



6. KEBUTUHAN SATUAN PANAS UNTUK FASE PERKEMBANGAN PADA NYAMUK *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) DAN PERIODE INKUBASI EKSTRINSIK VIRUS DENGUE

6.1. PENDAHULUAN

Sebelum menularkan virus Dengue, nyamuk *Aedes aegypti* dalam hidupnya mengalami beberapa tahap perkembangan. Telur dalam keadaan kering dapat tersimpan hingga berbulan - bulan (Christopher, 1960). Jika diairi telur tersebut akan menetas menjadi larva 1, kemudian berkembang menjadi larva 2, 3, dan 4; serta pupa. Beberapa saat kemudian pupa berkembang menjadi nyamuk dewasa yang siap terbang, berkolonisasi, menghisap darah dan bertelur.

Di alam bebas sejumlah kecil nyamuk mampu beradaptasi menghadapi keadaan ekstrim (Reiter, 2001). Walaupun demikian, sebagian besar populasi nyamuk mengikuti konsep satuan panas (Blunk dan Janish dalam Christopher, 1960). Sejumlah energi yang umumnya dinyatakan dalam derajat hari (disingkat DH), diperlukan untuk menyelesaikan setiap tahap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup (Wang, 1960). Jumlah energi tersebut antara lain dapat dihitung dari akumulasi suhu udara di atas suhu dasar selama periode tahap kehidupan.

Suhu lingkungan menentukan kecepatan perkembangan dan aktivitas nyamuk antara lain meliputi : lama stadium pradewasa (PD), panjang periode siklus gonotropik (SG), periode inkubasi ekstrinsik (EIP) atau kecepatan replikasi virus di dalam tubuh nyamuk. Suhu juga menentukan ukuran vektor yang mempengaruhi laju menggigit dan frekuensi gigitan nyamuk (Chan *et al.*, 1999; Sehgal, 1997). Peningkatan suhu mempercepat proses pendewasaan dan siklus gonotropik, sehingga meningkatkan frekuensi nyamuk untuk menginfeksi (Reiter, 2001).

Panjang stadium PD dan SG menentukan kecepatan pertumbuhan populasi nyamuk. Jumlah populasi nyamuk per orang merupakan salah satu penentu laju transmisi virus Dengue jika keberadaan virus Dengue tidak menjadi pembatas, contoh dalam kasus transmisi transovarial maupun normal jika jumlah penderita penyakit DBD cukup menjadi sumber virus.

EIP juga merupakan faktor penentu laju transmisi virus. Dengan meningkatnya suhu EIP menjadi lebih pendek sehingga peluang virus untuk bereplikasi di dalam

tubuh nyamuk lebih besar dan nyamuk lebih cepat memindahkan virus ke tubuh manusia. Pada virus Dengue tipe 2, EIP pada suhu 30⁰C memerlukan waktu 12 hari, sedangkan pada suhu 32 – 35 ⁰C memerlukan waktu 7 hari, sehingga daya transmisinya menjadi 3 kali lipat (Chadee, 2006; Sehgal, 1997). Menurut Gubler dalam Lindback *et al.* (2003), EIP berkisar antara 8 –12 hari dengan kejadian paling sering 4 – 7 hari.

Jika virus dan darah ada di dalam tubuh nyamuk, maka sesaat kemudian stadium pradewasa akan dilanjutkan dengan inkubasi virus di dalam tubuh nyamuk. **Jumlah waktu kedua tahapan tersebut (PD+EIP) dapat menjadi perkiraan tenggang waktu antara tersedianya tempat perindukan dengan awal penularan virus Dengue ke tubuh manusia.** Setelah virus masuk ke dalam darah manusia, virus akan bereplikasi melalui proses inkubasi intrinsik atau *Intrinsic Incubation Period* (IIP) sebelum menimbulkan proses Viremia (dan gejala sakit). Periode inkubasi intrinsik (di dalam tubuh manusia) berkisar antara 3 – 14 hari (Gubler, 1998 dalam Lindback *et al.* , 2003)

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif, **bertujuan** untuk mendapatkan nilai satuan panas, suhu dasar, dan panjang periode tahap-tahap penting dalam hidup nyamuk dalam menularkan virus Dengue. Tahapan penting yang dimaksudkan meliputi periode penetasan telur hingga tumbuh menjadi nyamuk dewasa yang siap menularkan virus Dengue berdasarkan informasi suhu udara.

Informasi tentang periode penularan virus Dengue di daerah endemik dapat bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat. Manfaat tersebut antara lain meliputi penyiapan upaya PSN serta antisipasi dan penanggulangan penyakit DBD secara tepat waktu, yang pada akhirnya diharapkan dapat menekan jumlah penderita penyakit DBD.

6.2. BAHAN DAN METODA

6.2.1 Lokasi dan waktu

Percobaan dilakukan untuk memperoleh jumlah hari bagi nyamuk untuk menyelesaikan stadium pradewasa dan stadium dewasa. Jumlah hari (umur) nyamuk pradewasa dan dewasa hasil pengamatan digunakan untuk menghitung suhu dasar dan satuan panas. Percobaan dilakukan di Laboratorium Insektari, FKH IPB Darmaga (\pm 240 mdpl) dan di ruangan rumah tinggal di Kp Muara desa Pasirkuda, Bogor (\pm 260

mdpl). Pengamatan dilakukan mulai pada tanggal 23 Nopember 2006 hingga awal April 2007. Jumlah hari untuk EIP, SG, dan rata-rata umur nyamuk dewasa sebagai informasi tambahan diperoleh dari studi pustaka.

6.2.2. *Bahan dan alat*

Bahan percobaan untuk memperoleh satuan panas stadium pradewasa yaitu telur nyamuk *Aedes aegypti* strain Cikarawang Darmaga Bogor, wadah untuk memelihara larva nyamuk, kandang untuk memelihara nyamuk dewasa, larutan gula ditambah dengan sedikit vitamin B12 untuk makanan nyamuk dewasa, dan termometer pengukur suhu ruang.

6.2.3. *Metode*

6.2.3.1. *Pengamatan Fase Perkembangan Nyamuk pada Stadium Pradewasa dan Dewasa*

Untuk mendapatkan pengaruh beberapa kisaran suhu pada jumlah hari yang diperlukan bagi nyamuk untuk menyelesaikan stadium pradewasa dewasa, telur nyamuk ditetaskan dan dipelihara di empat lokasi pemeliharaan meliputi :

- A. Laboratorium Insektari, FKH IPB Darmaga, Bogor
 - a. Di dalam ruangan
 - b. Di teras Lab Insektari, dalam kandang dari kain kasa berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$
- B. Rumah di Kp. Muara Bogor
 - a. Di dalam ruangan relatif terbuka
 - b. Di lemari berpendingin dengan pintu tidak tertutup rapat.

Semua tempat pengamatan terlindung dari radiasi matahari langsung. Media pertumbuhan berupa air jernih.

Setiap lokasi dianggap sebagai kelompok, sehingga dalam penelitian ini ada 4 kelompok perlakuan suhu.

Setelah dewasa nyamuk dipindahkan ke dalam kandang yang terbuat dari kain kasa berukuran lebih kurang $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}^2$, dan diletakkan pada ruangan yang sama dengan ruang pemeliharaan nyamuk pradewasa. Di Insektari, nyamuk dewasa yang dipelihara berjumlah 50 ekor. Di Muara, seluruh nyamuk dewasa dilanjutkan pemeliharaannya, jumlahnya tidak sama, lebih dari 20 ekor per kelompok. Jumlah nyamuk yang dipelihara dianggap menjadi ulangan dalam perlakuan yang sama.

Pengamatan dilakukan 2 kali sehari, yaitu pada pukul 7 pagi dan 19 malam, meliputi pengukuran suhu udara dan penghitungan jumlah nyamuk yang berubah fase perkembangan, yakni dari telur, larva 1, larva 2, larva 3, larva 4, pupa, hingga menjadi dewasa, dan mati.

Dari hasil pengamatan akan didapat waktu terpendek, waktu terpanjang, rata-rata waktu, waktu tengah, dan waktu kejadian terbanyak atau modus dari periode hari yang dibutuhkan untuk periode pradewasa dan umur nyamuk dewasa. Yang dimaksud dengan periode pradewasa adalah periode dari telur hingga mulai menjadi imago, dan umur nyamuk dewasa adalah periode yang dibutuhkan mulai imago hingga mati.

6.2.3.2. *Pengumpulan informasi Panjang Periode Inkubasi Ekstrinsik dan Siklus Gonotropik*

Panjang Periode Inkubasi Ekstrinsik dan Siklus Gonotropik tidak didapatkan dari pengamatan laboratorium, tetapi dikumpulkan dari studi pustaka (Focks *et al.*, 1993).

6.2.3.3. *Perhitungan Satuan Panas*

Satuan panas (*heat unit*) dihitung dari jumlah hari yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap fase kehidupan dengan mempergunakan rumus 1 (dituliskan kembali dari rumus Blunk, 1923 dalam Christopher, 1960; dan WMO, 1981)

$$HU = n(T_a - T_b), \dots \dots \dots (1) \text{ atau}$$

$$n = HU / (T_a - T_b), \dots \dots \dots (2)$$

di mana

HU : Heat Unit atau satuan Panas (dalam derajat hari)

n : (Day numbers) jumlah hari hasil pengamatan atau studi pustaka yang diperlukan untuk menyelesaikan satu fase kehidupan atau perkembangan nyamuk

T_a : Ambient Temperature atau suhu lingkungan (hasil pengamatan)

T_b : Base Temperature atau suhu dasar

6.2.3.4. *Perhitungan suhu Dasar*

Suhu dasar dihitung dengan cara *statistical trial and error* pada perhitungan satuan panas menggunakan berbagai nilai suhu dasar hingga didapatkan nilai satuan panas

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dengan simpangan minimum. Selang nilai suhu dasar didapatkan dari berbagai bahan pustaka.

Perhitungan satuan panas pada EIP virus Dengue, SG dan umur nyamuk dewasa dilakukan dengan cara yang sama.

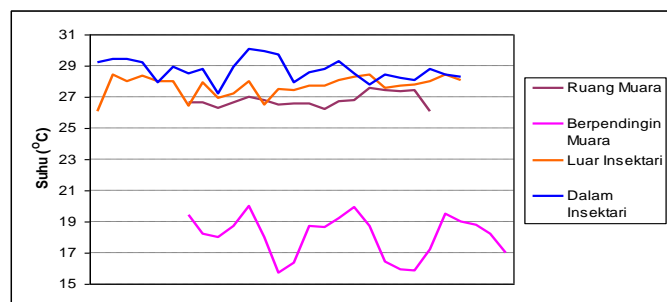
6.3.2.5. Perhitungan Panjang Periode Tiap Fase Kehidupan Nyamuk

Data suhu udara dari lokasi studi diperlukan untuk memperoleh perkiraan panjang rata-rata periode setiap fase kehidupan di lokasi (kota/kab.) contoh. Panjang periode didapatkan dengan cara membagi satuan panas dengan selisih antara suhu udara rata-rata dengan suhu dasar sesuai rumus 2.

6.3. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.3.1. Satuan Panas pada Stadium Pradewasa

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu rata-rata ruang lokasi penelitian berkisar antara 18,0⁰C hingga 28,7⁰C. Kisaran suhu rata-rata harian ruangan tempat pemeliharaan nyamuk dapat dilihat pada Gambar 14. Pada lemari berpendingin setelah hari ke 22 pengamatan suhu tidak dilakukan lagi, karena dianggap rata-rata suhu ruangan telah seramati. Di dalam ruangan Darmaga (Aa), kisaran suhu berada pada 27,2 hingga 30,1⁰C dengan suhu rata-rata 28,7⁰C. Di luar ruangan Darmaga (Ab), kisaran suhu berada pada 26,1 hingga 28,5⁰C dengan suhu rata-rata 27,8⁰C. Di ruangan Muara (Ba) kisaran suhu berada pada 25,5 hingga 29,0⁰C, dengan suhu rata-rata 26,6⁰C, dan di dalam lemari berpendingin di Muara (Bb) suhu rata-rata 18,0⁰C dengan kisaran suhu antara 14,5⁰C hingga 20,5⁰C.



Gambar 15. Kondisi suhu rata-rata harian ruang pemeliharaan nyamuk

Perubahan dari telur menjadi nyamuk dewasa memerlukan waktu tercepat 13 hari dan paling lambat 121 hari. Waktu tercepat didapatkan pada suhu ruang 26,6⁰C

dan waktu terlama didapatkan pada percobaan didalam lemari berpendingin dengan suhu rata-rata 18⁰C.

Waktu yang dibutuhkan telur nyamuk untuk berubah menjadi nyamuk dewasa berkurang dengan bertambahnya suhu udara. Plot hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengaruh suhu tidak linier. Umur atau panjang periode seluruh tahapan hidup nyamuk dan virus di dalam tubuh nyamuk mengikuti fungsi non linier dari suhu (Gambar 16). Oleh karena itu konsep satuan panas (HU) dianggap dapat diterapkan pada kisaran suhu di lokasi penelitian.

Tabel 27. Waktu yang dibutuhkan (hari) untuk merubah telur hingga menjadi nyamuk dewasa setelah diairi pada lokasi (suhu ⁰C) yang berbeda

Lokasi	Awal	Akhir	Med	Mod	W Mean
Aa	18,5	22,0	20,3	20,5	20,0
Ab	23,0	30,0	26,5	26,0	26,3
Ba	13,0	18,0	16,0	*	*
Bb	28,0	121,0	74,0	61,0	*

Keterangan : * tidak diamati; Med : nilai median waktu
Mod : nilai modus; W mean : rata-rata berbobot, dengan pembobot jumlah larva yang berganti tahap hidupnya; Aa/ Ab: di dalam/di luar lab, Darmaga; Ba: di dalam ruangan kompleks perumahan, Muara ; Bb : di dalam lemari berpendingin

Dengan menggunakan konsep satuan panas nilai rata-rata dan simpangan baku HU serta suhu dasar dapat diperhitungkan. Dari perhitungan pada stadium pradewasa nyamuk *Aedes aegypti*, simpangan baku dan koefisien variasi terkecil didapatkan pada suhu dasar 15 ⁰C dan satuan panas sebesar 256 DH. Hasil perhitungan ini mendapatkan nilai simpangan baku dan koefisien variasi sebesar 67 DH dan 26,2 % (Tabel 28).

Tabel 28. Perbandingan satuan panas (derajat hari) pada stadium pradewasa nyamuk *Aedes aegypti* pada beberapa lokasi dengan suhu dasar yang berbeda

Lokasi	Suhu	Jumlah Satuan Panas mengikuti Suhu Dasar yang dicobakan			
		10,0	15,0	17,0	17,5
Aa	28,7	379,6	278,1	237,5	227,4
Ab	27,8	471,7	339,2	286,2	272,9
Ba	26,6	265,6	185,6	153,6	145,6
Bb	18,0	592,0	222,0	74,0	37,0
Rataan		427,2	256,2	187,8	170,7
Simpangan		138,5	67,1	93,6	103,6
Variasi(%)		0,32	0,26	0,50	0,61

Lokasi Aa/ Ab: di dalam/di luar lab, Darmaga; Ba: di dalam ruangan kompleks perumahan, Muara ; Bb : di dalam lemari berpendingin

6.3.2. Periode Inkubasi Ekstrinsik (EIP) dan Gonotropik

Menurut teori satuan panas, EIP virus di dalam tubuh nyamuk dapat dinyatakan dalam satuan DH. Hasil perhitungan satuan panas untuk EIP dicantumkan pada Tabel 28. Perhitungan satuan panas dalam DH dilakukan berdasarkan data jumlah hari pada periode inkubasi ekstrinsik berdasarkan hasil penelitian Focks *et al.*, (1993). Suhu dasar yang menghasilkan simpangan baku satuan panas EIP terkecil adalah 17°C. Jumlah satuan panas yang sesuai besarnya adalah 128 DH (CV: 5%).

Tabel 29. Satuan Panas (DH) EIP virus Dengue di dalam tubuh nyamuk *Aedes aegypti* pada suhu dasar 0, 10, 15, 17, dan 20 °C. (diolah berdasarkan data EIP dalam satuan hari dari Focks *et al.*, 1993)

Suhu	EIP (Hari)*	Suhu Dasar (°C)				
		0	10	15	17	20
22	24	528	288	168	120	48
24	20	480	280	180	140	80
26	14	364	224	154	126	84
28	11,8	330	212	153	130	94
30	9,9	297	198	149	129	99
32	8,4	269	185	143	126	101
Rataan HU		378,0	231,2	157,8	128,5	84,3
StDev		103,8	43,0	13,6	6,6	19,6

Secara umum umur nyamuk sebagaimana makhluk hidup yang lain, juga dapat dianggap mengikuti konsep satuan panas (Wang, 1960). Semakin tinggi suhu udara semakin cepat nyamuk menyelesaikan daur hidupnya. Dengan kata lain, semakin tinggi suhu semakin pendek umurnya. Perpaduan umur dan kecepatan perkembangbiakan nyamuk menentukan jumlah populasi nyamuk sehingga meningkatkan daya tular virus Dengue.

Tabel 30. Perhitungan satuan panas (derajat hari) umur nyamuk *Aedes aegypti* dewasa pada beberapa suhu dasar yang berbeda

Panjang Hidup		Derajat hari pada suhu dasar (°C)			
Suhu	Umur	10	15	17	17,5
21	47	517	282	188	165
27	42	714	504	420	399
28	33	594	429	363	347
29	29	551	406	348	334
33	15	345	270	240	233
Rataan		594	405	330	311
Simpangan		86,0	92,2	99,5	101,6
Variasi(%)		14,5	22,8	30,2	32,7

Selain dari pengamatan, data umur nyamuk dewasa juga didapatkan dari pengamatan di dalam ruang inkubator yang dilakukan oleh Hasan (1995) pada suhu ruang berbeda. Perhitungan berdasarkan data tersebut menghasilkan suhu dasar untuk kehidupan nyamuk dewasa sebesar 10°C , dengan satuan panas rata-rata sebesar 594 DH (CV: 24,6%). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar nyamuk dapat hidup mulai pada suhu 10°C . Walaupun demikian, menurut Christophers (1960), suhu pembatas untuk aktifitas menggigit berada pada kisaran suhu yang lebih tinggi, yaitu sebesar 15°C . Jadi pada kisaran suhu antara 10°C hingga 15°C nyamuk dapat hidup tetapi tidak aktif menggigit.

Tabel 31. Satuan Panas (Derajat Hari) siklus gonotropik nyamuk *Aedes aegypti* pada suhu dasar 15, 17, 17,5 dan 18°C . (diolah berdasarkan data siklus gonotropik dalam jumlah hari, sumber : Focks *et al.*, 1993)

Suhu	Gonotropik Hari*	Derajat hari pada suhu dasar ($^{\circ}\text{C}$)			
		15	17	17,5	18
22	7,3	51	37	33	29
24	6,1	55	43	40	37
26	4,2	46	38	36	34
28	3,5	46	39	37	35
30	2,9	44	38	36	35
32	2,4	41	36	35	34
Rataan HU		47,0	38,2	36,0	33,8
StDev		5,2	2,4	2,3	2,5

Lama siklus gonotropik juga menentukan laju pertumbuhan populasi nyamuk. Semakin pendek siklus gonotropik, semakin sering nyamuk bertelur dan semakin cepat populasi bertambah. Analisis data jumlah hari untuk SG hasil penelitian Focks, *et al.* (1993) menghasilkan satuan panas untuk SG sebesar 36 DH dan suhu dasar $17,5^{\circ}\text{C}$ (Tabel 30).

Tabel 32. Suhu Dasar (Tb) dan Satuan Panas pada berbagai Fase Kehidupan

Fase	Tb	Satuan Panas		
		Rataan	StDev	CV(%)
Pradewasa	15	256	67	26,2
EIP Virus	17	128	7	5,5
Gonotropik	17,5	36	2	6,4
Siklus Hidup	10	594	86	14,5

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengetahuan mengenai suhu dasar dan satuan panas antara lain dapat dipakai untuk menghitung variabel penentu jumlah populasi, yaitu umur dan siklus gonotropik nyamuk. Lama periode setiap tahapan hidup nyamuk hingga siap menularkan virus, yaitu periode stadium pradewasa dan EIP juga dapat dihitung dari informasi satuan panas. Suhu dasar dan satuan panas untuk seluruh fase yang dianalisis tercantum pada Tabel 31. Persamaan untuk menghitung panjang periode beberapa tahap kehidupan nyamuk (y) berdasarkan data suhu udara (x) adalah sebagai berikut:

- a Stadium Pradewasa, $y = 256(x - 15)^{-1}$
- b Siklus Gonotropik, $y = 36(x - 17.5)^{-1}$
- c Inkubasi Ekstrinsik Virus, $y = 128(x - 17)^{-1}$
- d Umur Nyamuk Dewasa, $y = 594(x - 10)^{-1}$

6.3.3 Lama Periode Hidup Nyamuk di daerah Endemik dan pada berbagai suhu dan ketinggian tempat

Studi meliputi tiga kabupaten / kota endemik DBD dan satu kota endemik sangat berat dengan penduduk sangat padat (Jakarta Utara) yang terletak di dataran rendah (< 500 mdpl) tropika basah Indonesia. Data suhu dari tiga lokasi Endemik, yakni Indramayu, Bogor dan Padang dapat dianggap mewakili data rata-rata suhu sebagian besar kota / kabupaten endemik DBD di Indonesia. Berdasarkan data suhu udara rata-rata dan informasi satuan panas, dapat dihitung panjang stadium PD, EIP, SG, dan umur nyamuk *Aedes aegypti* dalam satuan hari.

Tiga lokasi yakni Indramayu, Bogor dan Padang mempunyai suhu udara rata-rata yang hampir sama, tetapi Jakarta Utara mempunyai suhu yang lebih tinggi. Walaupun demikian, panjang stadium pradewasa (PDN) dan EIP di keempat lokasi juga hampir sama. Stadium pradewasa nyamuk memerlukan waktu 3 minggu. EIP

Tabel 33. Rataan panjang periode stadium pradewasa , rata-rata umur, EIP, dan siklus gonotropik (hari) nyamuk *Aedes aegypti* di kota Indramayu, Jakarta Utara, Bogor dan Padang, hasil perhitungan berdasarkan satuan panas

Kota	Suhu Rataan	Pradewasa	Umur	EIP	Gonotropik
Indramayu	27,3	21	34	12	4
Jakarta Utara	28	20	33	12	3
Bogor	27	21	35	13	4
Padang	27,1	21	35	13	4

memerlukan waktu 2 minggu (Tabel 33). Panjang kedua periode tersebut dalam skala waktu musiman tidak berbeda nyata dengan keadaan rata-rata tahunannya (Tabel 34). Informasi ini dapat memberikan gambaran bahwa di sebagian besar daerah endemik Dengue di Indonesia :

1. Perkiraan waktu awal kejadian penularan virus Dengue berkisar antara 24 hingga 38 hari atau 3 hingga 6 minggu setelah tersedianya tempat perindukan nyamuk, yakni waktu PDN ditambah dengan EIP. Waktu penularan virus Dengue secara transovarial hampir sama dengan transmisi normal jika ada orang yang sedang *viremia* digigit nyamuk langsung setelah nyamuk menjadi dewasa dan berkopulasi. Penularan lebih lanjut akan terjadi dengan intensitas yang ditentukan oleh ketersediaan air untuk perindukan dan banyaknya telur nyamuk pada stadium PD dan tingginya suhu pada EIP.
2. Pembersihan air tempat perindukan nyamuk tanpa perlakuan lain seperti pemakaian larvasida, penutupan penampung air atau lainnya, sebaiknya dilakukan setiap 2 minggu sekali. Periode ini menjadi lebih singkat jika suhu udara lebih tinggi. Dengan pertimbangan hemat air, pembersihan dapat dilakukan sampai dengan 4 minggu, tetapi harus disertai dengan pemantauan perkembangan dan pemberantasan jentik setelah 2 minggu.

Tabel 34. Panjang stadium pradewasa dan EIP (hari) musiman di 3 lokasi

Kota \ Periode	Periode Larva**				Periode Inkubasi Ekstrinsik			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Bogor	14-25	13-23	14-24	13-23	13-14	12-13	12-14	12-13
Padang	13-23	13-23	14-24	14-25	12-13	12-13	12-14	13-14
Indramayu*	14-25	13-23	14-24	13-23	13-14	12-13	12-14	11-13

*Hasil rata-rata suhu Sukamandi dan Pusakanegara, dianggap mewakili wilayah Pantai utara Jawa termasuk Indramayu.

**Setelah dikurangkan dan ditambah dengan 1 kali simpangan baku

DJF : Desember-Januari-Februari; MAM : Maret-April-Mei

JJA : Juni-Juli-Agustus; SON : September-Oktober-Nopember

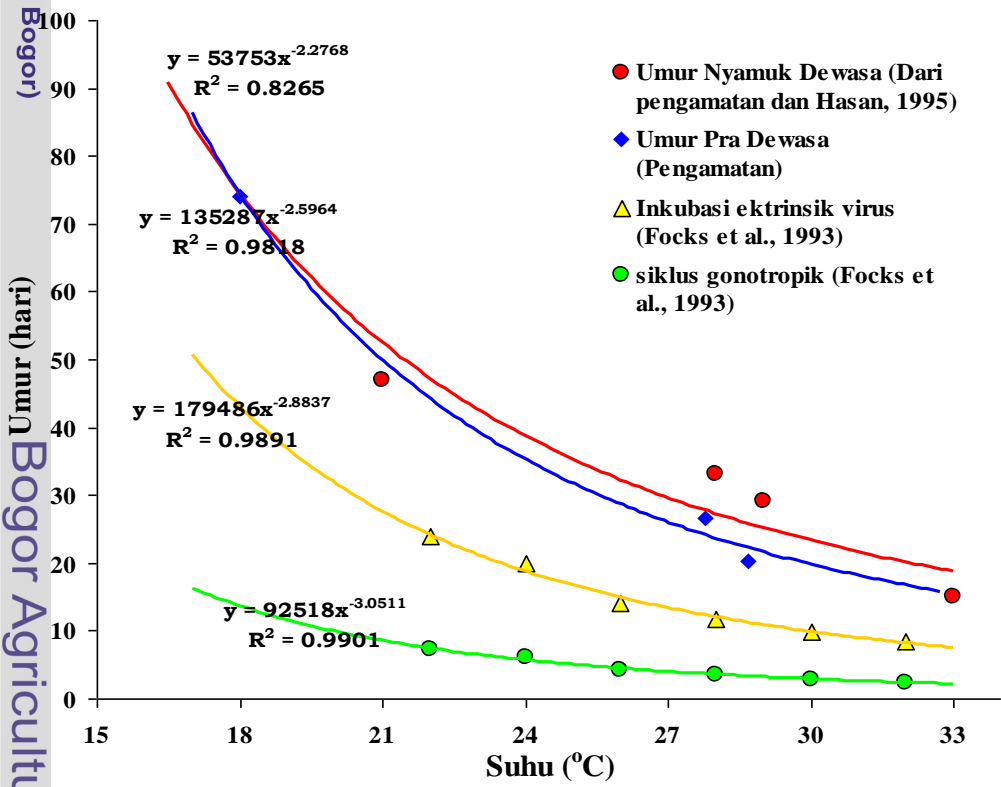
Nyamuk *Aedes* pada umumnya mulai dapat hidup pada suhu 10⁰C dengan satuan panas total sampai mati sebesar 594 DH. Proses gonotropik akan terjadi jika suhu lingkungan sama dengan atau lebih dari 17,5⁰C dengan satuan panas sebesar 36 DH. Pada suhu rata-rata kebanyakan daerah endemik di Indonesia yakni sebesar 27⁰C, umur nyamuk dewasa berkisar antara 30-40 hari dengan siklus gonotropik antara 3 – 4 hari.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Suhu dasar pada fase pradewasa, dan inkubasi ekstrinsik masing-masing sebesar 15⁰C dan 17⁰C. Ini berarti bahwa pada suhu kurang dari 15⁰C, yaitu suhu rata-rata menurut rumus Braak (1920) pada ketinggian tempat lebih dari 1800 mdpl di Indonesia, telur nyamuk *Aedes* pada umumnya tidak dapat berkembang menjadi nyamuk dewasa. Pada suhu kurang dari 17⁰C, yaitu suhu rata-rata pada ketinggian tempat lebih dari 1500 mdpl, nyamuk *Aedes aegypti* dapat hidup tetapi virus Dengue tidak mengalami inkubasi yang memadai di dalam tubuh nyamuk. Pada keadaan tersebut nyamuk tidak menularkan virus Dengue walaupun di dalam tubuhnya telah membawa virus.

Pada kota dengan suhu udara rata-rata 21⁰C, panjang periode PD adalah 4 hingga 8 minggu (31– 54 hari), EIP memerlukan waktu 4 hingga 5 minggu (30-34 hari) dan umur hanya antara 46 hingga 62 hari. Jadi pada tempat tersebut harus ada genangan air stabil, sebagai tempat perindukan, lebih dari 4 minggu untuk dapat mencapai waktu perubahan telur menjadi nyamuk dewasa dan terdapat kemungkinan umur nyamuk secara individu tidak mencukupi untuk virus bereplikasi sehingga tidak menularkan virus Dengue.



Gambar 16. Plot panjang periode berbagai tahapan kehidupan nyamuk dan inkubasi ekstrinsik virus pada berbagai suhu lingkungan

Selain dengan metode perhitungan satuan panas, panjang periode beberapa tahap kehidupan nyamuk juga dapat diturunkan dari persamaan garis tren. Garis tren ini didapatkan berdasarkan data suhu dengan panjang periode beberapa tahap kehidupan nyamuk dengan tidak mengikutsertakan data pencilan (Gambar 16). Hubungan antara suhu dengan panjang periode kehidupan nyamuk berbentuk persamaan non linier.

Bentuk persamaan non linier antara panjang periode (y) dengan suhu (x) berdasarkan persamaan garis tren adalah sebagai berikut:

e. Stadium Pradewasa, $y = 135287x^{-2.5964}$

f. Umur Nyamuk Dewasa, $y = 53753x^{-2.2768}$

g. Siklus Gonotropik, $y = 92518x^{-3.0511}$

h. Inkubasi Ekstrinsik Virus, $y = 179486x^{-2.8837}$

Hasil simulasi panjang periode setiap tahapan hidup nyamuk dengan suhu pada berbagai ketinggian tempat menggunakan rumus *heat unit* dapat dilihat pada Tabel 35. Suhu diduga dari (b) rumus empiris Braak (1929) dan (a) perkiraan suhu saat ini berdasarkan modifikasi rumus Braak dengan perkiraan perubahan suhu udara $0,03^{\circ}\text{C}$ per tahun dengan asumsi perubahan suhu secara nyata mulai terjadi pada akhir era 1970an.

Pada Tabel 35 dapat dilihat bahwa pada masa kini, mulai pada ketinggian tempat 1350 mdpl umur nyamuk mendekati EIP. Jadi pada tempat dengan elevasi lebih dari 1350 mdpl, nyamuk tidak berpotensi menularkan virus Dengue. Pada elevasi lebih dari 1600 mdpl umur lebih pendek dari pada siklus gonotropik, sehingga nyamuk tidak dapat berkembangbiak. Dibandingkan dengan masa lampau, dimana suhu udara dapat diduga berdasarkan rumus Braak (1929), pada tempat dengan elevasi lebih dari 1150 mdpl peluang nyamuk menularkan virus sangat kecil dan pada tempat dengan elevasi lebih dari 1400 mdpl nyamuk tidak berkembangbiak.

Dalam kaitannya dengan kejadian cuaca, cuaca pada stadium PD dan periode menggigit terutama EIP berpengaruh pada populasi dan perkembangan nyamuk, keaktifan nyamuk menggigit serta kecepatan replikasi virus. **Penambahan energi / suhu** dalam perhitungan satuan panas **pada periode antara emergensi hingga nyamuk siap menggigit dapat diabaikan**, karena hanya memerlukan waktu beberapa jam.

Tabel 35. Panjang periode stadium pradewasa (PD), periode inkubasi ekstrinsik (EIP), siklus gonotropik (SG) dan umur nyamuk dewasa (hari) *Aedes aegypti* di beberapa ketinggian tempat (a) suhu dihitung berdasarkan perkiraan suhu secara empiris saat ini; dan (b) suhu dihitung berdasarkan perkiraan suhu empiris berdasarkan rumus Braak (1929)

H (m dpl)	Suhu (a)	PD	EIP	SG	Umur*
0	27,5	20	12	4	34
10	27,4	21	12	4	34
50	27,2	21	13	4	35
100	26,9	22	13	4	35
200	26,3	23	14	4	36
250	26,0	23	14	4	37
500	24,5	27	17	5	41
1000	21,4	40	29	9	52
1350	19,3	60	56	20	64
1500	18,4	75	91	40	71
1600	17,7	95	183	180	77

(a) dihitung berdasarkan perkiraan rumus empiris saat ini $T = (27,5 - 0,0061 \cdot H)^0 C$
 *Umur harapan hidup nyamuk dewasa
 ** Suhu < suhu dasar sehingga tahapan tidak dilalui

H (m dpl)	Suhu (b)	PD	EIP	SG	Umur*
0	26,3	23	14	4	36
10	26,2	23	14	4	37
50	26,0	23	14	4	37
100	25,7	24	15	4	38
200	25,1	25	16	5	39
250	24,8	26	16	5	40
500	23,3	31	20	6	45
1000	20,2	49	40	13	58
1100	19,6	56	49	17	62
1150	19,3	60	56	20	64
1400	17,8	91	160	120	76

(b) dihitung berdasarkan rumus empiris Braak, $T = (26,3 - 0,0061 \cdot H)^0 C$

Tanpa memperhatikan tingkat kerentanan penduduk, cuaca pada stadium PD dan EIP berpotensi mempengaruhi periode dan intensitas serangan penyakit DBD. Pengaruh akan terjadi pada beberapa minggu setelah kejadian iklim, mulai dari awal hingga akhir waktu kejadian penyakit DBD pada saat cuaca kurang mendukung perkembangan nyamuk dan virus. Dengan demikian, unsur iklim selama periode pradewasa nyamuk ditambah dengan EIP dapat menjadi parameter penduga pada model prediksi periode kejadian penyakit demam berdarah dan intensitas serangan.

Unsur iklim yang berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan nyamuk pradewasa adalah ketersediaan air yang bersumber dari curah hujan atau selisih hujan dikurangi evapotranspirasi serta suhu. Setelah nyamuk dewasa, hal yang mempengaruhi

penularan penyakit DBD adalah aktivitas menggigit dan kecepatan replikasi virus, di mana unsur iklim yang paling berpengaruh adalah suhu (Focks,- ; Reiter, 2001)

6.4. SIMPULAN

1. Berdasarkan konsep satuan panas *stadium pradewasa* nyamuk *Aedes aegypti* memerlukan satuan panas sebesar 256 DH dengan suhu dasar sebesar 15⁰C. Periode inkubasi ekstrinsik memerlukan satuan panas sebesar 128 DH dengan suhu dasar sebesar 17⁰C. Nyamuk *Aedes aegypti* pada umumnya mulai dapat hidup pada suhu 10⁰C dengan satuan panas total sampai mati sebesar 594 DH. Suhu dasar dan satuan panas pada siklus gonotropik sebesar 17,5⁰C dan 36 DH.
2. Di sebagian besar daerah endemik Dengue di Indonesia, panjang stadium PD nyamuk *Aedes aegypti* rata-rata antara 13 hingga 25 hari atau antara 2 hingga 4 minggu. EIP virus di dalam tubuh nyamuk memerlukan waktu rata-rata antara 12 hingga 14 hari atau 2 minggu.
3. Perkiraan waktu awal penularan virus Dengue secara transovarial maupun normal berkisar antara 26 hingga 39 hari atau 3 hingga 6 minggu dengan asumsi proses dimulai dari keadaan telur nyamuk. Jika proses dimulai dari nyamuk dewasa, waktu yang dibutuhkan sama dengan EIP. Penularan selanjutnya akan terjadi pada setiap minggu, dengan intensitas penularan dipengaruhi oleh ketersediaan air dan banyaknya telur nyamuk pada stadium pradewasa dan tingginya suhu pada EIP.
4. Pada daerah dengan suhu udara 21⁰C, nyamuk *Aedes* memerlukan waktu 4 hingga 7 minggu untuk stadium pradewasa dan 4 minggu hingga 5 minggu untuk periode inkubasi ekstrinsik virus. Potensi penularan virus Dengue dan perkembangbiakan nyamuk *Aedes* hampir tidak ada pada ketinggian tempat masing-masing lebih dari 1350 mdpl dan 1600 mdpl.

6.5. SARAN

Tanpa pemakaian obat pemberantas larva nyamuk, di dataran rendah (< 500 mdpl) pembersihan sarang nyamuk sebaiknya dilakukan setiap 2 minggu sekali. Dengan pertimbangan hemat air, pembersihan dapat dilakukan sampai dengan 4 minggu, tetapi harus disertai dengan pemantauan perkembangan jentik setelah 2 minggu. Di dataran menengah hingga 1000 mdpl masih perlu pembersihan sarang nyamuk minimal 4 minggu sekali.