

## Kajian Fisiologis Teknik Serangga Mandul (TSM) terhadap Pembentukan Telur Steril pada Nyamuk Pembawa Penyakit

Alifia Rizka Fitrianti<sup>1\*</sup>, Alina Nur Anggraeni<sup>2</sup>, Erik Setiawan<sup>3</sup>, Vika Taniya Romadhona<sup>4</sup>,  
Tri Uji Lestari<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Pendidikan Biologi, Universitas Tidar

Email: [1alifiarizkafitrianti@gmail.com](mailto:1alifiarizkafitrianti@gmail.com),

[2alinanuranggraeni12@gmail.com](mailto:2alinanuranggraeni12@gmail.com),

[3eriks4549@gmail.com](mailto:3eriks4549@gmail.com),

[4vikataniya99@gmail.com](mailto:4vikataniya99@gmail.com),

[5triujilestari93@gmail.com](mailto:5triujilestari93@gmail.com).

Article History	Abstrak
<p>recieved: 10-12-2021 revised: 05-04-2022 accepted: 06-04-2022</p> <p><b>Kata kunci:</b> Nyamuk, Penyakit, Steril, Telur</p> <p><b>Corresponding Author:</b> Alifia Rizka Fitrianti Pendidikan Biologi, Universitas Tidar <a href="mailto:alifiarizkafitrianti@gmail.com">alifiarizkafitrianti@gmail.com</a></p>	<p>Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaplikasian Teknik Serangga Mandul (TSM) pada nyamuk pembawa penyakit. Teknik Serangga Mandul (TSM) merupakan strategi yang efektif dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit yang dibawa oleh serangga, salah satunya nyamuk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>library research</i> yang diperoleh melalui pencarian sistematis dari Google Scholar, Researchgate dan lain lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nyamuk jantan yang diiradiasi dengan sinar gamma cobalt-60 (60 Gy) akan berumur panjang dan memiliki daya saing kawin yang tinggi, setelah dilepasliarkan di alam, nyamuk jantan steril ini akan kawin dengan betina normal dan akan menghasilkan telur steril yang didalamnya tidak terdapat embrio. Atas dasar hal ini penggunaan TSM dinilai ampuh untuk menekan perkembangan nyamuk pembawa penyakit.</p>
<p><b>Keywords:</b> Mosquito, Disease, Sterile, Egg</p>	<p><b>Abstract</b> <i>This study was conducted to examine the application of the Insect Insect Technique (TSM) on disease-carrying mosquitoes. Insect Insect Technique (TSM) is an effective strategy in preventing and controlling diseases carried by insects, one of which is mosquitoes. The method used in this research is library research obtained through systematic searches from Google Scholar, Researchgate, and others. The results showed that male mosquitoes irradiated with cobalt-60 gamma rays (60 Gy) will live long and have high mating competitiveness, after being released into the wild, these male mosquitoes will mate with normal females and will produce sterile eggs which do not contain embryo. On this basis, the use of TSM is considered effective in suppressing the development of disease-carrying mosquitoes.</i></p>
<p><b>Scan me:</b></p> 	 <p>© 2020 Universitas Tidar. This is an open-access article under the CC-BY-NC-SA license <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a></p>

### Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan biodiversitas yang melimpah. Dari mulai keanekaragaman hewan, tumbuhan sampai serangga. Nyamuk adalah salah satu jenis serangga yang memiliki keragaman melimpah dan erat dengan kehidupan manusia. Nyamuk merupakan salah satu vektor pembawa penyakit yang parah dan dapat menular ke manusia. Indonesia memiliki tingkat keberagaman

nyamuk yang cukup tinggi, menempati posisi kedua setelah Brazil dengan jumlah spesies tercatat sebanyak 439 spesies (Foley, 2007). Bahkan jumlah spesies nyamuk *Aedes* di Indonesia pernah tercatat sebanyak 123 spesies. Terdapat dua spesies nyamuk yaitu *Aedes aegypti* dan *Ae. Albopictus* yang merupakan vektor penyebab penyakit yang banyak ditemui di Indonesia. Dalam catatan WHO sejak tahun 1968 sampai tahun 2009 negara Indonesia mendapat peringkat tertinggi di Asia Tenggara dalam kasus demam berdarah, dan angka kasus malaria dari tahun 2006 sampai 2009 memiliki angka kematian 3,6%.

Tubuh nyamuk memiliki tiga bagian utama yaitu kepala, toraks, dan abdomen (perut). Kepala nyamuk berbentuk membulat dengan sepasang mata majemuk, sepasang antenna, sepasang pulpi, dan sebuah proboscis. Bagian yang digunakan oleh nyamuk untuk menghisap darah adalah proboscis dan kebiasaan mengisap darah itu dimiliki oleh nyamuk betina, sedangkan jantan menggunakan proboscis sebagai alat untuk mengisap cairan dari buah dan tumbuhan. Siklus hidup nyamuk melalui proses metamorfosis sempurna: telur-larva-pupa-nyamuk dewasa. Saat fase telur hingga pupa, nyamuk hidup di dalam air sedangkan pada fase dewasa nyamuk hidup di darat atau udara. Nyamuk betina memiliki waktu hidup lebih dari nyamuk jantan, dengan umur kurang lebih 2 minggu, dan paling lama 2-3 bulan. Nyamuk memiliki sifat adaptif yang membuatnya dapat hidup dan berproduksi dalam jumlah besar. Banyak upaya yang dilakukan untuk mengendalikan penyebaran dan populasi nyamuk, seperti fogging (pengasapan) dan pemberantasan sarang nyamuk (PSN) dengan 3M. Upaya tersebut tidak membuahkan hasil yang cukup maksimal, untuk memberantas keberadaan nyamuk perlu memperhatikan tiga metode pengendalian vektor nyamuk. Tiga hal tersebut adalah fisik, kimia, biologis, dan pengelolaan lingkungan. Pengendalian nyamuk juga masih bergantung pada penggunaan insektisida. Padahal insektisida sendiri memiliki beberapa kekurangan seperti dapat memunculkan populasi yang kebal terhadap insektisida, terjadinya kontaminasi lingkungan serta dapat membunuh organisme lainnya.

Sifat resistensi terhadap insektisida merupakan sifat yang timbul akibat adaptasi serangga agar tetap bertahan hidup dalam proses seleksi alam sesuai teori evolusi yang dijelaskan oleh Darwin. Proses ini terjadi karena suatu populasi yang awalnya normal, jumlah individu yang memiliki gen pembawa resistensi amat rendah, individu tersebut mengalami berbagai tekanan insektisida masih dapat bereproduksi dan menghasilkan populasi baru yang memiliki sifat resisten terhadap insektisida. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh penggunaan pestisida inilah yang menyebabkan munculnya inovasi baru. Salah satu dari inovasi tersebut adalah metode modifikasi nyamuk secara genetik (*Genetically Modified Mosquitoes*). Strategi ini dilakukan dengan melepaskan serangga yang mandul pada populasi nyamuk. Bahkan teknik ini juga dapat diintegrasikan dengan program pengendalian vektor lainnya.

Teknik serangga mandul merupakan teknik pengendalian hama yang potensial, ramah lingkungan, sangat efektif, spesies spesifik, dan teknik ini kompatibel dengan teknik lainnya. Prinsip dasar dari TSM adalah membunuh serangga dengan serangga. Prinsip dasar teknik ini mencakup iradiasi koloni serangga di dalam laboratorium dengan menggunakan sinar  $\gamma$ , n, atau x, dan kemudian secara bergantian akan dilepaskan ke tempat target sehingga tingkat perkawinan antara serangga mandul dan serangga fertil dari generasi ke generasi menjadi semakin besar dan berakibat menurunnya presentase fertilitas populasi serangga dilapang. Secara teoritis pada generasi ke-4 presentase tersebut mencapai taraf paling rendah yaitu mencapai 0%. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaplikasian Teknik Serangga Mandul (TSM) pada nyamuk.

## Metode

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kepustakaan atau *library research* yaitu suatu metode dalam mengumpulkan informasi dengan menggunakan data kepustakaan seperti buku, catatan, maupun laporan hasil penelitian terdahulu yang diperoleh melalui pencarian sistematis dari Google Scholar, Researchgate dan lain-lain untuk memperoleh suatu data baru dalam penelitian. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah segala fenomena yang mengandung informasi terkait keberhasilan penelitian (Hakim, 2016). Dalam proses pengumpulan data penelitian digunakan jurnal-jurnal sebagai sumber utama proses pengkajian.

## Hasil dan Pembahasan

### A. Teknik Serangga Mandul (TSM)

Teknik Serangga Mandul (TSM) merupakan salah satu cara yang sering digunakan untuk mengontrol populasi serangga dengan cara memodifikasi fisiologi serangga sehingga telur yang dihasilkan oleh betina tidak mengandung embrio steril (Vreysen, 2006). TSM merupakan strategi yang efektif dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit yang dibawa oleh serangga, salah satunya nyamuk. Agar strategi tersebut efektif, pejantan steril harus cukup kompetitif untuk memenuhi fungsinya dengan mengurangi populasi nyamuk liar secara alami. Jantan mandul yang dilepasliarkan kawin dengan betina liar, dengan demikian mereka tidak lagi menghasilkan keturunan dan oleh karena

itu ukuran populasi sasaran berkurang (Maulidan, 2017). Selama bertahun-tahun, TSM telah terbukti menjadi metode yang aman, efektif dan ramah lingkungan untuk menekan, menghilangkan atau menahan populasi hama. *The International Atomic Energy Agency* (IAEA) memiliki sejarah panjang dalam mendukung program TSM melawan hama serangga utama, termasuk lalat buah, lalat tsetse, dan ngengat (Setiyaningsih, 2019).

1. Prinsip-Prinsip Teknik Serangga Mandul

Knipling dalam Mauney & Henneberry (1974) menggunakan konsep TSM untuk pemberantasan serangga hama dengan sistem pelapasan serangga mandul. Prinsip kerja TSM adalah mengkawinkan serangga jantan mandul dengan serangga betina alam. Tujuan perkawinan tersebut adalah untuk mengurangi potensi penampilan reproduksi serangga alam secara proporsional. Adanya pengurangan reproduksi mengakibatkan serangga betina alam menghasilkan telur yang tidak menetas yang disebut telur mandul (Sutrisno, 2006).

a. Pemeliharaan nyamuk uji

Setelah nyamuk ditangkap di lapangan, selanjutnya terjadi pemilahan antara nyamuk jantan, betina dan larva (Setiyaningsih, 2009). Nyamuk jantan dipelihara di Laboratorium. Pakan larva nyamuk dapat berupa campuran antara yeast, *dogfood*, ataupun daging yang diolah dalam bentuk serbuk, sedangkan nyamuk diberi pakan berupa cairan gula 10% dan darah marmut (Setiyaningsih, 2017).

b. Iradiasi nyamuk jantan

Nyamuk jantan di kumpulkan pada laboratorium kemudian dimandulkan dengan cara di iradiasi menggunakan sinar gamma. Proses iradiasi dapat menggunakan sinar gamma cobalt-60. Proses iridiasi ini menggunakan dosis yang beragam sesuai dengan hasil yang di inginkan antara lain: 60 Gy, 65 Gy, 70 Gy 75 Gy, dan 80 Gy. (Sudaryadi, 2006). Pelaksanaan proses iradiasi harus pada ruangan khusus yang dinamakan ruang iradiasi. Menurut Sunaryo (2018) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa pengujian sinar gamma dengan dosis yang berbeda tidak ada menunjukkan adanya perbedaan tingkat sterilitas yang signifikan. Penggunaan dosis terendah 60 Gy menghasilkan presentase sterilitas mencapai 95,35%, sedangkan pada dosis tertinggi yaitu 80 Gy menghasilkan presentase sterilitas mencapai 98,53%.

Maka dari itu, 80 Gy merupakan dosis optimum bagi nyamuk yang menyebabkan mandul, umur nyamuk panjang, dan tetap memiliki daya saing yang tinggi. Pada penelitian yang dilakukan Febriliana (2019) menyebutkan bahwa nyamuk yang diradiasi sinar gamma pada dosis tertentu berefek negatif terhadap daya saing kawinnya, pemberian dosis yang terlalu tinggi (> 120 Gy) dapat menyebabkan kerusakan sel-sel somatik yang dapat berakibat berkurangnya kemampuan fisik untuk melakukan perkawinan. Hal tersebut dapat menyebabkan adanya kegagalan dalam perkawinan (Heriyanto, 2015).

c. Uji sterilisasi

Uji sterilitas dilakukan dengan mengawinkan 25 ekor nyamuk jantan yang telah diradiasi dengan 25 ekor nyamuk betina normal dengan perbandingan nyamuk jantan steril dengan betina normal adalah 1:1 pada masing-masing dosis radiasi dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Kemudian telur hasil perkawinan tersebut diamati yaitu yang menetas dan tidak menetas, selain itu diamati juga ada tidaknya embrio dan morfologi telur hasil perkawinan (Santoso, 2014).

Tingkat sterilitas nyamuk uji ditentukan dengan rumus:

$$\text{Tingkat sterilitas} = \frac{\text{jumlah telur yang tidak menetas}}{\text{jumlah telur yang dihitung}}$$

d. Uji daya saing nyamuk mandul

Uji daya saing kawin pasca pemandulan dilakukan dengan cara mengawinkan nyamuk jantan dengan berbagai dosis iradiasi dengan nyamuk betina kontrol yang berasal dari lapangan dan mengawinkan nyamuk jantan kontrol dengan nyamuk betina kontrol. Pengamatan dilakukan dengan evaluasi hasil keturunannya pada stadium telur, jentik, maupun pupa (Hestningsih, 2019).

Hasil pengujian ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{daya saing kawin} = \frac{(Ha-E) / (E-Hs)}{(S/N)}$$

Keterangan:

Ha: Persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan dan betina kontrol/normal (1♂N : 1♀N)

Hs: Persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan iradiasi dan betina normal dengan perbandingan (1♂R : 1♀N)

N :Jumlah nyamuk jantan normal

S :Jumlah nyamuk jantan radiasi

E :Persentase jumlah telur yang menetas dari kombinasi perkawinan jantan iradiasi, jantan normal dan betina normal (3♂R : 1♂N : 1♀N)

e. Uji jarak terbang

Nyamuk yang akan di uji jarak terbangnya diberikan pelabelan menggunakan radioisotope pada pakan larva. Setelah nyamuk tumbuh dewasa, nyamuk akan dilepas kemudian ditangkap kembali pada radius 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, dan 500 m dari titik pelepasan nyamuk. Selanjutnya untuk mendeteksi nyamuk iradiasi digunakan survei kit yang berfungsi sebagai detektor (Vitaningrum, 2015).

**B. Pengendalian Nyamuk *Anopheles* dan *Aedes aegypti* sebagai Vektor Penyakit Malaria dan Demam Berdarah**

1. Nyamuk *Anopheles*

Nyamuk *Anopheles* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Pylum : Arthropoda

Class : Hexapoda

Ordo : Diptera

Familia : *Culicidae*

Genus : *Anopheles*

Pada manusia, hanya nyamuk *Anopheles* betina yang dapat menularkan penyakit malaria. Ketika nyamuk yang terinfeksi parasit ini menggigit manusia, parasit tersebut akan langsung masuk ke aliran darah bersamaan dengan air liur nyamuk. Terdapat sekitar 67 spesies nyamuk *Anopheles* dari sekitar 400 spesies *Anopheles* di dunia, yang mengandung sporozoit dan dapat menularkan penyakit malaria. (Balitbangkes, 2014).

Malaria adalah suatu penyakit akut maupun kronik disebabkan oleh protozoa genus *Plasmodium* dengan manifestasi berupa demam, anemia dan pembesaran limpa (Wibowo, 2017). Terdapat 2 organisme yang berperan dalam penularan penyakit malaria yaitu parasit malaria (yang disebut *Plasmodium*) dan nyamuk *Anopheles* betina. Terdapat empat spesies *plasmodium* atau parasit malaria yang dapat menginfeksi sel darah merah manusia. *Plasmodium* yang menyerang eritrosit dan ditandai dengan ditemukannya bentuk aseksual dalam darah, dengan gejala demam, menggigil, anemia, dan pembesaran limpa (Suwito, 2015). Pada tahun 2005 Laporan Malaria Dunia oleh UNICE, Organisasi Kesehatan Dunia, dan Roll Back Malaria (UNICEF & WHO / RBM, 2005) memberikan gambaran yang jelas tentang situasi malaria saat ini. Sekitar 350-500 juta kasus malaria klinis terjadi setiap tahun, 60% di antaranya di Afrika sub-Sahara. Selain itu, 80% dari semua kematian akibat malaria terjadi di wilayah ini.

2. Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Phylum : Arthropoda

Class : Insecta

Ordo : Diptera

Familia : *Culicidae*

Genus : *Aedes*

Species : *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan nyamuk pembawa vector penyakit *Demam Berdarah Dengue* (DBD). Nyamuk ini dikenal dengan sebutan *black white mosquito* atau *tiger mosquito* karena tubuhnya memiliki garis-garis dan bercak-bercak putih keperakan di atas dasar warna hitam (Sucipto, 2015). Nyamuk *Aedes aegypti* jantan memiliki ukuran tubuh lebih kecil dari betina dan di antenanya terdapat rambu-rambut yang tebal (Pangemanan, 2012). Dalam proses pembentukan telur, nyamuk *Aedes aegypti* betina akan menghisap darah dari manusia dan hewan. Nyamuk *Aedes aegypti* betina yang telah terinfeksi virus dengue dapat mentransmisikan virus kedalam tubuh manusia saat proses menghisap darah tersebut (Sudarmaja, 2009). Selanjutnya di badan nyamuk virus dapat masuk ke dalam organ intestinum. Proses replikasi virus terjadi dalam hemocoelom dan kemudian menuju ke dalam kelenjar air liur serta siap ditularkan kepada manusia yang di hinggapinya. Periode ini memerlukan waktu selama 7 sampai 24 yang disebut fase *extrinsic incubation*. (Soewondo, 2006)

DBD merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus dengue dari genus *Flaviviridae*. Terdapat dua spesies nyamuk yang terbukti dapat menjadi vektor pembawa penyakit DBD yaitu *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Penularan penyakit DBD pada manusia dapat terjadi melalui gigitan *Aedes sp.* yang terinfeksi virus dengue. Jumlah penderita DBD dari tahun ke tahun cenderung meningkat dan penyebarannya semakin luas (Soegijanto, 2014). *World Health Organization* (WHO) telah memperkirakan bahwa setiap tahun DBD dapat menginfeksi sebanyak 50-100 juta jiwa. Setiap 100 kasus DBD yang terjadi di negara berkembang akan didapatkan 1-3 orang yang meninggal dunia karena penyakit DBD (Gama, 2012). Salah satu faktor yang menyebabkan munculnya nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor penyakit DBD adalah adanya pengaruh lingkungan. Contohnya seperti kubangan air yang menjadi sarang nyamuk. Selain faktor lingkungan, faktor fisik manusia juga menjadi penyebab percepatan penyebaran virus dengue. Semakin rendah sistem imun manusia semakin cepat penyebaran virus dengue tersebut. (Romero, 2005).

### C. Perbedaan Fisiologi Nyamuk Normal dan yang telah di Sterilkan

#### 1. Fisiologi nyamuk normal

Siklus hidup yang pendek menyebabkan nyamuk berkembangbiak dengan cepat sekali dikarenakan serangga memiliki keanekaragaman dan kelimpahan yang tinggi dalam kemampuan reproduksinya (Fahmi, 2014). Pada umumnya serangga bereproduksi dalam jumlah yang sangat besar dan pada beberapa spesies bahkan mampu menghasilkan beberapa generasi dalam satu tahun (Munif, 2009). Serangga merupakan binatang diocis yang artinya hanya memiliki satu jenis kelamin pada setiap individu. Sangat jarang serangga yang memiliki alat kelamin hermaprodit, yaitu memiliki lebih dari jenis kelamin dalam satu individu. Serangga betina memiliki sepasang indung telur (ovari). Setiap ovari mempunyai ovariol yang memiliki bentuk seperti tabung yang didalamnya terdapat ovum. Bagian ujung ovariol disebut filamen terminal. Ovariol bermuara pada saluran telur lateral. Sepasang saluran telur lateral menjadi saluran telur utama yang selanjutnya akan bermuara di vagina (Ambarita, 2015).

Sistem reproduksi nyamuk betina biasanya memiliki satu atau lebih kelenjar pelengkap yang letaknya berada dekat dengan pertemuan saluran telur dan vagina. Pada serangga jantan terdapat sepasang testis yang terletak pada ujung sistem reproduksi (Wijayanti, 2009). Pada tiap testis terdiri atas tabung sperma dan juga testis folikel. Setiap folikel memiliki vas deferens pada pangkalnya. Kemudian vas deferens akan menuju saluran ejakulasi. Sistem reproduksi nyamuk jantan memiliki kelenjar pelengkap yang letaknya berada dekat dengan pertemuan komponen lateral. Selanjutnya saluran ejakulasi ini akan bermuara pada gonopore (Sunaryo, 2018).

Reproduksi pada serangga biasanya seksual, dengan individu jantan, dan betina terpisah. Fertilisasi pada serangga pada umumnya internal, pada kebanyakan spesies, sperma ditempatkan langsung ke dalam vagina betina pada saat kopulasi, walaupun pada beberapa spesies, serangga jantan menempatkan sperma di luar tubuh serangga betina dan kemudian serangga betina akan mengambil sperma tersebut (Sholichah, 2009). Selanjutnya sperma tersebut akan masuk ke dalam tubuh serangga betina yang disebut spermatheca (*spermatheca*), yang berfungsi untuk menyimpan sperma biasanya cukup untuk memfertilisasi lebih dari satu kumpulan telur. Kebanyakan serangga betina sering kali meletakkan telur-telurnya pada sumber makanan yang sesuai, tempat generasi berikutnya dapat mulai melahap makanan segera setelah menetas. (Febriliana, 2019).

#### 2. Fisiologi nyamuk setelah di sterilkan

##### a. Spermatogenesis

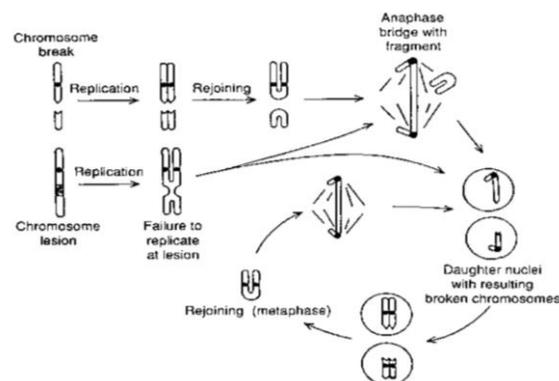
Selama tahap spermatogenesis berturut-turut, sel berkembang biak dan akan berdiferensiasi. Singkatnya, spermatogenesis meliputi tahapan perkembangan berikut: primordial sel germinal, spermatogonia (primer dan sekunder), spermatosit (primer dan sekunder), spermatid dan spermatozoa (sel sperma matang). Spermatogenesis bersifat kistik dan dalam satu testis. Sel germinal dalam satu spermatokista kurang lebih berada pada tahap perkembangan yang sama (Ramadhani, 2017). Sebagai spermatokista matang, mereka memecah dan melepaskan spermatozoa ke dalam reservoir sperma, yang terletak di anterior bagian testis. Pada tahap akhir kepompong banyak spermatokista matang menempati testis (Marwaningsih, 2016). Selama satu jam terakhir tahap kepompong dan jam-jam pertama setelah munculnya, pematangan spermatokista berlanjut dan baru muncul jantan, spermatozoa membentuk 45% dari volume testis di *Anopheles*. Spermatokista ini terus menjadi dewasa dan melepaskan sperma ke dalam reservoir

sperma selama masa dewasa, dan persentase testis sibuk dengan sperma meningkat seiring bertambahnya usia. (Andar, 2015).

a. Akibat iradiasi

Mutasi mematikan dominan yang diinduksi radiasi muncul sebagai akibat kerusakan kromosom pada sel yang dirawat. Gambaran yang sangat baik tentang induksi dominan mutasi mematikan dengan iradiasi atau kemosterilisasi disediakan oleh LaChance (Nurhayati, 2008). Mutasi mematikan yang dominan terjadi di sel germinal tidak mempengaruhi pematangan sel menjadi gamet atau partisipasi gamet untuk membentuk zigot tetapi menyebabkan kematian yang berkembang embrio. Secara umum, tahap awal spermatogenesis (spermatisit dan spermatogonia) lebih sensitif terhadap radio daripada tahap selanjutnya (spermatid dan spermatozoa) dalam hal kerusakan permanen, dan radiasi dapat terjadi kematian sel yang sedang berkembang (Martini, 2016). Iradiasi tahap selanjutnya menghasilkan mutasi mematikan yang dominan dispermatozoa yang menyebabkan kematian embrio setelah pembuahan.

Iradiasi juga merusak sel somatik, dengan mereka yang menjalani mitosis menjadi yang paling sensitif. Mengurangi umur panjang adalah salah satu yang paling umum hasil pengamatan dari kerusakan somatik (Sasmita, 2016). Efek lain dari iradiasi bisa lebih halus. Pada lalat *Musca domestica* menunjukkan bahwa iradiasi menyebabkan perubahan yang cukup besar pada struktur halus dari penerbangan fibrillar otot dan menyebabkan kerusakan pada mitokondria otot penerbangan; kerusakan bertahan lebih lama pada lalat yang terkena radiasi dosis yang lebih tinggi (Dirgantara, 2020). Dapat dilihat pada gambar 1



**Gambar 1. Keadaan konsekuensi sitogenetik dari kerusakan kromosom yang diinduksi radiasi (Durante, 2018)**

Induksi mutasi mematikan yang dominan dalam sel reproduksi serangga tidak menghalangi pematangan sel-sel ini menjadi telur atau sperma atau mencegah sperma berpartisipasi dalam pembentukan zigot atau embrio (Martini, 2016). Namun, mutasi mematikan yang dominan memang mencegah zigot atau embrio berkembang menjadi dewasa. Kematian embrio biasanya terjadi selama pembelahan sel awal. Akibatnya, sel telur yang dibuahi dengan sperma yang mengandung mutasi mematikan yang dominan tidak menetas (Dewi, 2019).

3. Morfologi telur

Saat kondisi normal di alam, perkawinan antara nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina memiliki potensi untuk menghasilkan telur yang memiliki morfologi bercabang, tetapi presentasinya lebih kecil dari pada perkawinan antara nyamuk *Aedes aegypti* jantan steril dengan betina normal (Yasmin, 2013). Penurunan jumlah telur fertil setelah adanya aplikasi steril sangat normal di alam. Nyamuk jantan *Aedes aegypti* akan mentransfer sperma steril ke spermateka sehingga dihasilkan telur steril (Ariani, 2016). Sperma steril dihasilkan karena adanya iradiasi dengan sinar gamma. Adapun gambar dari hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2



**Gambar 2. Variasi morfologi telur *Aedes aegypti* setelah di steril (Setiyaningsih, 2019)**

### **Kesimpulan dan Saran**

Teknik Serangga Mandul (TSM) merupakan strategi yang efektif dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit yang dibawa oleh serangga, salah satunya nyamuk. Prinsip kerja TSM adalah mengkawinkan serangga jantan mandul dengan serangga betina alam. Sehingga telur yang dihasilkan akan steril (tidak terdapat embrio). Serangga jantan disterilkan dengan iradiasi sinar gamma cobalt-60. Dosis yang digunakan adalah 60 Gy. Dalam penulisan jurnal ini tentunya masih banyak kekurangan dari penulis. Oleh karena itu penulis berharap kepada penulis lain untuk dapat mengembangkan kajian terkait fisiologis mengenai teknik serangga mandul (TSM) terhadap pembentukan telur steril pada nyamuk pembawa penyakit. Hal tersebut dikarenakan sangat minimnya informasi kajian terkait fisiologis mengenai teknik serangga mandul (TSM) terhadap pembentukan telur steril pada nyamuk pembawa penyakit

### **Daftar Pustaka**

- Ambarita, L. P. (2015). Pengendalian nyamuk vektor menggunakan teknik serangga mandul (TSM). *Balaba: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 111-118.
- Andar, A. A., Winarni, T. I., & Miranti, I. P. (2015). *Pengaruh Paparan Obat Nyamuk Pada Kelainan Gambaran Histologi Sel Leyding Testis Tikus Sprague Dawley* (Doctoral dissertation, Faculty of Medicine).
- Ariani, P. L., & Widana, I. N. S. (2016). Pengaruh Air Rendaman Jerami Pada Ovitrap Terhadap Jumlah Telur Nyamuk Demam Berdarah (*Aedes sp*) Yang Terperangkap. *Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 5(1), 8-12.
- Balitbangkes (2004) *Kajian Kesehatan Demam Berdarah Dengue*. Jakarta, Depkes RI.
- Dewi, M. W., Soviana, S., Cahyaningsih, U., & Rahayu, A. (2019). Dampak Iradiasi Sinar Gamma pada Produktivitas *Aedes aegypti* Jantan. *Jurnal Vektor Penyakit*, 13(1), 1-6.
- Dirgantara, R. C., Martini, M., Rahayu, A., & Saraswati, L. D. (2020). *Pengaruh Variasi Kepadatan Pupa Aedes Aegypti (Linnaeus) Dalam Media Iradiasi Sinar Gamma 70 Gy Terhadap Tingkat Sterilitas Nyamuk Jantan*. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 12(1), 21-32.
- Fahmi, M., Fahri, F., Nurwidayati, A., & Suwastika, I. N. (2014). Studi Keanekaragaman Spesies Nyamuk Anopheles sp. Di Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 3(2).
- Febrilina, K. S. (2019). *Efek Iradiasi Sinar Gamma terhadap Performa Reproduksi Aedes albopictus dan Keturunannya* (Doctoral dissertation, Bogor Agricultural University (IPB)).
- Hakim, M. A., Sunarto, & Totalia, S. A. (2016). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas Xi Iis Dalam Mata Pelajaran Ekonomi Di Sma N 5 Surakarta Tahun Ajaran 2015/2016. *Jupe UNS*, 7.
- Heriyanto, B., Widiarti, W., & Setiyaningsih, R. (2015). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Sterilitas Dan Perkembangan Embrio *Culex quinquefasciatus*. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 25(1), 20722.
- Durante, M., & Formenti, S. C. (2018). *Radiation-Induced Chromosomal Aberrations and Immunotherapy: Micronuclei, Cytosolic DNA, and Interferon-Production. Pathway. Frontiers in oncology*, 8, 192. <https://doi.org/10.3389/fonc.2018.00192>
- Hestianingsih, R., Kurniawan, M. I., Martini, M., Kusariana, N., Widjanarko, B., & Rahayu, A. (2019). Daya Saing Kawin Jantan Mandul *Aedes albopictus*: Uji Semi Lapang untuk Pengendalian Vektor Demam

- Berdarah Dengue (DBD). *Balaba: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 69-74.
- Gama, Z. P., & Kurniati, T. H. (2012). Strategi pemberantasan nyamuk aman lingkungan: potensi *Bacillus thuringiensis* isolat Madura sebagai musuh alami nyamuk *Aedes aegypti*. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 1(1).
- Knipling, Henneberry, and N.C. Toscano. (2001). *Effect of cotton nitrogen fertilization on Bemisia argentifolii population and honeydew production*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 25–36.
- Lusiyana, N. (2014). Wolbachia sebagai alternatif pengendalian vektor nyamuk *Aedes sp.* *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 6(3).
- Martini, M., Saraswati, L. D., & Dirgantara, R. C. (2016). Pengaruh Variasi Kepadatan Pupa *Aedes Aegypti* Jantan dalam Media Radiasi Sinar Gamma 70 Gy terhadap Tingkat Kemunculan Dewasa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 4(1), 18527.
- Marwaningsih, V. R. (2016). Pengaruh Penggunaan Obat Nyamuk Semprot Terhadap Spermatogenesis. *Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan*, 8(1).
- Maulidan, D. (2017). *Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Terhadap Daya Saing Kawin Nyamuk Jantan Mandul Aedes Albopictus Sebagai Pengendalian Vektor Dengan Teknik Serangga Mandul (TSM)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Munif, A. (2009). Nyamuk vektor malaria dan hubungannya dengan aktivitas kehidupan manusia di Indonesia. *Aspirator Journal of Vector-Borne Diseases*, 1(2), 53351.
- Nurhayati, S., Tetriana, D., Rahayu, A., & Santoso, B. (2008). Pemandulan *Anopheles Macullatus* Sebagai Vektor Penyakit Malaria Dengan Radiasi Gamma Co-60. In *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dan Internasional Seminar on Occupational Health and Safety I, Jakarta*.
- Pangemanan, J., & Nelwan, J. (2012). Perilaku Masyarakat Tentang Program Pemberantasan Penyakit DBD di Kabupaten Minahasa Utara. *Kesmas*, 1(1), 45-50.
- Prastowo, A. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Ramadhani, T., Hadi, U. K., Soviana, S., Irawati, Z., & Sunaryo, S. (2017). Daya Saing Kawin Nyamuk Jantan Steril (*Culex quinquefasciatus*) Skala Laboratorium: Studi Awal Penggunaan Teknik Serangga Mandul Dalam Pengendalian Vektor Filariasis Limfatik Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 13(1), 65-72.
- Romero-Vivas, C. M., & Falconar, A. K. (2005). Investigation of relationships between *Aedes aegypti* egg, larvae, pupae, and adult density indices where their main breeding sites were located indoors. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21(1), 15-21.
- Saiffudin, A. (2009). *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Santoso, B., Heriyanto, B., Agustini, M., & Setyaningsih, R. (2014). Pengaruh Aplikasi Teknik Serangga Mandul (Tsm) terhadap Sterilitas Telur dan Penurunan Populasi Vektor Demam Berdarah *Aedes Aegypti* di Daerah Sub Urban Endemis Dbd di Salatiga. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 24(1), 20689.
- Sasmita, H. I., & Ernawan, B. (2016). Kualitas Nyamuk Jantan Mandul *Aedes aegypti* L. Hasil Iradiasi Gamma: Efek Iradiasi Pada Fase Pupa dan Dewasa. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 10(2).
- Setyaningsih, R., Agustini, M., Boewono, D. T., & Rahayu, A. (2019). Aplikasi teknik serangga mandul (TSM) terhadap sterilitas telur dan penurunan populasi *Aedes aegypti* di Daerah Urban Kota Salatiga. Setyaningsih, R., & Boewono, D. T. (2009). Pengaruh Sumber Nutrisi Terhadap Umur Vektor Demam Berdarah Dengue *Aedes Aegypti* Di Laboratorium. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 1(2), 123-131.
- Setyaningsih, R., Mujiyono, M., Putro, D. B. W., Lasmiati, L., & Pratiwi, A. P. (2017). The Effect of Variation of Ethylenediamine Tetraacetic Acid (Edta) to Productivity and Development of *Aedes Aegypti* with Membran Blood Feeding. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 9(1), 27-36.
- Sholichah, Z. (2009). Ancaman dari nyamuk *Culex sp* yang terabaikan. *Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 5(1), 56854.
- Soegijanto, S. (2014). *Demam Berdarah Dengue*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Soewondo, P. (2006). *Ketoasidosis Diabetik*. Dalam : Aru W, dkk, editors, Ilmu Penyakit Dalam, Jilid III, Edisi keempat, Penerbit FK UI, Jakarta.
- Sucipto, P. T., Raharjo, M., & Nurjazuli, N. (2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) dan jenis serotipe virus Dengue Di Kabupaten Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 14(2), 51-56.
- Sudarmaja, I. M., & Mardihusodo, S. J. (2009). Pemilihan tempat bertelur nyamuk *Aedes aegypti* pada air limbah rumah tangga di Laboratorium. *Jurnal Veteriner*, 10(4), 205-207.
- Sudaryadi, I. (2006). *Dampak iradiasi sinar Gamma Co-60 terhadap beberapa aspek genetika reproduksi nyamuk Aedes albopictus (SKUSE)* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

- Sunaryo, S., Lestari, E., & Ramadhani, T. (2018). Teknik Serangga Mandul Nyamuk *Culex quinquefasciatus* sebagai Upaya Pengendalian Vektor Filariasis di Kota Pekalongan. *ASPIRATOR-Journal of Vector-borne Disease Studies*, 10(1), 1-8.
- Sutrisno, S. (2006). The basic principles of the application of sterile insect technique for area-wide insect pest control; Prinsip dasar penerapan teknik serangga mandul untuk pengendalian hama pada kawasan yang luas. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 2.
- Suwito, S., Hadi, U. K., Sigit, S. H., & Sukowati, S. (2015). Hubungan iklim, kepadatan nyamuk Anopheles dan kejadian penyakit malaria. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(1), 42.
- Vitaningrum, I. H. (2015). *Uji Kemampuan Ekstrak Daun Kemangi (Ocimum sanctum L.) Dalam Bentuk Granul Sebagai Larvasida Nyamuk Aedes aegypti* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Vreysen, M. J., Hendrichs, J., & Enkerlin, W. R. (2006). The sterile insect technique as a component of sustainable area-wide integrated pest management of selected horticultural insect pests. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14, 107.
- Wijayanti, T. (2009). Analisis Situasi Filariasis Limfatik Di Kelurahan Simbang Kulon, Kecamatan Buaran, Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 5(1), 56817.
- Wibowo, C. I. (2017). Efektivitas *Bacillus thuringiensis* dalam Pengendalian Larva Nyamuk Anopheles sp. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 34(1), 39-46.
- Yasmin, Y., & Fitri, L. (2013). Perubahan morfologi larva nyamuk akibat pemberian larvasida bakteri kitinolitik. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 10(1), 18-23.
- Foley DH, Rueda LM, Wilkerson RC. (2007). Insight into global mosquito biogeography from country species records'. *Journal of Medical Entomology*, 44(4): 554-567.
- Mauney, J. R., & Henneberry, T. J. (1979). Identification of damage symptoms and patterns of feeding of plant bugs in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 72(4), 496-501.
- Malaria, R. B. (2005). World malaria report 2005. *World Health Organization and UNICEF*.