidal technique*).⁹ Cara kerja tehnik tersebut relatif mudah yaitu dengan melakukan iradiasi terhadap nyamuk jantan di laboratorium kemudian dilepaskan ke habitatnya secara periodik. Iradiasi dapat mengurangi produksi telur yang disebabkan karena tidak terjadinya proses oogenesis sehingga tidak terbentuk oogenia atau telur. Aspermia dapat menyebabkan kemandulan karena iradiasi merusak spermatogenesis sehingga tidak terbentuk sperma. Inaktivasi sperma juga dapat menyebabkan kemandulan karena sperma tidak mampu bergerak untuk membuahi sel telur. Faktor penyebab kemandulan yang lain ialah ketidakmampuan kawin, hal ini karena iradiasi merusak sel-sel somatik saluran genitalia interna sehingga tidak terjadi pembuahan sel telur.¹⁰ Salah satu syarat TSM adalah kemampuan memelihara serangga secara masal di laboratorium dengan biaya yang murah.¹¹

Kemampuan TSM menekan populasi nyamuk (sterilitas) cukup tinggi pada nyamuk *Aedes aegypti* di Salatiga rata-rata sampai 84,62 persen, di Banjarnegara 79,58 persen dan di Bangka Barat sampai 53,03 persen. Aplikasi teknik serangga mandul telah diuji cobakan pada nyamuk *Aedes aegypti* dalam pengendalian vektor demam berdarah dan berhasil menurunkan populasi nyamuk sebesar 95,23 persen. Kondisi itu bertahan 3-6 bulan hingga kasus DBD kembali muncul. Hasil penelitian terhadap nyamuk jenis *Aedes Aegypti* dengan iradiasi sinar gamma dosis 70 Gy yang dilakukan Batan, ternyata bisa memandulkan nyamuk tersebut sampai 100 persen dengan nilai daya saing kawin 0,31 dan dosis 65 Gy memandulkan 98,53 persen dengan daya saing kawin 0,45.¹² Untuk nyamuk malaria, diteliti pada jenis *Anopheles maculatus* dengan dosis 110 Gy dapat memandulkan 97 persen dengan daya saing kawin 0,65 dan dosis 12 Gy memandulkan 99,99 persen.¹³ Hasil penelitian terhadap nyamuk *Culex quinquefasciatus* di laboratorium menunjukkan dosis sinar gamma 40 Gy, 50 Gy, 60 Gy, dan 70 Gy menyebabkan terjadinya sterilitas telur yang dihasilkan berturut-turut adalah 20,919%, 48,995%, 89,48%, dan 100% dan nilai daya saing

kawin nyamuk jantan pada dosis 40 Gy, 50 Gy, dan 60 Gy adalah 0,9225, 0,877, dan 0,864.¹⁴

Penggunaan iradiasi gamma akan menyebabkan kerusakan pada inti sel telur atau inti sperma sehingga terjadi mutasi gen. Mutasi lethal dominan tidak menghambat proses pembentukan gamet jantan maupun betina, dan zygote yang terjadi juga tidak dihambat namun embrio akan mengalami kematian. Dengan demikian, metode TSM tidak memiliki dampak permanen terhadap ekologi. Disebutkan, nyamuk jantan itu akan berfungsi layaknya insektisida yang mengurangi populasi nyamuk dalam jangka waktu tertentu, akan tetapi tanpa efek buruk seperti insektisida yang berbasis zat kimia beracun. Nyamuk jantan mandul ini juga lebih efektif untuk menumpas serangga yang telah mengembangkan kekebalan tubuh terhadap pestisida yang sudah sering digunakan.⁹

Aplikasi TSM untuk pengendalian nyamuk *Cx. quinquefasciatus* belum pernah dilakukan di Indonesia, sehingga diperlukan uji pendahuluan untuk menunjang keberhasilan aplikasi TSM di alam. Beberapa uji pendahuluan yang diperlukan untuk mendukung pelaksanaan aplikasi TSM di lapangan adalah daya saing kawin nyamuk jantan steril baik skala laboratorium maupun semi lapang. Tujuan penelitian ini adalah menentukan daya saing kawin, fekunditas dan fertilitas nyamuk *Culex quinquefasciatus* jantan steril skala laboratorium mendukung aplikasi TSM di lapangan.

METODE

Waktu dan tempat penelitian

Kolonisasi nyamuk *Culex quinquefasciatus* dan uji daya saing kawin dilakukan di laboratorium Balai Litbang P2B2 Banjarnegara (P2B2) Banjarnegara. Iradiasi dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) BATAN Jakarta. Penelitian dilakukan mulai bulan April-Desember 2016.

Nyamuk uji (bahan penelitian)

Bahan penelitian berupa pupa nyamuk *Culex quinquefasciatus* generasi ke-2 sampai ke-3 yang berasal dari koleksi lapangan di Kelurahan Pabean Kota Pekalongan yang telah dipelihara di Laboratorium Entomologi Balai Litbang P2B2

Banjarnegara. Koloni diawali dengan survei larva *Culex sp* di Kelurahan Pabean Kota Pekalongan. Kemudian dipelihara di laboratorium dengan diberi pakan larva nyamuk menggunakan makanan kucing yang tidak ditumbuk (Pedigree®). Pemberian pakan larva disesuaikan dengan umurnya, setelah instar tiga dipindah ke dalam nampan pemeliharaan berukuran 27cmx35cmx5cm dengan kepadatan 400-600 ekor/nampan. Pemeliharaan larva dilakukan sampai semua menjadi pupa. Pupa yang dihasilkan setiap hari diambil dan dimasukkan di dalam kurungan nyamuk. Nyamuk yang telah muncul di dalam kurungan kemudian diidentifikasi dan dipisahkan yang spesies *Culex quinquefasciatus* dan diberi larutan gula 10% dan darah marmot agar dapat bertelur. Telur yang dihasilkan kemudian di tetaskan dan dipelihara sampai menjadi pupa. Proses kolonisasi nyamuk terus dilakukan sampai terbentuk kolonisasi *Cx. quinquefasciatus* yang stabil dan siap dilakukan uji. Pupa hasil kolonisasi di laboratorium dipisahkan antara pupa jantan (berukuran lebih kecil) dan pupa betina, dengan menggunakan saringan (pupa yang berukuran kecil 90-95% berjenis kelamin jantan).¹⁵ Pupa jantan yang telah teridentifikasi kemudian dimasukan ke dalam botol dan disimpan di dalam *cool box* dan di bawa ke PAIR BATAN Jakarta untuk diiradiasi. Pupa betina dimasukkan di dalam kurungan nyamuk berukuran 30cmx30cmx30cm dan disimpan di laboratorium entomologi Balai Litbang P2B2 Banjarnegara sebelum dilakukan uji. Setelah dilakukan iradiasi terhadap pupa yang berukuran kecil, nyamuk dewasa yang muncul setiap hari dipisahkan antara nyamuk jantan dan betina. Pemurnian koloni nyamuk jantan dilakukan sesaat setelah pupa nyamuk berubah menjadi dewasa dengan cara mengeluarkan jantan di koloni betina atau sebaliknya dengan menggunakan aspirator mulut.

Iradiasi

Iradiasi dilakukan pada stadium pupa *Cx quinquefasciatus* umur >15 jam menggunakan irradiator Gamma Cell-220, yang didasarkan pada posisi sumber radioaktif yang mengelilingi materi, sehingga materi mendapat dosis serap yang lebih seragam. Masing-masing sampel ditempatkan dalam pot plastik berukuran diameter bawah 4,5

cm, diameter atas 6,5 cm tinggi 6,5 cm dan berisi 20 ml air. Secara terpisah dan bergantian, iradiasi dilakukan terhadap 150 ekor pupa dengan dosis 0,60,65,70,75 dan 80 Gy. Pemilihan besarnya dosis daya saing kawin berdasarkan hasil uji sterilitas. Kontrol adalah pupa jantan *Culex quinquefasciatus* yang tidak diiradiasi yang telah disiapkan di laboratorium entomologi Balai Litbang P2B2 Banjarnegara dengan umur yang sama dengan pupa yang diiradiasi.

Rancangan penelitian Daya Saing Kawin

Uji daya saing kawin dilakukan dilaboratorium entomologi Balai Litbang P2B2 Banjarnegara dengan suhu 22°C-25°C dan kelembaban 70-79%. Setelah proses radiasi masing-masing nyamuk kemudian dimasukan ke dalam kurungan dengan pola perbandingan jantan dan betina, normal dan iradiasi. Sebanyak 25 ekor nyamuk *Culex quinquefasciatus* jantan dan betina digunakan pada setiap kombinasi perkawinan dengan tiga kali ulangan. Proses perkawinan dilakukan secara alami dengan menempatkan jantan-betina pada kandang kubus ukuran 30cmx30cmx30cm selama 2-3 hari untuk memaksimalkan terjadinya perkawinan. Jantan iradiasi diberi kode R dan betina jantan normal diberi kode N. Selanjutnya semua nyamuk tersebut dikawinkan seperti kombinasi dalam tabel 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian dan kombinasi perkawinan untuk mengetahui daya saing kawin

Dosis	Ulangan	Kombinasi Perkawinan
		Setiap dosis:
60Gy	4	Ha = 25 ♂N X 25 ♀N
70Gy	4	Hs = 25 ♂R X 25 ♀N
80Gy	4	E = 75 ♂R X 25 ♂N X 25 ♀N
		Ket:
		N = Nyamuk Normal
		R = Nyamuk Iradiasi

Sebagai sumber nutrisi diberikan larutan gula 10%. Setelah hari keempat diberikan dua periode darah marmot selama lima hari. Setelah diberi pakan darah (dua hari setelah pemberian pertama) nyamuk betina dengan kondisi abdomen penuh

darah atau gravid diambil secara individual untuk dimasukkan dalam paper cup berukuran 150 ml, yang telah diisi air jerami 10% sebanyak 50 ml sebagai tempat bertelur. Telur yang dihasilkan diamati dan dihitung jumlahnya dibawah mikroskop, kemudian dibiarkan sampai menetas (5 hari). Hitung jumlah telur yang menetas. Pengamatan hanya dilakukan dalam satu siklus gonotropik dan semua uji dilakukan pengulangan sebanyak empat kali sesuai rumus Federer 1967 $(n-1)(t-1) \geq 15$.¹⁶

Parameter yang diukur dan analisis data.

Jumlah nyamuk betina gravid, fekunditas (jumlah telur yang dihasilkan oleh nyamuk betina dalam satu siklus gonotropik), telur yang menetas (fertilitas), dan nilai daya saing kawin diperoleh dari *Fried index* (C Indeks). Nilai daya saing kawin atau C indeks diperoleh dari persamaan berikut¹⁷:

$$\text{Mating Competitiveness} = \frac{(H_a - E) / (E - H_s)}{(S / N)}$$

Ha adalah persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan dan betina normal. Hs adalah persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan iradiasi dan betina normal dengan perbandingan 1:1. E adalah persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan iradiasi, jantan normal dan betina normal dengan perbandingan 3:1:1. S adalah jumlah jantan normal sedangkan N adalah jumlah jantan yang diiradiasi. Analisa data indeks daya saing kawin, fertilitas dan fekunditas pada masing-masing dosis dilakukan dengan menggunakan uji ANOVA dan korelasi person.

HASIL

Fekunditas dan fertilitas

Data fekunditas, fertilitas dan jumlah nyamuk *Culex quinquefasciatus* yang berhasil bertelur dari betina normal yang dikawinkan dengan jantan iradiasi dan kontrol terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2 Fekunditas dan fertilitas dari *Culex quinquefasciatus* betina hasil perkawinan dengan nyamuk jantan iradiasi pada berbagai dosis (empat kali ulangan).

Dosis	% rata-rata nyamuk betina bertelur \pm SD	Fekunditas \pm SD (95 % CI)	% Fertilitas \pm SD (95 % CI)
Kontrol (0 Gy)	40,00 \pm 2,16 ^a	111,8 \pm 10,2 (95,5-128,1) ^a	94,1 \pm 5,4 (85,6-102,7) ^b
60 Gy	22,00 \pm 1,92 ^a	109,3 \pm 26,5 (67,5-151,4) ^a	4,8 \pm 1,5 (2,4-7,3) ^b
65 Gy	28,00 \pm 4,00 ^a	117,7 \pm 9,4 (102,8-132,6) ^a	2,9 \pm 2,2 (0,5-6,4) ^b
70 Gy	43,00 \pm 3,59 ^a	120,7 \pm 11,1 (103,1-38,4) ^a	1,8 \pm 0,6 (1,0-2,6) ^b
75 Gy	39,00 \pm 1,89 ^a	109,4 \pm 11,3 (91,5-127,3) ^a	1,7 \pm 0,8 (0,4-3,1) ^b
80 Gy	31,00 \pm 2,06 ^a	96,4 \pm 27,5 (52,7-140,2) ^a	1,3 \pm 0,6 (0,4-2,4) ^b

Ket:

^a menunjukkan tidak ada perbedaan dosis iradiasi dengan fekunditas dan rata-rata nyamuk betina yang bertelur

^b menunjukkan ada perbedaan dosis iradiasi dengan fertilitas

Persentase nyamuk betina yang berhasil bertelur sebesar 40% pada kontrol dan 22-43% pada perlakuan, dan secara statistik tidak ada perbedaan (One Way ANOVA, $F = 2,201$; $P = 0,099$). Meskipun ada perlakuan iradiasi pada nyamuk jantan, tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap produksi telur antara perlakuan dan kelompok kontrol (one way ANOVA, $F=0,907$; $P=0,498$).

Tingkat kesuburan (fertilitas) dari nyamuk betina normal tertinggi sebesar 94,1% (95% CI:85,6%-02,7%) pada kontrol, sementara paling rendah 1,3% (CI: 0,4%-2,4%) yang berasal dari perkawinan betina normal dengan jantan iradiasi dosis 80 Gy. Ada perbedaan yang signifikan secara statistik tingkat fertilitas antara perlakuan dan kontrol (one way ANOVA; $F = 896,614$; $P < 0,05$).

Daya saing kawin

Hasil uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan daya saing kawin terhadap dosis iradiasi pada nyamuk jantan ($p > 0,05$). Indeks daya saing kawin pada dosis iradiasi 70Gy relatif sama dengan 80 Gy. Tabel 3 juga menunjukkan untuk rasio perkawinan jantan iradiasi: jantan normal: betina normal dengan perbandingan 0:1:1, 1:0:1, dan 3:1:1 pada dosis 70Gy rata-rata telur yang menetas sebesar 91,5; 2,27; 36,73%.

PEMBAHASAN

Fekunditas nyamuk betina tidak berhubungan dengan dosis iradiasi pupa jantan. Rata-rata jumlah nyamuk betina yang bertelur tidak ada

perbedaan antara perlakuan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perkawinan (inseminasi) tetap terjadi, akan tetapi embrio yang terbentuk tidak dapat bertahan karena adanya sifat lethal dominan yang dibawa oleh sel sperma nyamuk jantan steril. Mutasi letal dominan dapat dilihat dari tingkat sterilitas yang meningkat seiring dengan bertambahnya dosis iradiasi gamma yang diberikan.¹²

Tingkat fertilitas merupakan persentase jumlah telur yang menetas dari keseluruhan jumlah telur yang dihasilkan oleh betina yang dikawinkan dengan jantan steril. Variasi dosis iradiasi berpengaruh terhadap prosentase penetasan telur dari betina yang kawin dengan jantan iradiasi. Sperma yang dihasilkan menjadi tidak normal diakibatkan pada banyaknya telur steril yang terbentuk dari sperma jantan yang tidak normal. Stadium pupa merupakan stadium perkembangan dimana terjadi transformasi atau perkembangan organ muda menjadi organ dewasa.¹⁸ Pada stadium ini umumnya spermatogenesis sedang berlangsung, sehingga dengan radiasi dosis rendah (65-70 Gy) sudah dapat menimbulkan kemandulan. Pada proses spermatogenesis sel-sel sperma membelah dengan cepat, sehingga apabila iradiasi dilakukan akan terkena pada sperma akan mengalami perubahan sehingga terbentuk sperma-sperma tidak normal. Sperma tidak normal mempunyai kepala kecil dan ekor pendek serta mobilitas rendah. Sedangkan sperma normal berukuran lebih besar dan memiliki mobilitas lebih tinggi.²³ Persentase penetasan telur betina yang dipakai pada

penelitian ini cukup baik yaitu mencapai 94,1%. Hal ini berbeda dengan penelitian Hadian terhadap nyamuk *Aedes aegypti* persentase penetasan telur yang diperoleh sebesar 50,6%.¹⁹ Variasi dosis iradiasi gamma berpengaruh terhadap fertilitas atau sterilitas telur *Cx. quinquefasciatus*, hal yang sama terjadi pada penelitian Riyani, dimana pada dosis 70Gy didapatkan sterilitas 100%.²⁰ Sterilitas telur juga bisa terjadi karena tidak terjadi pembuahan antara sperma steril dengan sel telur karena *Cx. quinquefasciatus* jantan tidak mampu dengan sempurna melakukan kopulasi dengan betina di alam akibat organ genitalnya mengalami perubahan sehingga sperma tidak bisa tersalur dengan sempurna.²¹ Pada nyamuk *Aedes aegypti* efek iradiasi selain berpengaruh pada tingkat sterilitas juga pada kemunculan menjadi nyamuk dewasa, rasio jenis kelamin dan umur.²²

Pada penelitian ini meskipun secara statistik dosis iradiasi tidak berpengaruh terhadap daya saing kawin, hal ini dimungkinkan karena kisaran dosis yang diujikan relatif tidak jauh berbeda. Pada beberapa penelitian membuktikan dosis yang lebih tinggi akan menimbulkan efek yang negatif

terhadap daya saing kawin.²³ Misalnya pada *Culex quinquefasciatus* jantan hasil pupa yang diiradiasi pada dosis yang lebih rendah mempunyai nilai daya saing kawin yang lebih tinggi.²⁴ Pola tersebut juga terjadi *Aedes aegypti*¹⁵ dan *Anopheles arabiensis*.²⁵ Dosis radiasi tinggi (> 120 Gy) yang diperlukan untuk membuat jantan steril juga menyebabkan kegagalan nyamuk jantan untuk memindahkan sperma kepada nyamuk betina.²⁶

Daya saing kawin merupakan parameter yang penting yang menunjukkan kualitas nyamuk jantan mandul sebelum pelaksanaan aplikasi TSM di alam. Nyamuk jantan *Cx. quinquefasciatus* mandul harus dapat berkompetisi dengan nyamuk jantan alam pada saat pelepasan di area target sehingga dapat mengawini betina lapangan. Adanya proses sterilisasi iradiasi gamma menyebabkan penurunan daya saing, dikarenakan sifat pengion yang dapat merusak sel-sel somatis, sehingga mengurangi kebugaran nyamuk jantan.²⁷ Kondisi ini akan mengurangi kemampuan dalam perkawinan dengan nyamuk betina.

Tabel 3. Nilai Daya Saing Kawin dari *Culex quinquefasciatus* berbagai dosis iradiasi dengan kombinasi perkawinan pada skala laboratorium

Dosis	Ulangan ¹⁶	Persentase penetasan kombinasi perkawinan			S/N	C indeks
		JR:JN:BN				
		0 : 25 : 25	25 : 0 : 25	75 : 25 : 25		
60 Gy	4	91,5	5,89	28,18	3	0,285 ^a
70 Gy	4	91,5	2,27	36,73	3	0,586 ^a
80 Gy	4	91,5	3,85	44,86	3	0,581 ^a

Ket:

JR: Jantan Radiasi

JN: Jantan Normal

BN: Betina Normal

S/N: Rasio jantan iradiasi dan normal pada perlakuan

^a menunjukkan tidak ada perbedaan daya saing kawin dengan dosis iradiasi pada nyamuk jantan.

Selain itu hasil penelitian Benni 2017 menunjukkan laju dosis juga berpengaruh terhadap daya saing kawin nyamuk jantan mandul.²⁸ Hasil penelitian ini menunjukkan nilai daya saing kawin nyamuk jantan hasil iradiasi pupa pada dosis 70 Gy menunjukkan hasil yang tidak berbeda jika dibandingkan dengan dosis 80

Gy. Dosis 70 Gy mempunyai nilai fertilitas 1,3 % dan nilai daya saing yang lebih baik dari iradiasi 80 Gy (0,586 dan 0,581). Hal tersebut berarti iradiasi dosis 70Gy mampu mengurangi daya tetas telur sebesar 98,2%. Selain itu nilai daya saing kawin atau Indeks C berguna untuk menentukan jumlah nyamuk jantan mandul yang akan disebar.

Pada dosis 70 Gy diperoleh nilai indeks kompetitif atau C indeks sebesar 0,586. Ini berarti rasio nyamuk jantan mandul dan normal sebesar 6 banding 1 pada saat pelepasan di alam, agar dapat efektif mengurangi populasi. Hasil ini dapat digunakan sebagai data dasar uji lanjut pada skala semi lapang atau lapang terbatas dengan nyamuk *Culex quinquefasciatus*. Pada nyamuk *Anopheles arabiensis* dengan dosis iradiasi 70-75 Gy diperoleh indeks kompetitif sebesar 0,31 yang berarti hanya perlu nyamuk jantan steril 3 kali nya nyamuk normal untuk mengurangi populasi nyamuk di alam.²⁹

KESIMPULAN

Iradiasi pada pupa *Culex quinquefasciatus* dengan dosis 60-80 Gy berpengaruh terhadap fertilitas akan tetapi tidak dengan fekunditas dan daya saing kawin. Dosis 70 Gy merupakan dosis optimum yang dapat dipakai dengan tingkat fertilitas 1,8% (sterilitas 98,2%) dan daya saing kawin 0,586. Hal ini berarti jumlah jantan steril yang dilepas harus enam kali dari populasi alam untuk memperbesar peluang kawin dengan betina normal. Akan tetapi hasil ini perlu diuji lanjut pada skala semi lapang atau lapang terbatas.

SARAN

Perlunya dilakukan uji aplikasi TSM terhadap *Cx. quiquefasciatus* dalam skala semi lapang dan lapang terbatas sebelum aplikasi ke lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Litbang P2B2 Banjarnegara, Kepala Dinas Kesehatan Kota Pekalongan, teman-teman PAIR BATAN dan tehniisi laboratorium entomologi Balai Litbang P2B2 Banjarnegara yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. Global Program to Eliminate Lymphatic Filariasis, A Hand Book for National Elimination Program 2013
2. Kemenkes. Pedoman Eliminasi Filariasis di Indonesia. Pedoman Penentuan dan Evaluasi

Daerah Endemis Filariasis, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2012

3. Pusdatin Kemnkes RI. Situasi Filariasis di Indonesia Tahun 2015, Infodatin ISSN 2442-7659, 2016
4. Tri Ramadhani, Suyoko, Sri Sumarni, *Culex quinquefasciatus* sebagai vektor utama filariasis limfatik yang disebabkan wuchereria bancrofti di Kelurahan pabean Kota Pekalongan, Jurnal Ekologi Kesehatan Edisi 9 Vol 3 September 2010 Terakreditasi Nomor:105/AKRED-LIPI/P2MBI/10/2007
5. Dinas Kesehatan Kota Pekalongan. Profil Kesehatan Kota Pekalongan 2012
6. Tri Ramadhani, Bondan Fajar Wahyudi. Keanekaragaman dan Dominasi Nyamuk di Daerah Endemis Filariais Limfatik Kota Pekalongan, Jurnal Vektor Penyakit Volume 9 No 1 (2015) ISSN 1978-3647 EISSN 2354-8835 DOI : 10.22435/vektor.v9i1.5037.1-8
7. Bondan Fajar Wahyudi, Nova Pramestuti. Kondisi Filariasis Pasca Pengobatan Massal di Kelurahan Pabean Kecamatan Pekalongan Utara Kota Pekalongan, Jurnal BALABA Vol.12 No.1, Juni 2016: 55-60
8. Ike Ani Windiastuti, Suhartono, Nurjazuli. Hubungan Kondisi Lingkungan Rumah, Sosial Ekonomi, dan Perilaku Masyarakat dengan Kejadian Filariasis di Kecamatan Pekalongan Selatan Kota Pekalongan, Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia Vol. 12 No. 1 / April 2013
9. Singgih. Prinsip Dasar Penerapan Teknik Serangga Mandul untuk Pengendalian Hama pada Kawasan yang luas, Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Iradiasi a Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation Vol. 2 No. 2 Desember 2006
10. KNIPLING, E.F. Possibilities of Insect Control or Eradication Through the Use of Sexuality Sterile, *J. Econ. Entomol.* 48, 459-462, 1955
11. Siti Nurhayati, Buletin Alara, Volume 7 Nomor 1 & 2, Agustus & Desember 2005, 17 – 23
12. Siti Nurhayati, Bambang Yunianto, Tri Ramadhani, Bina Ikawati, Budi Santoso and Ali Rahayu. Controlling *Aedes aegypti* Population as DHF Vector with Radiation Based-Sterile Insect Technique in Banjarnegara Regency, Central Java, Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology Vol. 14, No. 1, Februari 2013; 01-10

13. Widiarti. Pengembangan Teknik Serangga Mandul dengan Iradiasi Gamma dalam Upaya Pengendalian Vektor Malaria Di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah, Laporan akhir Penelitian Ristek 2010
14. Riyani. tesis Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Sterilias, dan Daya Saing Kawin *Culex quinquefasciatus* di Laboratorium 2013
15. Siti Nurhayati, Budi Santoso dan Ali Rahayu. Pengendalian Populasi Nyamuk *Aedes aegypti* dan *Anopheles sp* sebagai Vektor Demam Berdarah dan Malaria dengan Teknik Seranggan Mandul (TSM) Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VI Jakarta, 15-16 Juni 2010
16. Akhmad Muntaha, Haitami, Nurul Hayati. Pebandingan Penurunan Kadar Formalin Pada Tahu yang direbus dan direndam Air Panas, Medical Laboratory Technology Journal 1 (2), 2015, 84-90
17. Dyck, Hendrichs, Robinson. Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management 2005 eBook ISBN 978-1-4020-4051-1DOI10.1007/1-4020-4051-2
18. HOPER, G.H.S. Competitiveness of Gamma Sterilized Males of the Mediteranean Fruit Fly: Effect of Irradiating Pupae or Adult Stage and of Irradiating Pupae in Nitrogen. J. Econ. Entomol., 64, 464 – 368. 1976
19. Hadian Iman Sasmita dan Beni Ernawan. Kualitas Nyamuk Jantan Mandul *Aedes aegypti*L. Hasil Iradiasi Gamma: Efek Iradiasi Pada Fase Pupa dan Dewasa, Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi a Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation Vol. 10 No. 2 Desember 2014 ISSN 1907-0322
20. Riyani Setiyaningsih, Widiarti, Bambang Heriyanto. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Sterilitas dan Perkembangan Embrio *Culex quinquefasciatus* Jurnal *Media Litbangkes*, Vol. 25 No. 1, Maret 2015, 51 – 58 2013
21. Helinski MEH, and Knols BGJ. Mating competitiveness of male *Anopheles arabiensis* mosquitoes irradiated with a partially-or fullysterilising dose in small and large laboratory cages 2008. [internet], Available from: <<http://edepot.wur.nl/122013>> [Diakses 26 Januari 2017]
22. Vinaya Shetty, N.J. Shetty, B.P. Harini, S.R. Ananthanarayana, S.K. Jha, R.C. Chaubey, Effect of gamma radiation on life history traits of *Aedes aegypti* (L.) Journal Parasite Epidemiology and Control 1 (2016) 26–35
23. HELINSKI, MICHELLE E.H., PARKER, A.G., KNOLS, BART. G.J., Radiation biology of mosquitoes, Malaria Journal, 8 (Suppl 2), S6 2009
24. EL-GAZZAR L.M., DAME D.A., SMITTLE B.J. Fertility and competitiveness of *Culex quinquefasciatus* males irradiated in nitrogen, J. Econ. Entomol., 76, 821-823, 1983
25. Helinski, M.E.H., and Knols, B.G. J Sperm quantity and size polymorphism in un-irradiate male of the malaria mosquito *Anopheles arabiensis* patton 2008 [internet], Available from: <<http://edepot.wur.nl/122013>> [Accessed 24 Januari 2017]
26. NURHAYATI, S., BUDI S., ALI R., DEVITA T. Pengaruh Radiasi sinar Gamma Terhadap Daya Saing Kawin Nyamuk *Aedes aegypti* Sebagai Vektor Demam Berdarah Dengue (DBD), Prosiding Seminar Nasional Keselamatan dan Lingkungan V, 2009 Depok.
27. Bellini, R., Balestrino, F., Medici, A., Gentile, G., Veronesi, R. and Carrieri, M. Mating competitiveness of *Aedes albopictus* radio-sterilized males in large enclosures exposed to natural conditions. Journal of Medical Entomology, 50(1), 94–102, 2013
28. Beni Ernawan. Pengaruh Laju Dosis Iradiasi Gamma terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* ditinjau dari Aspek Perilaku dan Biomolekuler, [Tesis] Universitas Indonesia, 2017
29. Givemore Munhenga, Basil D. Brooke, Jeremie R. L. Gilles, Kobus Slabbert, Alan Kemp, Leonard C. Dandalo, Oliver R. Wood, Leanne N. Lobb, Danny Govender, Marius Renke, and Lizette L. Koekemoer. Mating competitiveness of sterile genetic sexing strain males (GAMA) under laboratory and semi-field conditions: Steps towards the use of the Sterile Insect Technique to control the major malaria vector *Anopheles arabiensis* in South Africa, Journal Parasites & Vectors (2016) 9:122 DOI 10.1186/s13071-016-1385-9