

PENGARUH SUHU TERHADAP ANGKA PENETASAN TELUR *Aedes aegypti***Nurulhuda Binti Embong¹, I Made Sudarmaja²**¹Program Studi Pendidikan Dokter,²Bagian Parasitologi

Fakultas Kedokteran Universitas Udayana

ABSTRAK

Demam berdarah dengue merupakan salah satu penyakit yang berpotensi fatal yang harus diberikan perhatian khusus untuk mencegah penyebaran dan meningkatkan angka kematian. Pada manusia, hal itu disebabkan oleh infeksi virus dengue yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh variasi suhu pada angka penetasan telur *Aedes aegypti* sebagai upaya untuk mencegah penyakit. Penelitian ini merupakan eksperimental murni dengan kelompok uji kontrol acak, yang dilakukan dengan meletakkan telur *Aedes aegypti* dalam wadah air yang berbeda yang diinkubasi pada suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C. Telur dibiarkan untuk jangka waktu 24 jam sampai mereka menetas, dan jumlah telur menetas untuk suhu yang berbeda dibandingkan dengan kontrol (25°C). Persentase telur menetas adalah sebagai berikut: 76% pada 25°C, 68% pada 30°C, 20% pada 35°C, dan 0% untuk kedua suhu 40°C dan 45°C. Angka penetasan menurun dengan meningkatnya suhu. Kisaran optimal suhu untuk penetasan adalah 25°C yang menjelaskan angka tertinggi penetasan adalah pada kelompok kontrol. Perbedaan dalam tingkat penetasan disebabkan oleh perubahan kondisi ekstrim dan fisiologi pada telur yang menyebabkan telur tidak menetas. Hal ini disimpulkan bahwa ada perbedaan pada angka penetasan telur dengan naiknya suhu, dengan angka tertinggi penetasan telur ada pada kelompok kontrol. Studi ini perlu untuk dievaluasi lebih lanjut untuk mengetahui dan memahami perilaku *Aedes aegypti* untuk mencegah demam berdarah dengue.

Kata kunci: telur *Aedes aegypti*, suhu, angka penetasan, demam berdarah dengue.

ABSTRACT

Dengue hemorrhagic fever is one potentially fatal disease of which should be given special attention to prevent from spreading and increasing in mortality. In human, it is caused by dengue virus infection which is transmitted by *Aedes aegypti* mosquitoes as the vectors. The purpose of this research is to study the effect of temperature variations on the rate of hatching of *Aedes aegypti* eggs as a measure to prevent the disease. The research is a *true experimental* with randomized test-control groups, conducted by keeping the *Aedes aegypti* eggs in different water containers which are incubated at temperatures 25°C, 30°C, 35°C, 40°C and 45°C. The eggs are left for a period of 24 hours until they are hatched, and the numbers of egg hatched for different temperatures are compared with those of the control (25°C). The percentages of eggs hatched are as follows: 76% at 25°C, 68% at 30°C, 20% at 35°C, and 0% for both at 40°C and 45°C. The rate of hatching decreases with the increase in temperatures. The optimal range of temperature for hatching is at 25°C which explains the highest rate of hatching in the control group. The differences in the rates of hatching are due to extreme conditions and altered physiology of the eggs that causes the eggs not to hatch. It is concluded that there are differences in the rate of egg hatching as the temperature increases, with the control group having the highest rate of hatching. The study need to be evaluated further to know and understand the behavior of *Aedes aegypti* in order to prevent dengue hemorrhagic fever.

Keywords: *Aedes aegypti* eggs, temperatures, rate of hatching, dengue hemorrhagic fever.

PENDAHULUAN

Travel Medicine adalah sebuah cabang pengobatan yang dihubungkan dengan pencegahan dan manajemen masalah-masalah kesehatan terkait dengan para wisatawan internasional. Hal ini telah dikembangkan pada akhir-akhir ini untuk merespon terhadap peningkatan jumlah orang yang bepergian di

seluruh dunia. Angka ini akan terus meningkat setiap tahun dan kedatangan turis-turis asing di sebuah negara bagaimanapun juga mungkin bisa mempengaruhi kesehatan secara signifikan, sehubungan dengan itu akan meningkatkan resiko untuk terpapar pada agen-agen yang menular dan akan ada kesempatan yang lebih besar bagi patogen untuk

ditularkan di berbagai negara. Dengan demikian, penting sekali untuk mempelajari penyakit-penyakit yang bisa menyebabkan terjangkitnya penyakit pada suatu tujuan tertentu dari turis tersebut untuk mencegah penyebaran penyakit tersebut sehubungan dengan pariwisata.¹

Bali, Indonesia adalah suatu tujuan wisata yang terkenal yang menarik banyak wisatawan dari seluruh penjuru dunia. Karena ini terletak di daerah tropis, maka resiko untuk tertular penyakit tropis adalah lebih besar. Demam berdarah dengue (DHF) adalah salah satu penyakit tropis menular yang berpotensi mematikan sehingga harus diberikan tindakan pencegahan khusus. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi virus dengue melalui transmisi vektor nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk *Aedes aegypti* adalah vektor utama bagi transmisi virus dengue. Virus ini kemudian ditransmisikan kepada manusia melalui gigitan nyamuk betina yang sebelumnya telah terinfeksi.^{1,2} Manusia yang terinfeksi tersebut kemudian akan menjadi pembawa dan tempat berkembang biak virus tersebut. Manusia tersebut kemudian akan bertindak sebagai sumber virus tersebut bagi nyamuk yang masih belum terinfeksi.²

Nyamuk *Aedes aegypti* hidup pada habitat perkotaan dan bertelur sebagian besar di tempat-tempat yang dibuat oleh manusia. Nyamuk-nyamuk tersebut berasal dari Afrika timur laut dan menyebar pada bagian dunia lain, terutama di daerah-daerah tropis dan subtropis. Penyebaran geografis yang luas dari *Aedes aegypti* ini kemungkinan besar berhubungan dengan variasi dari biologinya, yang memungkinkannya untuk bertahan hidup pada berbagai kondisi lingkungan yang berbeda.³ Nyamuk tersebut makan di siang hari, dimana kurun waktu puncak menggigitnya adalah pada pagi-pagi sekali dan pada malam hari sebelum petang. Nyamuk *Aedes aegypti* betina mampu untuk menggigit banyak orang selama masing-masing kurun waktu mereka makan.⁴ Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), jenis nyamuk ini menunjukkan pola pilihan untuk berkembang biak, yaitu pada tempat-tempat air rumah tangga yang perkembangbiakannya dipengaruhi oleh perkembangan populasi manusia, program pemerintah terbatasnya sumberdaya manusia dan finansial untuk menerapkan langkah pengendalian dan pencegahan yang efektif.

Kejadian dengue telah sangat meningkat di seluruh dunia pada dekade-dekade akhir ini. Lebih dari 2,5 juta orang – lebih dari 40% populasi dunia – sekarang ini beresiko terkena dengue. WHO sekarang ini mengestimasi bahwa mungkin terdapat 50-100 juta infeksi dengue setiap tahun di seluruh dunia. Hanya sembilan negara yang telah mengalami wabah dengue parah sebelum tahun 1970. Sekarang penyakit ini telah menjadi wabah di lebih dari 100 negara di Afrika, Amerika, Mediterania Timur, Asia Tenggara dan Pasifik Barat. Daerah-daerah di Amerika, Asia Tenggara dan Pasifik Barat adalah yang paling serius terkena penyakit ini.^{5,6}

Studi-studi yang dilakukan pada banyak *invertebrata* menunjukkan bahwa perubahan yang realistis dan kecil pada suhu lingkungan bisa membentuk daya tahan *host*. Lebih lanjut, telah ditetapkan dengan kuat bahwa suhu memiliki dampak yang berbeda-beda pada fisiologi dan tingkat perkembangan parasit vektor lahir utama.⁷ Nyamuk hidup di lingkungan yang sering berubah secara dramatis sepanjang hari, antara habitat-habitat yang berbeda (misalnya di dalam ruangan versus di luar ruangan) dan di semua musim. Bukti dari berbagai sistem ektoterm (termasuk nyamuk) mengindikasikan bahwa variasi suhu jangka pendek, misalnya fluktuasi harian bisa mengalirkan berbagai sifat riwayat hidup relatif terhadap lingkungan suhu yang konstan.⁸

Pengaruh yang sepenuhnya dari perubahan cuaca, yang diperkirakan meningkatkan suhu rata-rata sebesar 1,0 hingga 3,5°C pada tahun 2100, kemungkinan besar terlihat pada daerah-daerah transmisi dengan rentang suhu yang ekstrim. Variabilitas pada suhu, presipitasi dan kelembaban diantisipasi yang terjadi dalam perubahab iklim yang berbeda akan mempengaruhi biologi dan ekologi vektor-vektor nyamuk dan *host* antara sama halnya dengan resiko transmisi penyakit tersebut.⁹

Sehubungan dengan topik ini, maka sangat penting untuk melakukan sebuah penelitian untuk menentukan pengaruh variasi suhu pada tingkat penetasan telur nyamuk *Aedes aegypti* sebagai transmisi dari virus dengue dapat berhubungan dengan perilaku orang-orang dalam melakukan perjalanan sehingga dapat diambil langkah-langkah untuk mencegah perjangkitan penyakit demam berdarah dengue. Untuk mencegah perjangkitan penyakit seperti Dengue satu atau lebih komponen siklus penyakit tersebut harus disingkirkan, yaitu patogen, vektor, genangan air dan/atau *host* yang rentan.⁹ Data diperoleh dari Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (CDC) melaporkan bahwa kira-kira 100-200 kasus terduga Dengue dimasukkan ke Amerika Serikat setiap tahunnya oleh wisatawan.¹⁰ Karena masih belum tersedia vaksin untuk virus (patogen) ini, maka nampaknya tidak mungkin untuk menghilangkan individu (*host*) yang rentan dari mana virus ini dimasukkan, sehingga cara yang paling praktis untuk mencegah penyebaran Dengue ini adalah untuk berfokus pada penghilangan vektornya, yaitu *Aedes aegypti*. Dalam suatu studi, ada penurunan bertahap pada tingkat penetasan telur dengan meningkatnya suhu ketika telur-telur tersebut disimpan pada kelembaban relatif 60%. Pada kelembaban ini, nyamuk bertelur pada suhu 25°C (2542 larvae/4050 telur) yang menyebabkan hingga sekitar 10% dan 20% lebih banyak larvae daripada bertelur pada suhu 30°C.¹¹ Dengan demikian, salah satu tujuan untuk melakukan penelitian ini adalah untuk menentukan apakah ada perbedaan dalam tingkat penetasan telur pada suhu 30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C dibandingkan dengan yang menetas pada suhu 25°C karena ini telah dilakukan pada studi-studi

yang dilakukan sebelumnya. Menemukan suhu dimana telur-telur dapat dihancurkan bisa membantu dalam menghilangkan vektor-vektor untuk mencegah penyakit ini. Menentukan syarat iklim untuk telur-telur *Aedes aegypti* seperti bantuan suhu, dapat memperkirakan lokasi tertentu dimana spesies ini akan hidup pada iklim musiman.¹²

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan *true experimental* dengan kelompok uji kontrol acak. Pengacakan dilakukan pada semua kelompok uji sama seperti kelompok kontrol, dimana semua kelompok tersebut dianggap sama seperti sebelum segala intervensi dibuat. Observasi dibuat untuk menentukan apakah intervensi tersebut memiliki pengaruh pada kelompok uji dengan membandingkannya dengan kelompok kontrol.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2014 di laboratorium Departemen Parasitologi Universitas Udayana, Bali selama kurun waktu lima hari. Populasi penelitian ini adalah telur-telur *Aedes aegypti* yang induknya ditangkap di wilayah Kota Denpasar dengan menggunakan ovitrap. Nyamuk *Aedes aegypti* dibiarkan untuk bertelur pada wadah air di Laboratorium Departemen Parasitologi Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana. Kriteria inklusi pada populasi ini adalah Telur *Aedes aegypti* yang matang yang warnanya hitam dan telur yang dengan dan tanpa bantalan korionik. Sedangkan kriteria eksklusinya adalah Telur *Aedes aegypti* yang tidak matang (berwarna putih) dan Telur *Aedes aegypti* yang tidak dapat hidup (telur yang mengandung larva pharate)

Sampel telur *Aedes aegypti* ditentukan secara acak dengan menggunakan *simple random sampling*. Ini dilakukan berdasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusinya. Lima wadah air yang berbeda disiapkan untuk suhu: kelompok kontrol - 25°, 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C. Telur-telur *Aedes aegypti* dipilih secara acak dan bersama-sama dengan kertas yang mengambilnya, telur tersebut dimasukkan ke dalam setiap wadah air. Wadah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam inkubator sesuai dengan suhu masing-masingnya. Telur-telur tersebut diinkubasi lebih dari kurun waktu 24 jam hingga menetas. Jumlah telur yang menetas (yang berubah menjadi larva) dihitung dan dicatat. Studi ini diulangi dengan total lima set pengulangan untuk mendapatkan hasil yang sah.

HASIL PENELITIAN

Persentase tertinggi telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas adalah pada suhu 25°C (kelompok kontrol), yaitu sebesar 76%. Diikuti dengan Persentase tertinggi kedua yaitu telur yang menetas pada suhu 30°C (68%), kemudian persentase telur menetas pada suhu 30°C sebesar 20%. Namun pada lingkungan yang dikondisikan dengan suhu 40°C dan 45°C, tidak ada telur yang menetas (0%) (**Tabel 1**).

Tabel 1 Persentase telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas untuk setiap set suhu.

Suhu (°C)	Persentase telur-telur <i>Aedes aegypti</i> yang menetas (%)
25	76
30	68
35	20
40	0
45	0

Gambar 1. Grafik garis presentasi dari persentase telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas terhadap suhu.



Table 2 Persentase telur yang menetas pada setiap set suhu dibandingkan dengan yang berada pada kelompok kontrol.

No	Suhu (°C)	Persentase telur yang menetas (%)	Perbandingan (%)
1	30	68	8
	25 (kontrol)	76	
2	35	20	57
	25 (kontrol)	76	
3	40	0	0
	25 (kontrol)	76	
4	45	0	0
	25 (kontrol)	76	

Persentase telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas menurun dengan peningkatan pada suhu. Hal ini berarti bahwa, untuk setiap suhu selain dari yang kelompok kontrol, ada perbedaan pada tingkat telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas dibandingkan dengan yang berada pada kelompok kontrol. Perbedaannya hanya sedikit sekali antara persentase telur yang menetas antara kelompok kontrol dan yang berada pada suhu 30°C. Seiring naiknya suhu dari 30°C menjadi 35°C, terdapat penurunan yang nyata dalam persentase telur yang menetas. Namun demikian, penurunan pada persentase telur yang menetas adalah kurang nyata sebagaimana suhu dinaikkan dari 35°C menjadi 40°C dibandingkan

dengan yang suhunya ditambah dari 30°C menjadi 35°C. Tidak ada perbedaan dalam jumlah telur yang menetas antara suhu 40°C dan 45°C karena tidak ada satupun telur yang menetas untuk kedua suhu tersebut. Tingkat telur yang menetas juga menurun seiring suhu dimana telur tersebut diinkubasi meningkat (**Gambar 1.**).

Data kemudian dianalisa lebih lanjut untuk membandingkan perbedaan pada tingkat penetasan kelompok kontrol dan masing-masing suhu lainnya secara berturut-turut. Hanya ada perbedaan tipis antara telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas pada kelompok kontrol 25°C dengan suhu 30°C, yaitu sebesar 8%. Terdapat perbedaan sebesar 56% antara telur yang menetas pada suhu control 25°C dengan suhu 35°C. Sementara itu, telur – telur yang berada pada suhu 40°C dan 45°C tidak ada yang menetas (**Tabel 2.**).

DISKUSI

Dengue adalah infeksi yang dibawa oleh nyamuk yang ditemukan di wilayah tropis dan sub-tropis di seluruh dunia. Ini adalah sebuah penyakit yang disebabkan oleh keluarga virus yang ditularkan oleh nyamuk.¹³

Akhir-akhir ini, penularannya telah meningkat terutama pada daerah-daerah perkotaan dan pinggir kota dan telah menjadi perhatian kesehatan umum internasional yang besar. Dengue yang parah (yang sebelumnya dikenal sebagai Demam Berdarah Dengue) pertama kali diketahui pada tahun 1950-an saat wabah dengue di Philipina dan Thailand. Saat ini, dengue yang parah mempengaruhi sebagian besar negara-negara Asia dan Amerika Latin dan telah menjadi penyebab utama opname dan kematian pada anak-anak di wilayah-wilayah ini.¹⁴

Di Amerika Serikat, dengue terutama terjadi pada wisatawan setelah mereka kembali dari daerah endemik. Selama tahun 2006-2008, rata-rata 244 orang telah dikonfirmasi dan dilaporkan kemungkinan kasus dengue terkait dengan perjalanan di Amerika Serikat, menurut CDC. CDC melaporkan bahwa kasus dengue pada wisatawan AS yang kembali telah meningkat secara drastis 20 tahun terakhir ini, dan dengue telah menjadi penyebab utama demam akut pada wisatawan AS yang kembali dari Karibia, Amerika Selatan dan Asia.

Setiap tahunnya, diperkirakan 50-100 juta kasus demam dengue dan 500.000 kasus DHF terjadi di seluruh dunia, dengan 22.000 kematian (sebagian besar pada anak-anak).¹⁶ Kira-kira 2,5-3 juta orang (kira-kira 40% dari populasi pada kira-kira 112 negara-negara tropis dan sub-tropis di seluruh dunia beresiko terkena infeksi dengue. Benua yang tidak mengalami penularan dengue adalah Eropa dan Antartika.¹⁷

Sekarang ini, DHF adalah salah satu penyebab utama opname dan kematian pada anak-anak pada banyak negara di Asia Tenggara, dengan Indonesia yang dilaporkan merupakan mayoritas dari kasus

DHF ini. Mengenai kepentingan dan signifikansi dalam pencegahan dan pengendalian, 3 studi pengawasan di Asia melaporkan dan meningkatnya usia pada pasien yang terinfeksi dan meningkatnya tingkat mortalitas.¹⁸

Demam dengue adalah penyakit karena virus yang dibawa oleh nyamuk yang disebabkan oleh 1 dari 4 serotip virus dengue yang sangat erat hubungannya namun secara antigen berbeda, serotip DENV 1 melalui DENV4. Virus-virus tersebut ditularkan oleh gigitan nyamuk *Aedes* yang terinfeksi. *Aedes aegypti* adalah vektor nyamuk efisien yang sangat utama untuk infeksi dengue, namun nyamuk harimau Asia, yaitu *Aedes albopictus*, dan spesies *Aedes* lainnya juga bisa menularkan dengue dengan berbagai tingkat efisien.¹⁹ Manusia bertindak sebagai tempat penyimpanan utama bagi dengue. Primata tertentu bukan manusia di Afrika dan Asia juga bertindak sebagai *host* namun tidak mengembangkan demam berdarah dengue. Nyamuk mendapatkan virus tersebut ketika mereka menghisap darah individu yang tertular (pembawa virus tersebut). Individu yang tertular bisa meneruskan virus tersebut pada nyamuk tersebut satu hari sebelum permulaan periode febris.²¹ Pasien tersebut bisa tetap tertular selama 6-7 hari berikutnya. Dengue bisa ditularkan jika nyamuk segera menggigit *host* lainnya. Disamping itu, penularan terjadi setelah 8-12 hari replikasi virus pada kelenjar ludah nyamuk (periode inkubasi ekstrinsik).^{22, 23}

Saat menginfeksi manusia, dengue memiliki masa inkubasi selama 3-14 hari (rata-rata 4-7 hari) sementara replikasi virus mengambil tempat dalam sel-sel dendritik target.²⁴ Infeksi sel-sel target, terutama yang mengenai sistem retikuloendotelial seperti sel-sel dendritik, hepatosit, dan sel-sel endothelial, mengakibatkan produksi mediator imun yang bertindak untuk membentuk kuantitas, jenis dan durasi respon imun humoral dan seluler, baik untuk infeksi virus awal maupun yang berikutnya.²⁵

Secara tipikal infeksi ini dimulai dengan manifestasi demam dengue awal. Febris akut (suhu $\leq 40^{\circ}\text{C}$), seperti pada demam dengue, bertahan selama sekitar 2-7 hari. Namun pada DHF, demam tersebut berulang, yang memberikan kurva demam punggung pelana atau bifasik.²⁶ Ciri kritis dari DHF adalah kebocoran plasma yang disebabkan oleh meningkatnya permeabilitas pembuluh kapiler dan bisa berbentuk sebagai hemokonsentrasi, sama seperti efusi pleura dan ascites. Pendarahan disebabkan oleh karena kerapuhan pembuluh kapiler dan trombositopenia dan bisa bermanifestasi dalam berbagai bentuk, mulai dari hemorragia kulit, seperti petekia hingga pendarahan gastrointestinal yang mengancam nyawa.²⁷

Sindrom shock dengue yang sangat utama adalah DHF yang mengalami kemajuan menjadi kegagalan sirkulasi, dengan kemudiannya hipotensi, tekanan nadi yang sempit (< 20 mm Hg), dan akhirnya, syok dan kematian jika dibiarkan tidak

dirawat. Kematian bisa terjadi 8-24 jam setelah serangan tanda-tanda kegagalan sirkulasi. Temuan klinis yang paling umum dalam shock yang mendatang adalah termasuk hipotermia, rasa sakit pada bagian perut, muntah dan rasa gelisah.²⁹

Demam dengue adalah sebuah penyakit seperti flu yang parah yang mempengaruhi bayi, anak-anak yang masih kecil dan dewasa, namun jarang menyebabkan kematian. Dengue parah merupakan sebuah komplikasi yang berpotensi mematikan yang disebabkan karena kebocoran plasma, akumulasi cairan, penyulit dalam pernapasan, pendarahan parah, ataupun melemahnya organ. Tanda bahaya terjadi 3-7 hari setelah gejala pertama bersama dengan penurunan suhu (dibawah 38°C/ 100°F) dan termasuk: rasa sakit pada bagian perut yang parah, muntah yang terus-menerus, napas yang cepat, gusi berdarah, lelah, gelisah, darah dalam muntah. Pada 24-48 jam tahap kritis berikutnya bisa mengancam nyawa dan fatal.^{28, 29} Seiring perkembangannya menjadi bentuk yang paling parah dari demam dengue yaitu sindrom shock dengue, sehingga perawatan medis sangat dibutuhkan untuk menghindari komplikasi dan resiko kematian.

Suhu lingkungan sangat mempengaruhi daya tahan secara keseluruhan bagi beraneka ragam parasit: virus, bakteri, mikrosporidia, jamur, nematode dan parasitoid. Suhu juga mempengaruhi durasi periode laten dan waktu bagi penyembuhan *host*. Hal ini menyatakan bahwa nyamuk-nyamuk tersebut dapat memperlihatkan berbagai fenotip daya tahan melintasi suhu lingkungan yang berbeda. Suhu bisa membentuk fenotip daya tahan dan pertumbuhan parasit dengan dua cara yaitu: (i) pengaruh langsung dari suhu tubuh *host* pada pertumbuhan parasit (yang independen dari *host* nyamuk), dan (ii) pengaruh tidak langsung yang diteliti kurang baik pada pertumbuhan parasit, yang dimediasi melalui suhu mempengaruhi mekanisme imun bawaan nyamuk.³⁰ Namun, mayoritas studi yang memeriksa aspek-aspek fungsi imun nyamuk diarahkan dibawah standar kondisi laboratorium dengan menggunakan suhu tunggal dan seringkali titik waktu tunggal untuk menilai data percobaan.

Telah ditunjukkan bahwa suhu bisa memiliki dampak kuantitatif dan kualitatif yang berbeda dan dramatis pada respon imun nyamuk, dengan interaksi kompleks secara teoritis dengan faktor-faktor seperti waktu dan sifat tantangan imun.

Satu penelitian mengatakan bahwa lokasi geografis dimana *Aedes aegypti* hidup bisa tergantung lebih pada persyaratan iklim yang berbeda daripada kompetisi interaktif. Pada sebuah studi yang dilakukan oleh Fontenille dan Rodhain (1989) di pulau Madagaskar yang membandingkan suhu, jumlah bulan-bulan kering dan milimeter curah hujan terhadap melimpahnya *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, ditemukan bahwa *Aedes albopictus* mendominasi tempat-tempat dengan lebih dari 1.000 mm curah hujan tiap tahunnya dan tidak lebih dari enam bulan kering.^{29,30} *Aedes aegypti* adalah spesies

yang berkuasa di tempat-tempat yang menerima kurang dari 2.000 mm curah hujan setiap tahunnya dan mengalami hingga sembilan bulan kering setahun.

Pengaruh suhu dan kelembaban pada nyamuk dewasa dari kedua spesies ini, sama seperti yang lainnya telah dipelajari secara ekstensif. Sebuah studi yang membandingkan waktu kelangsungan hidup dalam pengawetan kering dari nyamuk dewasa *Aedes albopictus* dan *Aedes aegypti* dibawah kelembaban relative (RH) 90% dan 70% dan 25°C. *Aedes aegypti* diketahui lebih tahan terhadap pengawetan dikeringkan daripada *Aedes albopictus*. Sebuah studi yang dilakukan tentang reaksi nyamuk, *Culex fatigans* terhadap suhu dan kelembaban mengindikasikan bahwa betina dewasa sangat sensitif terhadap perubahan pada kelembaban dan suhu. Pada suhu 29°C, *Culex fatigans* bisa mendeteksi perbedaan sebesar 1°C. Dinyatakan lebih lanjut bahwa semua betina menghindari tingkat suhu dan kelembaban yang sangat tinggi dan sangat rendah, dengan betina yang telah makan darah menunjukkan reaksi yang paling kuat dan betina lapar menunjukkan reaksi terlemah.³¹

Hanya ada sedikit sekali penelitian mengenai pengaruh suhu pada telur-telur *Aedes aegypti*. Sebuah studi di Jepang dilakukan untuk mengukur waktu kelangsungan hidup telur dari beberapa spesies *Aedes* termasuk *Aedes aegypti* dibawah tiga kondisi kelembaban yang berbeda pada suhu 25°C. Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa *Aedes aegypti* memiliki volume telur yang paling besar dan dengan demikian kemampuannya lebih besar untuk tahan terhadap pengawetan melalui pengeringan. Dengan demikian dihipotesiskan bahwa telur-telur *Aedes aegypti* tersebut akan memiliki persentase penetasan telur yang berbeda pada suhu yang berbeda.

Secara umum, tingkat telur-telur *Aedes aegypti* yang menetas seiring suhu meningkat dari 25°C menjadi 45°C. Jumlah terbesar telur yang menetas adalah pada suhu 25°C karena rentang optimal seekor nyamuk dewasa terletak antara suhu 15°C dan 30°C, sementara transisi cepat dalam tahap akuatik adalah optimal pada suhu 26°C.³¹ Tahap transisi akuatik ini bisa mencakup penetasan telur, sehingga ini menjelaskan mengapa persentase telur yang menetas adalah yang tertinggi pada kelompok kontrol dengan suhu 25°C, yaitu sebesar 76%. Seiring dengan meningkatnya suhu hingga 45°C, tingkat telur yang menetas menurun secepatnya hingga nol, karena telur-telur tersebut disimpan diluar kondisi optimal bagi telur untuk menetas. Ada pengaruh suhu yang berbeda untuk tahapan yang berbeda dari siklus hidup nyamuk, oleh karena itu suhu yang lebih tinggi tidak menstimulasi penetasan.

Penetasan telur dipicu oleh beberapa faktor, yang mencakup konsentrasi oksigen dalam air, cara hidup yang ringan, periode pengawetan dengan pengeringan, fluktuasi suhu. Seiring dengan meningkatnya suhu, perangsangan penetasan telur lebih lanjut dipengaruhi oleh pengawetan dengan

pengeringan dan dehumidifikasi. Sebuah studi yang menunjukkan bahwa terdapat tingkat penetasan telur yang lebih tinggi pada suhu 20°C dibandingkan dengan tingkat penetasan telur pada suhu 25°C, dengan pengaruh pengawetan dengan pengeringan dan dehumidifikasi.³² Bisa saja proses-proses pengawetan dengan pengeringan dan dehumidifikasi yang membuat telur-telur tersebut tetap berada pada siklusnya tanpa adanya transformasi ke tahap berikutnya dari siklus hidupnya. Kerentanan telur-telur tersebut dari suhu lebih dari 30°C juga menjelaskan perbedaan dalam tingkat penetasan telur-telur *Aedes aegypti* antara kelompok kontrol dan suhu 30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C secara berturut-turut.

Perubahan-perubahan musiman dan *circadian* dalam fisiologi dan imunitas pada berbagai organisme seperti yang telah ditunjukkan oleh beberapa studi, menyatakan bahwa kerentanan nyamuk bisa berubah dengan aspek-aspek khusus dari siklus hidup seekor nyamuk.³³ Oleh karena itu, kita dapat mengasumsikan bahwa mortalitas dari sebuah telur nyamuk meningkat dengan suhu karena fisiologinya mungkin dirubah dengan peningkatan suhu.

Suhu yang tinggi yang diasosiasikan dengan kelembaban rendah menyebabkan menurunnya tingkat penetasan telur-telur *Aedes aegypti*. Jumlah larva yang dihasilkan yang relatif lebih kecil dari telur-telur tersebut yang disimpan pada kelembaban relatif dengan peningkatan suhu sebesar 60%,. Hal yang sebaliknya terjadi pada telur-telur yang disimpan pada kelembaban relatif, dengan peningkatan suhu karena terdapat peningkatan pada jumlah telur yang menetas, sebesar 80%.³⁴ Oleh karena itu, seiring naiknya suhu, dengan adanya kelembaban relatif yang rendah, maka jumlah telur-telur yang menetas akan menurun. Karena *Aedes aegypti* lebih suka untuk bertelur pada substrat di tepi tempat oviposisi di tempat-tempat yang teduh, maka telur-telurnya mungkin mengalami dampak yang lebih besar dari kelembaban.³⁶ Mungkin saja bahwa kelembaban tersebut rendah sementara studi yang telah dilakukan, menjelaskan perbedaan tingkat telur-telur yang menetas antara kelompok control (25°C), dengan suhu 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C secara berturut-turut.³⁷

SIMPULAN

Dari pembahasan di atas, jelas sekali terlihat bahwa tingkat penetasan telur-telur *Aedes aegypti* menurun dengan peningkatan suhu. Kelompok kontrol pada suhu 25°C memiliki tingkat penetasan telur yang tertinggi. Ini karena suhu 25°C berada dalam rentang suhu optimal bagi telur untuk menetas, dengan demikian, jumlah telur yang menetas adalah tertinggi. Karena ada pengaruh suhu yang berbeda pada tahap-tahap yang berbeda dari siklus hidup *Aedes aegypti*, maka pengaruh suhu pada tingkat penetasan telur nampaknya menjadi amat sangat besar dengan peningkatan suhu lebih dari 30°C seiring jumlah telur-telur yang menetas mulai berkurang secara signifikan diatas suhu tersebut.

Ketika membandingkan suhu lainnya dengan dengan suhu kelompok kontrol secara berturut-turut, maka terdapat perbedaan dalam tingkat penetasan, dengan suhu sebesar 30°C-kontrol memiliki perbedaan yang paling rendah pada tingkat penetasan, sementara kedua suhu sebesar 40°C-kontrol dan 45°C-kontrol memiliki perbedaan yang paling besar pada tingkat penetasan telur *Aedes aegypti*. Hal ini karena suhu 30°C adalah yang paling dekat dengan rentang suhu optimal bagi penetasan telur dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga telur-telur yang disimpan pada suhu 30°C masih bisa untuk mentoleransi suhu ini meskipun tingkat penetasannya mungkin tidak setinggi yang ada pada kontrol. Pada suhu 40°C dan 45°C, suhu tersebut terlalu ekstrim bagi telur-telur untuk menetas, ditambah pengaruh dari pengawetan dengan pengeringan dan kelembaban yang relatif pada telur tersebut dimana tidak satupun telur tersebut yang disimpan pada suhu ini menetas hingga pada akhir studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kristina, Ismaniah dan Leny Wulansari. Demam Berdarah Dengue, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Dep.Kes.RI, Jakarta. 2004 Vol 2, 650-675
2. Ishak Hasanuddin, Zrimurti Mappau dan Isra Wahid. Uji Kerentanan *Aedes aegypti* terhadap Malathion dan Efektifitas Tiga Jenis Insektisida, Propokusur Komersial di Kota Makassar. Jurnal Med.Nasional .2005 (4), 235 – 239.
3. Hadi UK dan Sigit. Hama Pemukiman Indonesia. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor. 2006, 512-532
4. Baskoro T, Nalim S. Pengendalian Nyamuk Penular Demam Berdarah Dengue di Indonesia. Makalah disampaikan dalam Simposium Demam Berdarah Dengue. 2007, 597-612 Chobanian AV. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. United state: Department of Health and Human Services. 2003:31-45
5. Service MW. Medical Entomology for Students. London : Chapman & Hall. 1996. P 54-78.
6. Silva IG, Silva HHG, Lima CG. Ovipositional Behavior of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) in Different Strata and Biological Cycle. Acta Biol Par.Curitiba 2003 32 (1,2,3,4) : 1-8.
7. Foster WA, Walker ED. Medical and Veterinary Entomology. Edited by Gary Mullen dan Lance Durden. London: Academic Press. 2002. p 203-233 20.
8. World Health Organization. Pencegahan dan Pengendalian Dengue dan Demam Berdarah Dengue. Panduan Lengkap. Alih bahasa: Palupi Widyastuti. Editor Bahasa Indonesia:

- Salmiyatun. Cetakan I. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC. 2005. hal 58 – 77
9. Soeroso T, Umar IA. Epidemiologi dan Penanggulangan Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia Saat Ini. Dikutip dari Demam Berdarah Dengue. Naskah Lengkap Pelatihan bagi Dokter Spesialis Anak dan Dokter Spesialis Penyakit Dalam, dalam Tatalaksana Kasus DBD. Penyunting: Sri Rejeki H Hadinegoro dan Hindra Irawan Satari. Jakarta: Balai Penerbit FKUI. 2002. hal 1 – 32
 10. Rozendaal JA. Vector Control. Methods for Use by Individual and Communities. Geneva: World Health Organization. 1997.p 7 – 177.
 11. Vezzani D, Rubio A, Velazquez SM, Scheigmann N, Wiegand T. Detailed Assessment of Microhabitat Suitability for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires, Argentina. *Acta Tropica* 2005 95: 123-131
 12. Beaty BJ, Marquardt WC. The Biology of Disease Vectors. Colorado: The University Press of Colorado. 1996. p 85-93.
 13. Chanler, Asa.C. introduction to Parasitology. John Willey NY. 1954.
 14. World Health Organization. Pencegahan dan Pengendalian Dengue dan Demam Berdarah Dengue. Edisi 2. Penerbit Buku Kedokteran ECG. 2005.
 15. Ardianto. P. aids dan Penyakit Kelamin Lainnya. Jakarta. Arcan : 1995.
 16. Johnson. P.W. chemical Resistance In Livestock. Elizabeth Mc Artur Agricultural Institute. Camden. NSW. 1998.
 17. Rueda LM. Zootaxa. Ppictorial Keys for the Identification of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Associated with Dengue Virus Transmission. Auckland, New Zealand: Mongolia Press. 2004.
 18. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Petunjuk Teknis Pemberantasan Nyamuk Penular Penyakit Demam Berdarah Dengue. Ditjen PPM dan PLP. Jakarta. 1992
 19. Hadi, A. Vector Borne Diseases. FKM UI, Jakarta. 2001.
 20. Dinas Kesehatan Bonebolango. Cara Memberantas Nyamuk *Aedes aegypti* (DBD). 2009.
 21. Dirjen P2M dan PLP. Ekologi Vektor dan Beberapa Perilaku. DepKes RI. Jakarta.2004
 22. Djojoosumarto Panut. Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian. Kanisius. Yogyakarta. 2008.
 23. Untung Kasumbogo. Manajemen Resistensi Pestisida Sebagai Penerapan Pengelolaan Hama Terpadu. UGM. Yogyakarta. 2004, 56-78
 24. Vezzani D, Rubio A, Velazquez SM, Scheigmann N, Wiegand T. Detailed Assessment of Microhabitat Suitability for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires, Argentina. *Acta Tropica* 2005 95: 123-131.
 25. Damar Tri Boewono, Efikasi Insektisida Seruni 100 EC Terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* dan *Culex Quinquefasciatus* Metode Pengasapan. Salatiga. 2005: 254-268
 26. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Status Kerentanan Nyamuk *Anopheles Sundaicus* Terhadap Insektisida Cypermethrin Di Kabupaten Garut. Aspirator. 2008. Vol 1 (1) 55-66.
 27. Sastroasmoro S, Ismael S. Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis. Jakarta. Binarupa Aksara, 1995(2):107-115
 28. AS Enviromental Badan Perlindungan, Kantor Program Pestisida. www.epa.gov/pestisida. Diakses pada tanggal 18 januari 2013.
 29. Sarwoko. 2007. Statistik Inferensi untuk Ekonomi dan Bisnis. Yogyakarta. Cv Andi Offset. 2007.
 30. Komisi Pestisida. Metode Standart Pengujian Resistensi Pestisida. Jakarta. Deptan 1995.
 31. Boewono DT, Barodji, Suwasono H, Ristiyanto, Widiarti, Widyastuti U, dkk. Peta Resistensi Vektor DBD *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida Kelompok (Organofosfat, Karbamat dan Pyrethroid) Di Propinsi Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Salatiga: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit. 2010(2):560-54
 32. Krianto. Masyarakat Depok Memilih Fogging yang Tidak Dimengerti. Departemen Pendidikan Kesehatan dan Ilmu Perilaku Fakultas Kesehatan Masyarakat Indonesia. 2009. Vol. 4 (1) 29 -35.
 33. Shinta. Kerentanan Nyamuk *Aedes aegypti* di DKI Jakarta dan Bogor Terhadap Insektisida Malathion dan Lambdacyhalothrin. Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan. 2008. Vol. 7 No 1, 722-731.
 34. Boewono DT, Barodji, Suwasono H, Ristiyanto, Widiarti, Widyastuti U, dkk. Studi Komprehensif Penanggulangan dan Analisis Spatial Transmisi Demam Berdarah Dengue di Wilayah Kota Salatiga. Prosiding Seminar Sehari: Strategi Pengendalian Vektor dan Reservoir pada Kedaruratan Bencana Alam di Era Desentralisasi. Salatiga: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit. 2006. Hal 98 – 115.
 35. Braga I.A., Lima, J.B.P., Soares, S.S., and Valle, A.D. *Aedes aegypti* Resistance to Temephos during 2001 in Several

- Municipalities in the States of Rio de Janeiro, Sergipe, and Alagoas, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 2004 99 (2): 199-203.
36. Ponlawat, A., Scott J.G., and Harrington L.C. Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* across Thailand, J. Med. Entomol, 2005 42 (5): 821-825.
37. Santoso, Ludfi. Pengantar Entomologi Kesehatan Masyarakat. Fakultas Kesehatan Masyarakat Undip. Semarang. 2007. Vol 3, 143-253