

Pengaruh Iklim terhadap Kasus Demam Berdarah Dengue

Margareta Maria Sintorini*

Abstrak

Penyakit demam berdarah dengue (DBD) telah menjadi penyakit endemik di kota-kota besar di Indonesia. Ramalan *Intergovernmental Panel on Climate Change* tahun 1996 menyebutkan insidens DBD di Indonesia dapat meningkat tiga kali lipat pada tahun 2070. Tujuan penelitian ini untuk membuat model dinamika sistem dengan analisis ekologi untuk mengetahui dinamika kejadian DBD dalam kaitan dengan pola variabilitas iklim di DKI Jakarta. Rancangan penelitian digunakan adalah *ecologic study* dengan uji hipotesis, permodelan, simulasi, dan intervensi. Wawancara terhadap 844 responden untuk mengetahui tingkat pengetahuan, sikap, dan perilaku (PSP) masyarakat. Pengukuran faktor iklim meliputi curah hujan, suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan kadar CO₂. Aspek vektor yang diukur adalah angka hinggap per jam nyamuk *Aedes* (AHJ) dan nyamuk istirahat per rumah (NIR). Hasil penelitian menunjukkan kasus DBD dipengaruhi curah hujan (p:0,000..), suhu lingkungan (p:0,000..), kelembaban ruang (p:0,003), kelembaban lingkungan (p:0,000..), AHJ *Aedes* (p:0,016), NIR *Aedes* (p:0,000..) dan pengetahuan masyarakat (p:0,008). Disimpulkan, faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap kasus DBD adalah curah hujan, suhu dan kelembaban serta pengetahuan masyarakat yang rendah. Sedangkan AHJ *Aedes* dapat dijadikan indikator kenaikan kasus DBD.

Kata kunci: Demam berdarah dengue, perubahan iklim

Abstract

Dengue hemorrhagic fever (DHF) has become endemic in many big cities in Indonesia. It was predicted by Intergovernmental Panel on Climate Change, that in 1996 the DHF in Indonesia in 2070 would be tripled. The objective of this research is to make a system dynamic model using ecological analysis to identify the dynamic of DHF cases related to the pattern of the climate variability in Jakarta. This research uses the design of ecological study with hypothesis testing, modelling, simulation, and intervention. Respondents of 844 households were interviewed to explore their knowledge, attitude and practice (KAP) regarding DHF using a standard questionnaire. Precipitation, humidity, light intensity and CO₂ concentration were determined per week. AHJ (Man Landing Rate) and NIR (resting habit) were determined for *Aedes* population density. The results indicate that the DHF cases all are influenced by precipitation (0.000), temperature ambient (0.000), indoor humidity (0.003), outdoor humidity (0.000), AHJ (0.016), NIR (0.000), and knowledge (0.008). The most influential climate factor to the DHF cases are precipitation, temperature, humidity and the low level of the community knowledge.

Key words: Dengue hemorrhagic fever, climate change

*Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti, Jakarta

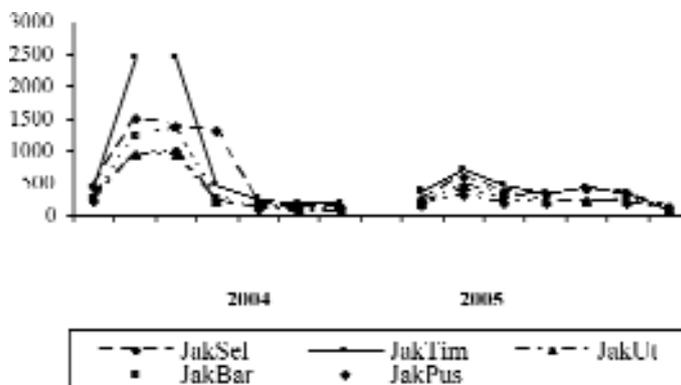
Proyeksi kecenderungan aktivitas ekonomi dan dampak emisi gas kegiatan manusia, pada tahun mendatang, tampaknya berpengaruh terhadap pergeseran pola curah hujan dan suhu rata-rata bumi yang diperkirakan naik 1–3,5°C. Perubahan pada komponen lingkungan ini akan mempengaruhi spesies-spesies pada kelompok ekosistem dan pola penyebaran vektor serta virus penyakit.¹ Iklim dapat berpengaruh terhadap pola penyakit infeksi karena agen penyakit (virus, bakteri, atau parasit lainnya) dan vektor (serangga atau rodensia) bersifat sensitif terhadap suhu, kelembaban dan kondisi lingkungan ambien lainnya. Cuaca dan iklim berpengaruh terhadap penyakit yang berbeda dengan cara yang berbeda.² Penyakit yang ditularkan melalui nyamuk seperti demam berdarah dengue (DBD), malaria dan demam kuning berhubungan dengan kondisi cuaca yang hangat. Sebaliknya, influenza berhubungan dengan kondisi cuaca yang dingin dan meningitis berhubungan dengan kondisi lingkungan yang kering.³ Banyak yang menduga bahwa KLB DBD yang terjadi setiap tahun hampir seluruh di

Indonesia terkait erat dengan pola cuaca di Asia Tenggara. Tingkat penyebaran virus diperkirakan mengalami peningkatan pada peralihan musim yang ditandai oleh curah hujan dan suhu udara yang tinggi.⁴ Selain itu, perubahan gaya hidup ikut berperan menambah *population at risk*. Penggunaan barang *non biodegradable* seperti plastik yang sangat tinggi, menyebabkan plastik menjadi komposisi sampah terbesar saat ini sehingga berpotensi menjadi penampung air hujan, tempat berkembangbiakan vektor.⁵

Metode

Penelitian dengan sumber data primer yang dikumpulkan pada bulan April 2004 sampai Maret 2005 dan sekunder ini menggunakan disain studi ekologi, dengan uji hipotesis.⁶⁻⁸ Data dikumpulkan dari lima wilayah kotamadya DKI Jakarta yang ditetapkan sebagai kecamatan rawan DBD oleh Pemda DKI. Daerah tersebut meliputi Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan, Kecamatan Ciracas Jakarta Timur, Kecamatan Tanjung Priok Jakarta

Gambar 1 Kasus DBD per Wilayah DKI Jakarta Tahun 2004-2005



Tabel 1. AHJ *Aedes* di DKI Jakarta, April 2004–Maret 2005

Bulan	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Pusat	Rata-rata
April	1,57	1,10	1,90	1,00	1,70	1,45
Mei	1,00	1,21	1,73	0,85	1,50	1,25
Juni	1,20	0,72	1,56	1,56	0,90	1,19
Juli	1,67	0,65	1,00	1,85	0,50	1,13
Agustus	2,17	1,13	0,73	1,53	0,80	1,27
September	2,75	1,30	1,32	1,57	1,60	1,71
Oktober	1,80	0,86	1,00	1,21	1,40	1,25
November	0,60	1,20	0,71	0,55	1,25	0,86
Desember	0,72	1,81	0,50	1,14	1,90	1,21
Januari	1,56	2,17	1,37	1,64	2,33	1,81
Februari	2,21	2,53	2,11	1,87	2,73	2,29
Maret	1,73	2,40	1,98	1,20	2,50	1,96
Rata-rata	1,56	1,42	1,33	1,33	1,59	1,45

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Responden yang Pernah Menderita DBD dalam Dua Tahun Terakhir

Lokasi penelitian	Ya		Tidak		Jumlah responden
	Jumlah	%	Jumlah	%	
Jakarta Selatan	13	7,3	165	92,7	173
Jakarta Timur	19	11,6	145	88,4	164
Jakarta Utara	12	7,5	147	92,5	159
Jakarta Barat	7	4,1	163	95,9	170
Jakarta Pusat	16	9,2	157	90,8	173
Jumlah	67	7,94	777	92,06	844

Utara, Kecamatan Palmerah Jakarta Barat, dan Kecamatan Tanah Abang Jakarta Pusat. Selanjutnya, dilakukan permodelan serta simulasi untuk mengidentifikasi pengaruh faktor cuaca terhadap kasus DBD. Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi curah hujan, peluang kontak nyamuk yang diidentifikasi melalui penghitungan Angka Hinggap Nyamuk per Jam (AHJ),⁷ dan kasus DBD di masyarakat baik yang dikumpulkan sebagai data primer melalui wawancara maupun data sekunder yang dikumpulkan oleh Dinas Kesehatan.

Hasil

Fluktuasi kasus DBD

Grafik kasus DBD diseluruh wilayah DKI Jakarta pada tahun 2004 dan 2005 memperlihatkan tiga ciri berikut: (a) Kasus DBD tahun 2004 dan 2005 mencapai puncak pada sekitar bulan Februari-Maret (Gambar 1). Data kasus DBD per wilayah dari bulan Januari 2004 hingga Juli 2005 menunjukkan bahwa peningkatan kasus DBD mulai sekitar Januari hingga mencapai puncaknya pada bulan Maret-Februari adan pada bulan April terlihat masih tinggi tetapi sudah mulai menurun dan mencapai tirik terendah pada bulan September–November dan pada bulan Januari kembali beranjak naik. (b) Kasus DBD di seluruh wilayah DKI pada

tahun 2004 lebih tinggi dari 2005, tetapi kasus pada bulan Mei dan Juni tahun 2005 lebih tinggi dibandingkan pada tahun 2004. (c) Pola urutan grafik kasus DBD sepanjang tahun adalah konstan. Kasus DBD tertinggi sepanjang tahun 2004 dan 2005 terjadi di Jakarta Timur, kemudian secara berurutan diikuti Jakarta Selatan, Jakarta Barat dan kasus terendah ada di Jakarta Pusat. (Lihat Gambar 1)

Gambaran Vektor dan Kasus DBD

Jumlah nyamuk dewasa yang hinggap per orang per jam (AHJ) adalah 1,45 dengan penyimpangan sebesar $1,45 \pm 0,63$. AHJ terendah (0,55) ditemukan pada bulan November di Jakarta Barat dan yang tertinggi adalah 2,75 pada bulan September di Jakarta Selatan. Secara keseluruhan rata-rata AHJ Jakarta Barat rendah, maksimum terjadi pada bulan Juli-September dan Februari. Korelasi positif yang sangat lemah terjadi pada bulan Juli, September dan Februari. Hal tersebut berbeda dengan Jakarta Pusat. Pada periode April-Juli, AHJ memperlihatkan kecenderungan yang menurun secara perlahan dan mencapai puncak yang pertama pada bulan September. pada saat itu, kurva curah hujan memperlihatkan kecenderungan yang menurun. Grafik Angka Hinggap bulan November–Maret menyerupai grafik di Jakarta Barat (Lihat Tabel 1).

Dari 844 responden yang diamati, diketahui gambaran kasus DBD di DKI Jakarta, meliputi 67 orang (7,94%) pernah menderita DBD pada dua tahun terakhir dan 777 responden (92,06%) tidak menderita DBD (Lihat Tabel 2).

Kasus DBD di setiap wilayah di DKI Jakarta pada sepanjang tahun 2004 terlihat lebih tinggi daripada tahun 2005 (Tabel 3 ; Gambar 1).

Gambaran Curah Hujan

Gambaran curah hujan per bulan terlihat pada Tabel 4, curah hujan tertinggi rata-rata per bulan yang terukur selama pengamatan ditemukan pada bulan Januari dan

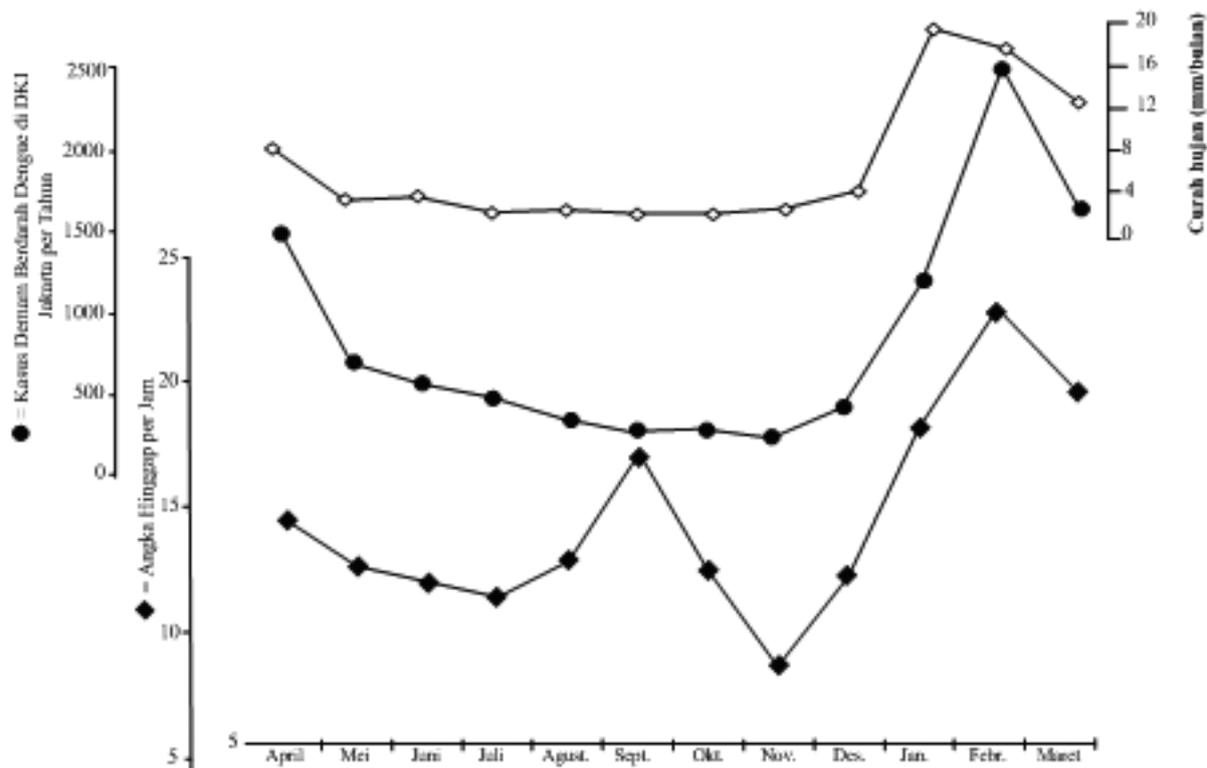
Tabel 3. Jumlah Kasus DBD di DKI Jakarta, Tahun 2004–2005

Bulan	Jakarta Selatan		Jakarta Timur		Jakarta Utara		Jakarta Barat		Jakarta Pusat	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Jan	452	265	473	376	282	192	245	188	209	151
Feb	1486	593	2435	713	939	465	1265	398	947	315
Maret	1364	389	2432	461	936	330	1333	250	987	195
April	297	306	475	331	227	219	271	187	208	193
Mei	141	407	249	439	117	214	112	199	83	212
Juni	122	340	191	339	83	217	106	248	71	203
Juli	112	123	180	106	67	96	87	81	54	54
Agust	73		134		66		49		46	
Sept	54		95		42		44		46	
Okt	62		115		40		46		42	
Nov	44		96		47		44		25	
Des	93		152		59		73		51	
Jumlah	4300	2423	6991	2765	2905	1733	3675	1551	2769	1323

Tabel 4. Curah Hujan (mm) Rata-rata per Bulan di DKI Jakarta, April 2004–Maret 2005

Bulan	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Pusat	Rata-rata
April	8,78	12,65	5,52	6,02	5,36	7,67
Mei	1,85	2,27	1,86	4,38	4,21	2,91
Juni	3,35	3,21	2,73	3,89	2,75	3,19
Juli	1,07	2,68	0,78	1,54	2,12	1,64
Agustus	1,95	2,03	1,39	2,31	2,45	2,03
September	0,51	1,65	0,43	2,8	2,52	1,58
Oktober	1,08	2,17	0,97	0,86	2,25	1,47
November	0,78	0,67	2,14	2,93	3,23	1,95
Desember	3,40	2,95	3,78	4,21	4,55	3,78
Januari	18,57	22,73	10,54	23,27	19,74	18,97
Februari	18,83	20,15	12,65	18,35	15,55	17,11
Maret	10,25	14,33	8,37	14,78	12,73	12,10
Rata-rata	5,87	7,29	4,26	7,11	6,46	6,20

Gambar 2 Hubungan Kasus DBD, Curah Hujan dan AHJ per bulan di DKI Jakarta, April 2004–Maret 2005



Februari 2005, curah hujan terendah pada bulan Oktober dan November 2004.

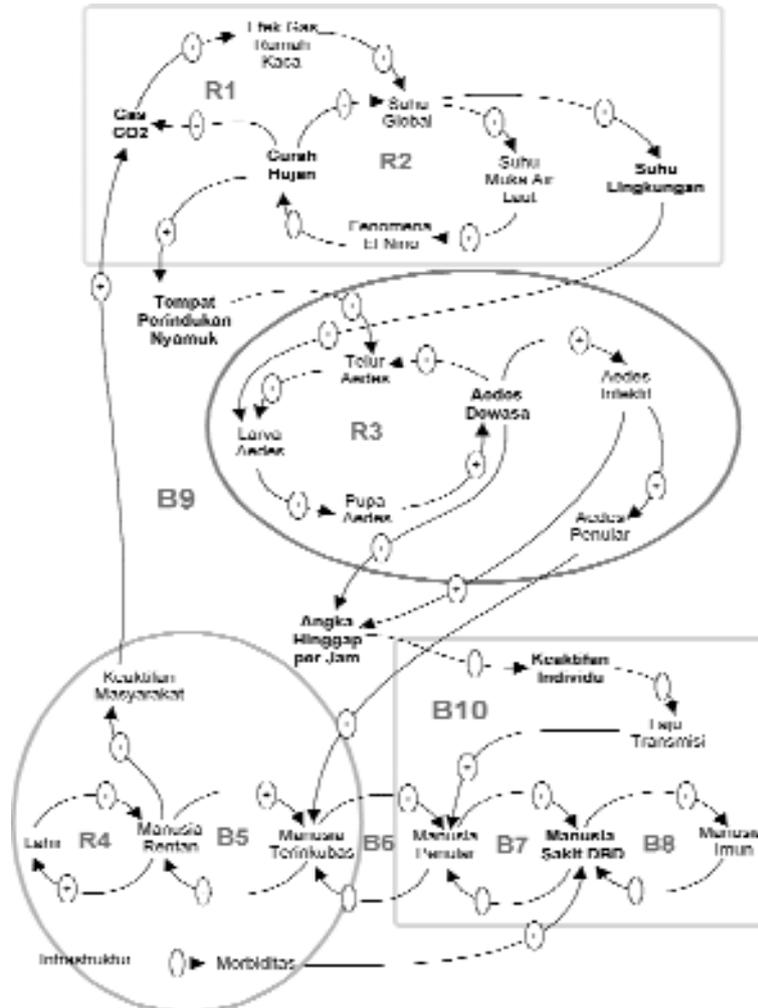
Gambaran curah hujan, gambaran kasus DBD serta AHJ per bulan ditunjukkan dalam bentuk grafik yang terdapat pada Gambar 2. Analisis bivariat memperlihatkan bahwa curah hujan mempengaruhi AHJ secara bermakna ($p:0,000$), sedangkan jumlah kasus DBD secara statistik multivariat dipengaruhi AHJ ($p:0,000$) dan curah

hujan secara bermakna ($p:0,002$). Penghitungan koefisien determinasi mendapatkan angka 0,286 yang menunjukkan hanya 28,6% proporsi variasi AHJ dapat dijelaskan oleh curah hujan dan sekitar 71,4% dapat diterangkan oleh faktor lain.

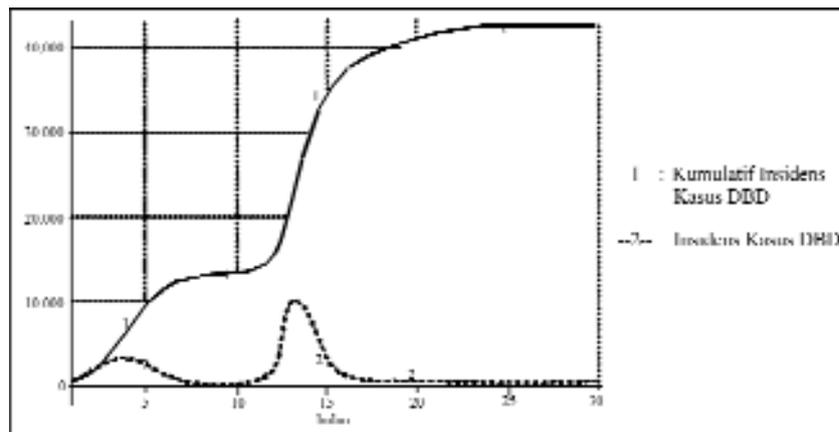
Prediksi Kasus DBD Berdasarkan Simulasi Model

Sistem dinamik yang dibangun memperlihatkan em-

Gambar 3 Causal Loop Diagram (CLD) Model Dasar Kejadian Penyakit DBD di DKI Jakarta



Gambar 4 Hasil Simulasi Model Dasar Kejadian Penyakit DBD



pat subsistem yang berhubungan dengan proses kejadian penyakit DBD. Hal tersebut meliputi subsistem iklim, subsistem nyamuk *Aedes*, subsistem manusia, dan subsistem penyakit DBD (Gambar 3). Keempat subsistem ini saling mempengaruhi.

Hasil simulasi Gambar 3 selama dua tahun (2003-2004) pada model dasar atau model referensi menunjukkan grafik insidens DBD (garis terputus) yang berfluktuasi Lonjakan kasus terjadi saat *outbreak* pada tahun 2004, sedangkan angka kumulatif kasus DBD selama dua tahun tersebut terlihat cenderung meningkat seperti terlihat pada Gambar 4.

Pembahasan

Dalam penelitian ini keaktifan nyamuk yang dinyatakan sebagai AHJ menjadi media antara subsistem vektor dan subsistem penyakit DBD (Gambar 3). Timbulnya gejala penyakit DBD dimulai dari saat kontak nyamuk dengan manusia.⁸ Hubungan bermakna dari hasil uji statistik dinyatakan dengan nilai kebermaknaan (p) $<0,05$. Nilai p AHJ *Aedes* dengan curah hujan dan kasus DBD mendekati angka 0,000. Pada tabel tersebut juga diketahui bahwa terdapat hubungan bermakna antara jumlah kasus DBD dengan curah hujan ($p:0,000$) dan AHJ ($p:0,002$), sedangkan AHJ berhubungan bermakna dengan curah hujan yang terjadi ($p:0,000$).

Pada Gambar 3 secara umum menunjukkan ketika curah hujan tinggi AHJ *Aedes* juga meningkat, seperti yang terjadi pada bulan Desember. Namun, bulan September saat curah hujan rendah AHJ justru terlihat meningkat. Hal ini disebabkan oleh faktor lain selain curah hujan, yaitu suhu dan kelembaban lingkungan. Faktor ini yang secara langsung mempengaruhi metabolisme nyamuk vektor⁸ dan diduga juga mempengaruhi virulensi virus dengue⁹ yang menyebabkan kasus tetap rendah. Mulai bulan Desember AHJ meningkat, demikian pula jumlah kasus cenderung meningkat dan mencapai puncaknya pada bulan Februari.

Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui terdapat hubungan bermakna antara jumlah kasus DBD dengan curah hujan ($p: 0,000$) dan AHJ ($p:0,002$). Sedangkan hasil analisis uji statistik hubungan antara AHJ dan curah hujan ($p: 0,000$) memperlihatkan hubungan yang secara statistik bermakna antara AHJ dengan curah hujan. Ketika musim hujan datang maka ketersediaan TPN meningkat. Seperti diketahui bahwa *Aedes* lebih menyukai air bersih untuk meletakkan telurnya. Seekor nyamuk *Aedes* akan bertelur bekisar antara 100-300 butir, sehingga populasi nyamuk meningkat dengan cepat.⁸ Untuk mematangkan telurnya maka nyamuk akan mencari mangsa manusia, sehingga kecenderungan untuk menggigit manusia bertambah. Hal inilah yang menyebabkan AHJ ikut meningkat saat curah hujan tinggi.

Yang menjadi masalah adalah ketika nyamuk *Aedes*

membawa virus dengue, sehingga gigitan pada manusia terjadi perpindahan virus yang sudah mengalami replikasi di tubuh nyamuk ke manusia melalui air liurnya, sehingga menyebabkan penyakit DBD. Oleh sebab itu, peningkatan curah hujan diikuti oleh peningkatan AHJ, sehingga jumlah kasus DBD di masyarakat meningkat.

Curah hujan tidak secara langsung berpengaruh terhadap AHJ, tetapi secara tidak langsung melalui siklus kehidupan vektor (Gambar 3). Faktor yang langsung berhubungan dengan AHJ adalah suhu dan kelembaban udara karena berpengaruh terhadap aktivitas dan metabolisme nyamuk. Nilai koefisien determinasi hubungan curah hujan dan AHJ adalah 0,286 yang menunjukkan hanya 28,6% variasi proporsi AHJ yang dapat dijelaskan oleh curah hujan. Sisanya sebanyak 71,4% dijelaskan oleh faktor lain, seperti aktivitas nyamuk, metabolisme nyamuk, suhu udara, kelembaban udara, keaktifan individu manusia, pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat, vegetasi, kerapatan bangunan, topografi, infrastruktur atau lainnya yang menjadi keterbatasan penelitian. Hal tersebut kemungkinan besar yang terjadi di Jakarta Timur, sebab sepanjang tahun 2004 tercatat 6991 kasus merupakan yang tertinggi di antara lima wilayah DKI lainnya (Tabel 3 dan Gambar 1). Di Jakarta Timur, vegetasi ditemukan relatif lebih banyak daripada lima wilayah DKI yang lain. Dengan demikian, selain *Ae. Aegypti*, *Ae. albopictus* yang lebih menyukai habitat di kebun juga diduga sebagai sumber penular. Keadaan wilayah pemukiman yang padat dengan kelas sosial yang rendah menyebabkan penularan lebih cepat terjadi karena jarak terbang nyamuk *Aedes* hanya sekitar 50–100 m. Pada penelitian yang dilakukan di perkampungan padat di Taiwan, diketahui bahwa satu nyamuk *Aedes* betina hanya mengunjungi satu atau dua rumah dan hanya 0,7% yang mengunjungi lima rumah.¹⁰ Jika pemukiman padat dengan banyak vegetasi, maka *Ae. albopictus* pun dapat menjadi penular dengan AHJ tinggi di Jakarta Timur (1,42) (Tabel 1).

Model dinamika sistem yang dibangun menunjukkan empat subsistem yang saling terkait yang mempengaruhi kejadian kasus DBD. Subsistem pertama adalah iklim yang mencakup berbagai faktor cuaca yang mempengaruhi kehidupan vektor meliputi curah hujan, suhu, kelembaban, dan CO₂ yang berperan memberi dampak efek rumah kaca di lingkungan urban. Subsistem kedua adalah siklus kehidupan nyamuk *Aedes*, mulai telur sampai nyamuk dewasa yang ditunjukkan dengan tanda panah positif yang berarti bahwa semakin banyak telur semakin banyak nyamuk dewasa. Faktor penghubung subsistem iklim dan subsistem nyamuk adalah tempat perindukan nyamuk (TPN) atau *breeding place*. TPN yang sangat terpengaruh oleh curah hujan. Ketika curah hujan tinggi maka TPN cepat terisi dan hubungan ini ditunjukkan dengan tanda panah positif yang berarti hu-

bungan yang saling memperkuat.¹¹

Faktor penghubung subsistem iklim yang lain adalah suhu lingkungan yang berpengaruh terhadap masa inkubasi ekstrinsik (PIE) nyamuk. PIE dipengaruhi oleh suhu lingkungan, kelembaban, tingkat viremia pada manusia, dan galur virus.¹⁰ Peningkatan suhu akan mempersingkat PIE dan meningkatkan transmisi. Suhu yang meningkat sampai 34°C akan mempengaruhi suhu air pada TPN yang selanjutnya berpengaruh terhadap penetasan telur menjadi larva secara lebih cepat.⁸ Subsistem vektor dan subsistem penyakit dihubungkan oleh faktor AHJ dan peran virus dengue. Keberadaan penyakit DBD ditentukan oleh kejadian kontak antara nyamuk dengan manusia. Hal tersebut terjadi dengan asumsi semakin tinggi populasi nyamuk semakin meningkat nilai AHJ, sehingga panah penghubung menjadi positif. Populasi nyamuk *Aedes* yang semakin tinggi akan diikuti oleh peningkatan populasi *Aedes* infeksius yang membawa virus dengue. Hubungan ini ditunjukkan oleh panah bertanda positif.

Setelah nyamuk *Aedes* menggigit manusia, virus bereplikasi di dalam tubuh manusia. Semakin banyak virus terinkubasi ke manusia, semakin banyak manusia menjadi penular sehingga kasus DBD di masyarakat semakin banyak. Mata rantai ini digambarkan dengan panah positif. Pada Gambar 3, infrastruktur juga dimasukkan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan morbiditas, dan peningkatan risiko sakit pada masyarakat, sehingga tanda panah yang digunakan adalah positif. Variabel aktivitas manusia diindikasikan dengan tingkat pemakaian bahan bakar minyak dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Dampak dari penggunaan bahan bakar ini berupa emisi CO₂ yang berpengaruh pada pemanasan lingkungan pada area urban,¹² sehingga hubungan variabel-variabelnya digambarkan dengan tanda panah positif. Faktor AHJ juga berhubungan dengan subsistem manusia melalui faktor keaktifan individu. Seseorang yang lebih banyak diam, semakin mudah didatangi nyamuk, terutama pada saat puncak gigitan *Aedes*, semakin tinggi AHJ. Sehingga hubungan ini digambarkan dengan panah bertanda negatif.

Simulasi hasil pengembangan model dasar yang dibangun selama dua tahun (Gambar 4) menunjukkan lonjakan kasus terjadi pada tahun 2004 (garis terputus). Grafik garis utuh menunjukkan angka kumulatif kasus DBD selama simulasi dua tahun yang memperlihatkan kecenderungan yang meningkat. Prediksi ini menunjukkan pada tahun-tahun mendatang kecenderungan kasus DBD akan terus meningkat.¹³ Hal ini berarti bahwa jika masyarakat tidak melakukan pengendalian terpadu maka kasus DBD akan terus ada dan meningkat dari tahun ke tahun. Sebab secara alami, keadaan lingkungan global akan terus mendorong peningkatan kecepatan perkembangbiakan nyamuk dan virus. Dengan demikian, penu-

laran DBD terjadi dan cepat semakin meluas ke wilayah yang pada awalnya tidak diperkirakan menjadi daerah endemis.

Kesimpulan

Kasus DBD mulai naik pada bulan Januari dan mencapai puncak pada bulan Februari-Maret. Bulan April mulai turun, September–November kasus mencapai minimum. Namun, pada bulan September saat curah hujan rendah justru AHJ meningkat tetapi kasus DBD rendah. Kasus DBD tertinggi terjadi di Jakarta Timur, secara berurutan diikuti Jakarta Selatan, Jakarta Barat, Jakarta Utara dan Jakarta Pusat. Curah hujan dan AHJ bersama-sama mempengaruhi jumlah kasus DBD secara bermakna. Melalui sistem dinamik diketahui curah hujan tidak secara langsung mempengaruhi AHJ melainkan melalui siklus kehidupan vektor. Terdapat empat subsistem yang saling terkait dalam mempengaruhi terjadinya kasus DBD, yaitu subsistem iklim, subsistem vektor, subsistem manusia dan subsistem penyakit DBD. Melalui simulasi sistem dinamik diketahui jika tidak dilakukan pengendalian terpadu dan konsisten maka kasus DBD akan terus meningkat dari tahun ke tahun.

Saran

Simulasi dalam penelitian ini telah menghasilkan permodelan yang dapat digunakan untuk penyakit menular lainnya, karena melalui permodelan dinamika sistem dapat diketahui secara rinci model transmisi penyakit sehingga dapat ditentukan intervensi yang paling efektif dalam penanganan kasus penyakit menular tersebut. Menambah peran Juru Pemantau Jentik (Jumantik) sehingga dapat menjadi motivator masyarakat agar secara mandiri dan sukarela melakukan PSN dan peningkatan PSP mengenai penyakit demam berdarah dengue, termasuk mengenali gejala awal agar tidak terlambat mengambil keputusan berobat.

Daftar Pustaka

1. McMichael, A.J.; Haines, A.; Slooff, R.; Kovats, S., "Climate Change And Human Health, an Assessment Prepared by a Task Group on Behalf World Health Organization, the World Meteorological Organization and the United Nations Environment Programme", World Health Organization, Geneva, 1996.
2. Gubler, Duane J.; Nalim, S.; Tan, R.; Saipan, H.; Saroso, J.S., "Variation in Susceptibility to Oral Infection With Dengue Viruses Among Geographics Strain of *Aedes aegypti*", U.S. Naval Medical Research Unit no 2, Jakarta Detachment, and National Institute of Health Research and Development, Ministry of Health, Jakarta, *Am.J.Trop.Med.Hyg.*, 28(6), 1979.
3. World Health Organization, "Report on Insect Vectors and Human Health, Scientific Working Group", Geneva, Switzerland, 2002.
4. Burke, Donald; Carmichael, Ann; Focks, Dana, Grimes, Darrell Jay, "Under The Weather, Climate, Ecosystem, and Infectious Disease",

- National Research Council, National Academic Press, Washington, D.C., 2001.
5. Bohra, Alpana; Andrianasolo, Haja, "Application of GIS in Modelling of Dengue Risk based on Socio-Cultural Data: Case of Jalor, Rajasthan, India", Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP), National University of Singapore, 2001,
 6. Rothman, K.J.; Greenland, S., "Modern Epidemiology", 2nd ed, Lippincott-Raven, 1998.
 7. Jennings, G.B.; Bangs, M.; Tan, R.; Sie, A.; Suharyono, W.; Katarina, L.; Kustiman, T.; Masyhur, M., "Interepidemic Surveillance of Dengue Virus in Jakarta, 1989 – 1990", International Symposium on Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever, WHO – Mahidol University, Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand, 1990.
 8. Christophers, S. Rickard, '*Aedes aegypti* (L.)', The Yellow Fever Mosquito, its life history, bionomics and structure", Cambridge at The University Press, 1960.
 9. Chungue, Eliane; Laille, Manola; Lepiniec, Loic; Deubel, Vincent; Roux, Jean, "Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever in French Polynesia and new Caledonia: Molecular Studies of Dengue 1 and Dengue 3 Virus Strain", International Symposium on Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever, WHO–Mahidol University, Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand, 1990.
 10. Gubler, Duane J.; Kuno, G., "Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever", CABI Publishing, 10 E 40th Street Suite 3203 NY 10016, USA, 2001.
 11. Muhammadi; Aminullah, E.; Soesilo, B., "Analisis Sistem Dinamis, Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen", UMJ Press, Jakarta, 2001.
 12. Miller, G. Tyler, "Living in The Environment, an Introduction to Environmental Science, Fourth Edition", Wadsworth Publishing Company, Belmont, California A Division of Wadsworth, Inc, 1985.
 13. Suroso, Thomas, "Strategi Baru Penanggulangan Demam Berdarah Dengue di Indonesia", Kongres Nasional Jaringan Epidemiologi Nasional, Malang, 2005.