

2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1. Pengaruh Lingkungan Pada Masalah Kesehatan

Lingkungan hidup yang baik dan sehat sebagai relung hidup dan berkembangnya suatu organisme, termasuk manusia, sangat diperlukan bagi kehidupan secara keseluruhan. Lingkungan hidup merupakan lingkungan yang baik dan sehat apabila organisme yang ada di dalamnya mampu hidup dan berkembang secara normal oleh kondisi dan sumber daya pendukungnya (Soerjani, 2002). Dengan demikian secara intuitif dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi perubahan terhadap sumber daya sebagai pendukung kehidupan organisme pada batas tertentu yang tidak dapat ditoleransi oleh organisme untuk hidup secara normal, maka akan mendorong organisme beradaptasi pada kondisi perubahan yang baru, yang dapat diartikan sebagai kondisi yang “tidak normal” atau “lingkungan yang tidak baik dan tidak sehat”.

Interaksi manusia dengan lingkungan hidupnya merupakan suatu proses yang wajar dan terlaksana sejak manusia itu dilahirkan sampai ia meninggal dunia. Hal ini disebabkan karena manusia memerlukan daya dukung unsur-unsur lingkungan untuk kelangsungan hidupnya. Udara, air, makanan, sandang, papan dan seluruh kebutuhan manusia harus diambil dari lingkungan hidupnya. Akan tetapi, dalam proses interaksi manusia dengan lingkungannya ini tidak selalu didapatkan keuntungan, kadang-kadang manusia bahkan mendapat kerugian. Hal ini merupakan akibat hubungan timbal balik antara aktivitas manusia dengan lingkungannya. Jadi di dalam lingkungan terdapat faktor-faktor yang dapat menguntungkan manusia (*eugenic*), ada pula yang merugikan manusia (*disgenic*). Usaha-usaha di bidang kesehatan lingkungan ditujukan untuk meningkatkan daya guna faktor *eugenic* dan mengurangi peran atau mengendalikan faktor *disgenic*. Secara naluriah manusia memang tidak dapat menerima kehadiran faktor *disgenic* di dalam lingkungan hidupnya, oleh karenanya ia selalu berusaha untuk selalu memperbaiki keadaan sekitarnya sesuai dengan kemampuannya (Slamet, 2004).

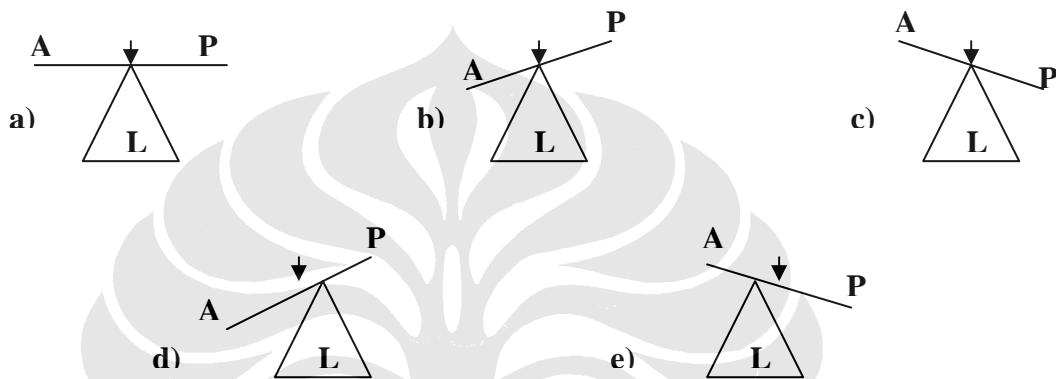
Ada beberapa faktor epidemiologi yang dapat mempengaruhi terjadinya suatu penyakit, diantaranya faktor cuaca, vektor, *reservoir* (*hewan yang menyimpan kuman patogen sementara hewan itu sendiri tidak terkena penyakit*), geografis, dan faktor perilaku masyarakat. Iklim dan musim merupakan faktor utama yang mempengaruhi terjadinya penyakit infeksi. Agen penyakit tertentu ditemukan terbatas pada daerah geografis tertentu, juga karena membutuhkan *reservoir* dan vektor untuk kelangsungan hidupnya. Iklim dan variasi musim dapat mempengaruhi kehidupan agen penyakit, *reservoir*, dan vektor. Selain itu, perilaku manusia juga dapat meningkatkan transmisi atau menyebabkan kerentanan terhadap penyakit infeksi.

Organisme hidup yang dapat menularkan agen penyakit dari satu hewan ke hewan lain atau manusia disebut sebagai vektor. Arthropoda merupakan vektor penting di dalam penularan penyakit parasit dan virus yang spesifik. Nyamuk merupakan vektor penting untuk penularan virus yang menyebabkan ensefalitis (*encephalitis*) pada manusia (penyakit radang otak akut yang disebabkan oleh infeksi virus atau bakteri). Nyamuk menghisap darah dari *reservoir* yang terinfeksi. Agen penyakit ini kemudian ditularkan pada *reservoir* yang lain atau pada manusia.

Insidensi penyakit yang ditularkan arthropoda berhubungan langsung dengan daerah geografis tempat *reservoir* dan vektor berada. Bertahan hidupnya agen penyakit bergantung pada iklim (suhu, kelembapan, curah hujan) dan fauna lokal. Variasi musim juga mempengaruhi penyebaran penyakit melalui arthropoda. Misalnya virus denggi ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes* selama musim penghujan karena musim tersebut merupakan saat terbaik bagi nyamuk untuk berkembang biak. Dengan demikian wabah penyakit denggi ini terjadi antara akhir tahun sampai awal tahun depan (September-Maret).

Interaksi antar-manusia, kebiasaan manusia untuk membuang sampah secara sembarangan, kebersihan individu dan lingkungan dapat menjadi penyebab penularan penyakit bawaan arthropoda (*arthropodeborne disease*), (Chandra, 2007). Untuk menjelaskan interaksi antara faktor lingkungan, agen pengakit, dan

penjamu (*host*) khususnya manusia, dapat dipergunakan model dari John Gordon. Menurut John Gordon, proses terjadinya penyakit pada manusia dapat dianalogikan dengan model keseimbangan mekanis pada sebuah timbangan. Pada model ini faktor Lingkungan (L) digambarkan sebagai titik tumpu, sedangkan Agen (A) penyakit (agent) dan Penjamu (P) atau populasi beresiko tinggi (Host) digambarkan sebagai beban pada kedua sisi timbangan tersebut (Gambar. 4).



Gambar.4. Gambaran model interaksi sistem kesetimbangan antara Agen penyakit (A), Penjamu (*Host*), dan Lingkungan (L) menurut John Gordon (Chandra, 2006; Anies, 2006).

Secara ideal, terdapat keseimbangan antara Agen (A) dan Pejamu (P) yang bertumpu pada Lingkungan (L), yang diartikan sebagai kondisi sehat. Namun kondisi kesetimbangan itu tidak selalu terjadi. Adakalanya terjadi empat kondisi lain yang dapat dikatakan bahwa seseorang menjadi sakit karena berbagai kondisi.

Kondisi pertama, terjadi keseimbangan antara A dan P yang bertumpu pada L, pada kondisi ini ekosistem lingkungan mendukung interaksi yang seimbang antara A dan P dikatakan seseorang dalam keadaan sehat (Gambar. 4.a). Kondisi ke dua, beban A memberatkan keseimbangan, sehingga batang pengungkit condong ke arah A. Pada kondisi ini dikatakan A memperoleh kemudahan untuk menyebabkan sakit pada P, misal munculnya virus dan P belum memiliki zat kekebalannya (Gambar. 4.b). Kondisi ke tiga, terjadi apabila P memberatkan

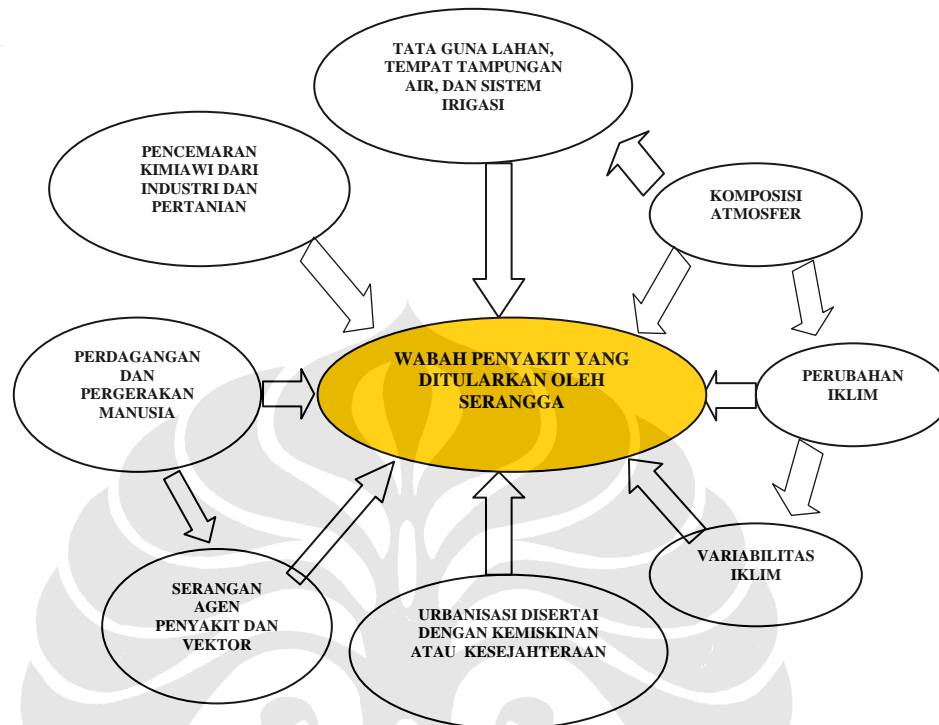
keseimbangan sehingga batang pengungkit condong ke arah P. Kondisi seperti ini dapat terjadi jika P menjadi lebih rentan terhadap suatu penyakit (Gambar. 4.c). Kondisi ke empat, ketidak seimbangan terjadi akibat bergesernya titik tumpu pada faktor L ke arah A. Hal ini menggambarkan bahwa kondisi L sedemikian buruk, sehingga mempengaruhi A, dan menjadikannya lebih ganas atau lebih mudah masuk ke dalam tubuh manusia. Misalnya banjir yang memudahkan timbulnya penyakit leptospirosis; perubahan lingkungan desa menjadi kota yang memicu perkembangbiakan nyamuk sebagai vektor penyakit Demam Berdarah Dengue, dls (Gambar. 4.d). Kondisi ke lima, ketidak seimbangan terjadi akibat bergesernya titik tumpu pada faktor L ke arah P. Hal ini menggambarkan bahwa kondisi L sedemikian buruk, sehingga mempengaruhi P, dan menyebabkan P menjadi lebih peka terhadap kondisi lingkungan tertentu, misalnya akibat polusi udara menyebabkan manusia menderita penyakit saluran pernapasan, dan lain sebagainya (Gambar. 4.e)

2.2. Pengaruh Perubahan Iklim Pada Perkembangan *Vektor Borne Diseases*

Banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya perubahan secara global, yang menyebabkan perubahan fisik, dan lingkungan sosial di bumi sedemikian meluas, sehingga berpengaruh terhadap status penyakit-penyakit yang disebabkan oleh serangga. Perubahan global memicu banyak sekali perubahan, seperti peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer, atau perubahan iklim, pada skala global yang disebabkan oleh akumulasi perubahan pada skala regional seperti tataguna tanah dan sistem irigasi yang terus berlangsung di berbagai wilayah di bumi.

Hal yang sangat penting untuk disadari oleh semua pihak (masyarakat dunia) adalah adanya ketidak pastian yang besar tentang seberapa luasnya setiap perubahan yang akan terjadi dimasa yang akan datang. Hal tersebut karena perubahan yang terjadi terutama tergantung dari perilaku manusia dalam mengejar pertumbuhan ekonomi, kemampuan sistem alamiah bumi yang berperan sebagai penyangga (buffer) dalam menghadapi perubahan tersebut, dan taraf pencapaian

kemampuan pada bidang ilmu pengetahuan dalam menilai dampak yang terjadi pada lingkungan (Gambar. 5).



Gambar.5. Faktor pengendali perubahan global yang berkaitan dengan perubahan potensial status vector-borne diseases, dikutip dari (Sutherst, W.Robert, 2004).

Banyak pakar yang berpendapat bahwa peningkatan jumlah penduduk yang diikuti dengan peningkatan konsumsi energi, dan pengurusan sumber daya alam telah membawa dampak pada pemanasan global yang memicu perubahan iklim pada skala global. Pengaruh rata-rata netto global dari kegiatan manusia sejak tahun 1750 adalah pemanasan, dengan *radiative forcing* sebesar +1,6 (+0,6 sampai +2,4) W/m^2 . *Trend* suhu udara permukaan ambien udara sejak tahun 1901 hingga 2000 adalah sebesar $0,6^{\circ}C$, dan sejak 1906 hingga 2005 sebesar $0,74^{\circ}C$. Peningkatan suhu udara ambien permukaan rata-rata global 1850-1899 hingga 2001-2005 adalah sebesar $0,76^{\circ}C$. (Bey, 2007).

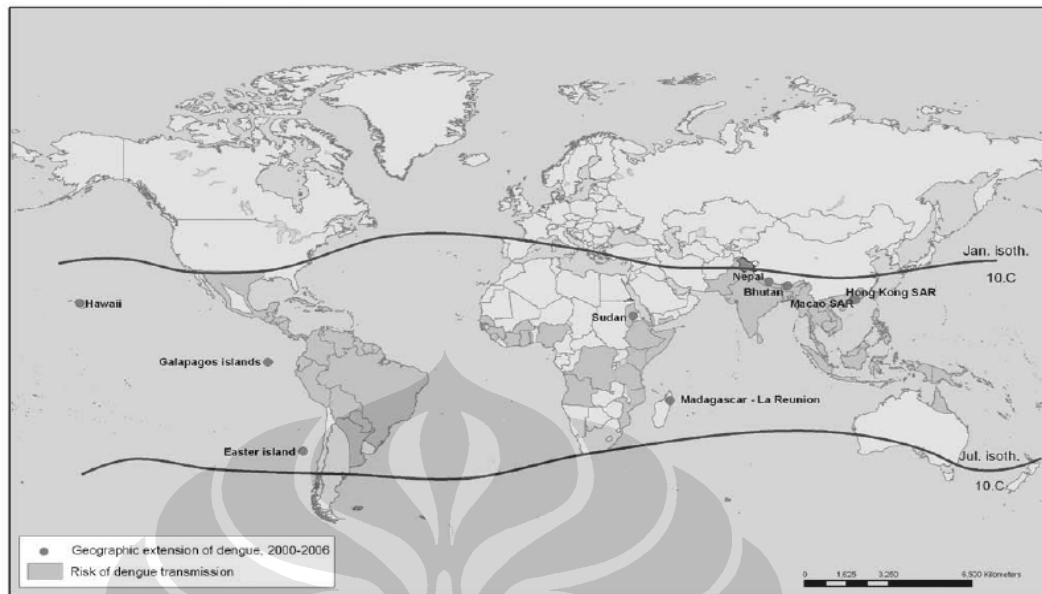
Efek yang ditimbulkan dari pemanasan global tersebut adalah berubahnya iklim bumi. Perubahan iklim bumi telah menyebabkan semakin pendeknya hari beku dan bersalju yang mengurangi risiko terhadap stress akibat udara dingin dan

kematian akibat udara dingin pada manusia dan makhluk hidup lainnya, dan kerusakan yang diakibatkan oleh pembekuan, tetapi pada sisi lainnya efek dari pemanasan tersebut menyebabkan semakin luasnya penyebaran hama dan penyakit (*Australian Government, 2005*). Salah satu dari penyebaran penyakit yang dipicu oleh dampak dari perubahan iklim global itu adalah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh serangga (*arthropod borne diseases*) seperti malaria, DBD, chikungunya, filariasis, demam kuning, dan lain sebagainya.

Nyamuk *A. aegypti* tersebar luas di daerah tropis dan subtropis di Asia Tenggara dan ditemukan hampir di semua perkotaan. Penyebaran *A.aegypti* di pedesaan pada waktu belakangan ini sangat berhubungan dengan pengembangan sistem penyediaan air pedesaan dan sistem transportasi yang lebih baik (*WHO, SEARO, 2003*). Adanya kebiasaan penyimpanan air secara tradisional di Indonesia, *Myanmar* dan *Thailand* merupakan penyebab tingginya kepadatan nyamuk di daerah semi-perkotaan cenderung lebih besar dibandingkan dengan daerah perkotaan.

Ketinggian tempat merupakan faktor penting yang membatasi penyebaran *A. aegypti*. Di India, *A. aegypti* tersebar mulai dari ketinggian 0 hingga 1000 meter di atas permukaan laut. Di dataran rendah (kurang dari 500 meter) tingkat populasi nyamuk adalah sedang hingga tinggi, sementara di daerah pegunungan (ketinggian lebih dari 500 meter) populasi nyamuk relatif rendah. Di negara-negara Asia Tenggara ketinggian 1000 sampai 1500 meter merupakan batas penyebaran *A. aegypti*. Berdasarkan hasil penelitian badan kesehatan dunia (WHO) sejak tahun 2000 hingga 2006, menunjukkan adanya kecenderungan wilayah endemik Dengue yang semakin meluas, baik ke arah utara maupun selatan, pada batas geografis dengan suhu udara terendah mencapai rata-rata 10°C dimana nyamuk *Aedes* masih dapat hidup. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan lingkungan fisik cenderung akan selalu diikuti dengan munculnya kasus DBD baru, sebagai konsekwensi logis yang bersifat alami dari interaksi perubahan faktor bionomik nyamuk dengan kepadatan dan aktifitas manusia, yang

cenderung menyebabkan tingkat resiko manusia terinfeksi virus semakin tinggi, dan semakin meluasnya wilayah endemik DBD dari waktu-ke waktu, (Gambar. 6)

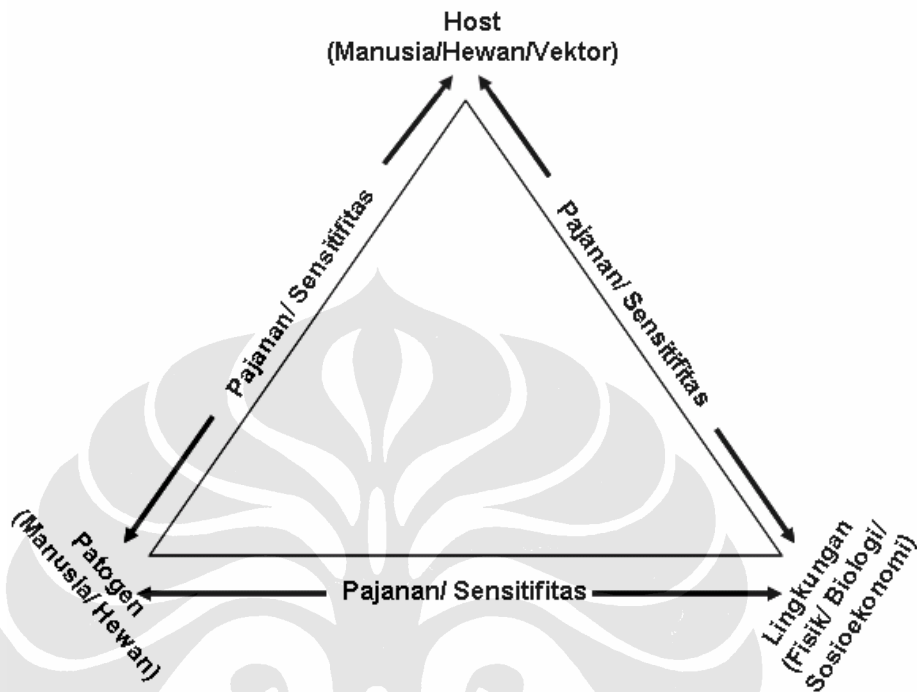


Gambar. 6. Penyebaran daerah endemik DBD di Dunia (WHO, 2006).

Telah banyak penelitian yang dilakukan dengan mempergunakan pendekatan secara holistik untuk mengetahui/menilai kerentanan masyarakat pada penyakit-penyakit yang ditularkan oleh serangga (*vector borne diseases*). Tujuan utamanya adalah untuk menilai (*to assess*) tingkat resiko yang akan muncul sebagai dampak dari adanya perubahan potensial status penyakit-penyakit yang ditularkan oleh serangga, pada kondisi global yang secara terus-menerus mengalami perubahan, dan mencari pendekatan yang tepat untuk meningkatkan efektifitas adaptasi terhadap perubahan tersebut. Dalam hal ini para peneliti menyadari bahwa untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan kerjasama interdisiplin keilmuan, lintas sektor dan lintas negara.

Menurut pandangan pakar patologi tumbuhan, patologi dan epidemiologi dari penyakit-penyakit yang ditularkan oleh serangga (*vector-borne diseases*), dapat digambarkan dengan "segitiga penyakit" yang menjelaskan hubungan timbal-balik dari pejamu (*host*) dan lingkungan alami patogen (Sutherst, Robert W, 2004). Konsep segitiga penyakit ini terutama menekankan pada peranan pengelolaan

dalam adaptasi terhadap resiko serangan species dan parasit hewan terhadap manusia (Gambar. 7).



Gambar. 7. Kerangka kerja untuk menilai resiko terhadap penyakit yang ditularkan oleh serangga pada perubahan global, ditinjau dari perpektif hubungan timbal balik antara Pejamu (Host)-Patogen-Lingkungan Vektor (Sutherst, W.Robert, 2004).

2.3. Pengaruh *El Nino* Pada Perkembangan Kasus DBD

Para pakar meyakini, perkembangan beberapa penyakit infeksi yang disebarkan oleh serangga seperti malaria dan denggi dalam dua dekade terakhir berhubungan erat dengan adanya perubahan iklim. Dalam kurun waktu dua dekade terakhir, perhatian terhadap pengaruh variabilitas iklim terhadap isu kesehatan manusia, khususnya yang berkaitan dengan pengaruh perubahan iklim terhadap penyakit yang ditularkan oleh serangga (*vector borne diseases*) semakin besar (Guha dan Schimmer, 2005). Para peneliti berpendapat bahwa nyamuk *A. aegypti* merupakan vektor utama penyebar virus paling penting di dunia saat ini, dimana

pola perkembangbiakan dan penyebarannya sangat peka terhadap variabilitas dan perubahan iklim.

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan pengaruh iklim terhadap perkembangan potensi penyebaran, dan dinamika populasi nyamuk *A.aegypti* pada skala global (Hop & Foley, 2001), menyimpulkan adanya kesesuaian antara hasil pemodelan dengan hasil pengamatan dengan kecenderungan peningkatan kasus menurut garis lintang (latitudinal) pada periode musim panas. Namun demikian sejauh ini masih terdapat kesulitan untuk memodelkan pengaruh iklim mikro, terutama di wilayah pesisir. Di masa mendatang penelitian cenderung akan berkembang untuk mempelajari variabilitas dinamika vektor secara musiman.

Sejauh ini variabilitas kasus denggi yang dilaporkan dipelajari dalam kaitannya dengan variabilitas suhu udara dan curah hujan. Hasil penelitian penyakit denggi yang dilakukan di Trinidad, Tobago, dan Barbados (kepulauan di laut Karibia) pada tahun 1980 hingga 2000, menyimpulkan adanya kecenderungan peningkatan kasus denggi dalam dua dekade terakhir. Kasus denggi tahunan yang dilaporkan menunjukkan pola yang hampir periodik yang berdekatan dengan periode munculnya *El-Nino Southern Oscillation (ENSO)*. Variabilitas bulanan/empat mingguan dari kasus denggi yang dilaporkan menunjukkan pola endemik musiman yang jelas. Variabilitas suhu udara dan curah hujan yang menunjukkan adanya kecenderungan penurunan curah hujan dan diikuti dengan peningkatan suhu udara merupakan ciri dari gejala *ENSO*. Pola variasi kasus denggi dengan parameter iklim menunjukkan bahwa penurunan curah hujan yang diikuti oleh naiknya suhu udara (yang berlangsung pada periode *ENSO*) merupakan faktor pemicu munculnya epidemi DBD di wilayah tersebut. *ENSO*, suhu udara, dan curah hujan adalah parameter iklim yang dapat diprediksi. Selanjutnya para peneliti berpendapat bahwa apabila akurasi prediksi variabilitas iklim dapat ditingkatkan, maka pengamatan musiman akan sangat bermanfaat untuk membuat model peringatan dini yang dapat digunakan sebagai pencegahan dan penanggulangan epidemi DBD.

Studi kasus denggi yang dilakukan di beberapa wilayah dunia lainnya (Jonathan et al, 1998; Martens et al, 1997; Gagnon et al, 2001; Hales et al, 1966; Poveda et al, 2000; Focks et al, 1995; Koopman et al, 1991, dalam Amarakoon et al, 2001) juga berkesimpulan bahwa wabah epidemi dan penyebaran penyakit DBD berhubungan dengan variabilitas iklim yang dipengaruhi oleh munculnya El Niño Southern Oscillation/ENSO, melalui peningkatan suhu udara dan ketersediaan air tawar yang berasal dari hujan terjadi pada musim kemarau. Kondisi tersebut cenderung akan meningkatkan perkembangbiakan nyamuk dan laju penyebaran penyakit denggi. Hasil studi lainnya (Peterson et al, 2002; Chen & Taylor, 2002, dalam Amarakoon et al, 2001), menunjukkan bahwa di wilayah Karibia menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan suhu udara, kondisi yang lebih kering dari normalnya setelah pertengahan tahun *El-Nino*, dan peningkatan curah hujan pada awal tahun berikutnya. Jadi disimpulkan bahwa wabah denggi di Karibia dipengaruhi oleh variabilitas iklim dalam hal ini variabilitas suhu udara dan curah hujan (Amarakoon et al, 2001).

2.4. Kasus DBD Di Indonesia

Kondisi wilayah Indonesia secara geografis terletak di daerah tropis dengan keragaman karakteristik fisik bentang alam dan sifat wilayah kepulauan yang sangat kompleks, yang secara khas membentuk ekosistem yang heterogen, merupakan habitat nyamuk *A. aegypti* yang cukup ideal. Habitat nyamuk secara alamiah pada umumnya adalah pada daerah ekosistem rawa, gambut, dan padang rumput pada daerah rendah dengan ketinggian di bawah 100 m dari permukaan laut; dan pada ekosistem hutan hujan tropis pada daerah antara 100 hingga 500 m dari permukaan laut. Namun adanya perubahan lingkungan alam yang diakibatkan oleh aktivitas manusia telah menyebabkan nyamuk *A.aegypti* beradaptasi pada lingkungan perumahan penduduk. Mengacu pada hasil penelitian tersebut maka wilayah Indonesia bisa jadi merupakan wilayah hiperendemik DD/DBD, karena wilayah Indonesia yang beriklim tropis mempunyai kisaran suhu udara rata-rata

antara 26 - 29° C, dengan tiga bulan musim hujan (Desember, Januari, Pebruari) dan tiga bulan musim kemarau (Juni, Juli, Agustus).

Indikasi kearah itu cukup kuat, karena berdasarkan data statistik kasus DBD di Indonesia, menunjukkan pola siklus musiman, yaitu mulai muncul menjelang musim hujan (sekitar bulan September/Oktober) dan, mencapai puncaknya menjelang akhir musim hujan (sekitar Pebruari-April), namun pada kondisi musim kemarau yang curah hujannya di atas normal (kemarau basah), kasus DBD umumnya terdistribusi hampir sepanjang tahun, seperti pada kasus tahun 2005. Dalam hal ini menunjukkan bahwa faktor determinan yang memicu munculnya kasus DBD di Indonesia adalah adanya interaksi antara variabilitas cuaca musiman, karakteristik lingkungan, dan perilaku masyarakat di daerah endemik. Hal itu sesuai dengan gambaran situasi wabah Demam Dengue (DD) dan Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di wilayah tanggung jawab WHO yang berbeda-beda, yang diuraikan oleh Gratz dan Kundsén (1996), serta Gubler (1998), (WHO, 2003). Didalam publikasi tersebut disimpulkan adanya faktor-faktor yang menyebabkan munculnya kembali KLB/ wabah denggi antara lain adalah:

- a. Pertumbuhan jumlah penduduk yang tidak memiliki pola tertentu.
- b. Urbanisasi yang tidak terencana dan terkontrol.
- c. Sistem pengelolaan limbah dan penyediaan air bersih yang tidak memadai.
- d. Berkembangnya penyebaran dan kepadatan nyamuk-nyamuk.
- e. Kurangnya sistem pengamatan nyamuk yang efektif.
- f. Meningkatnya pergerakan dan penyebaran virus dengue.
- g. Perkembangan hiperendemisitas.

Adapun peranan masing-masing faktor tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut di bawah ini:

a. Pertumbuhan jumlah penduduk yang tidak memiliki pola tertentu

Pertumbuhan jumlah penduduk yang tidak mempunyai pola tertentu menyebabkan munculnya daerah-daerah kumuh dengan prasarana dan sistem sanitasi yang

buruk, sehingga berpotensi menciptakan lingkungan yang dapat memicu perkembangbiakan nyamuk *A. aegypti*.

b. Urbanisasi yang tidak terencana dan terkontrol

Peningkatan arus perpindahan penduduk dari desa ke kota (urbanisasi) yang tidak terkontrol menimbulkan permasalahan tata ruang wilayah perkotaan, yang ditandai dengan munculnya kantong-kantong wilayah kumuh di daerah bantaran sungai, di bawah jembatan layang, yang secara umum akan membentuk ekosistem baru yang berpotensi terhadap perkembangbiakan nyamuk *A. aegypti*. Urbanisasi yang tidak terkontrol juga menimbulkan permasalahan kemampuan pemerintah daerah dalam penyediaan sarana dan prasarana kesehatan yang memadai.

c. Sistem pengelolaan limbah dan penyediaan air bersih yang tidak memadai

Pengelolaan limbah yang buruk serta penyediaan air bersih yang tidak memadai menyebabkan rendahnya tingkat higienitas penduduk, dan beresiko memicu perkembangbiakan nyamuk *A. aegypti*.

d. Berkembangnya penyebaran dan kepadatan nyamuk-nyamuk

Faktor-faktor yang telah dipaparkan pada point a,b,dan c menyebabkan perubahan iklim pada skala mikro dan membentuk habitat yang cocok bagi perkembangbiakan nyamuk *A. aegypti*, sehingga memicu peningkatan kepadatan nyamuk dan perluasan daerah endemik DBD.

e. Kurangnya sistem pengamatan nyamuk yang efektif

Kendala yang dihadapi oleh pemerintah pusat maupun daerah dalam pengamatan nyamuk adalah masalah dana dan peran partisipatif masyarakat yang masih rendah. Sehingga hingga saat ini sangat sulit untuk mendapatkan data vektor untuk keperluan penelitian maupun operasional pencegahan penyebaran nyamuk *A. aegypti*.

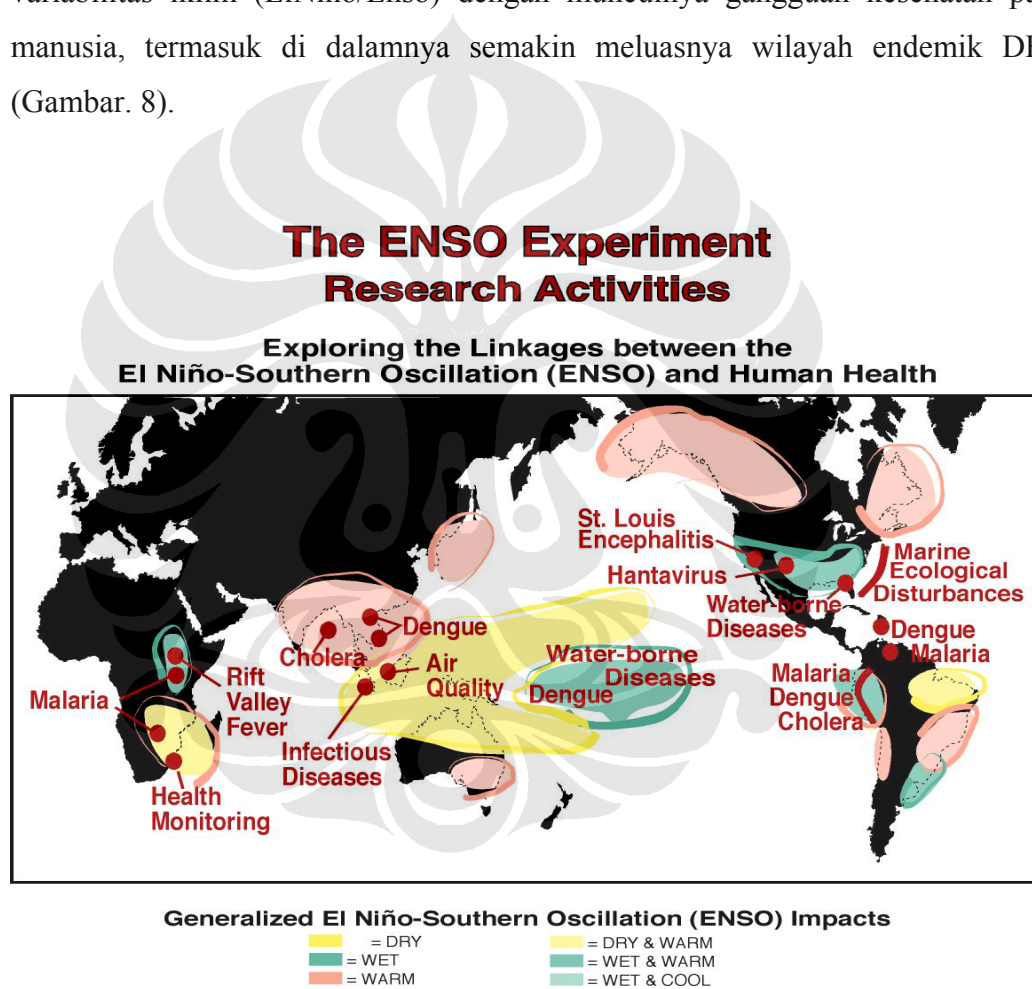
f. Meningkatnya pergerakan dan penyebaran virus dengue

Virus denggi adalah anggota genus *Flavivirus* dan famili *Flaviviridae*. Penyebaran virus denggi ditularkan dari orang ke orang melalui gigitan nyamuk

A.aegypty dari subgenus *Stegomyia* (WHO, 2003). Tingginya tingkat mobilitas penduduk sangat mempengaruhi pergerakan dan penyebaran virus denggi.

g. Perkembangan hiperendemisitas

Hal yang sangat mengkhawatirkan adalah adanya kecenderungan semakin meluasnya daerah-daerah hiperendemi di Indonesia dari tahun ke tahun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) menyatakan adanya hubungan antara variabilitas iklim (ElNino/Enso) dengan munculnya gangguan kesehatan pada manusia, termasuk di dalamnya semakin meluasnya wilayah endemik DBD (Gambar. 8).



Gambar. 8. Keterkaitan antara Enso dengan masalah kesehatan (Ebi, L.Kristie, UNFCCC. 2006).

2.5 Strategi Pencegahan Dan Pemberantasan Dengue

Berdasarkan resolusi WHA (World Health Assembly) mengenai pencegahan dan pemberantasan terhadap denggi, dan suatu strategi global untuk operasionalisasi dari pemberantasan vektor, telah dirumuskan suatu tahapan kegiatan yang harus dilakukan yang didasarkan atas lima komponen kegiatan, yang selanjutnya disebut sebagai upaya global pemberantasan vektor DD/DBD, yang meliputi:

- a. Penanggulangan nyamuk secara selektif dan terpadu yang dilakukan bersama-sama dengan masyarakat, serta melibatkan partisipasi lembaga intersektoral.
- b. Pengamatan penyakit dilakukan secara aktif dengan didukung oleh sistem informasi kesehatan yang efektif
- c. Kesiapan menghadapi keadaan darurat
- d. Peningkatan keterampilan dan pelatihan
- e. Riset mengenai penanggulangan vektor.

Sementara itu ada pula dokumen kerangka kerja secara konseptual untuk pencegahan dan pengendalian denggi di wilayah Amerika Latin dan Karibia yang diusulkan oleh Pan American Health Organization (PAHO) pada tahun 1994, yang didukung oleh U.S Centers for Diseases Control and Prevention (CDC) dan WHO (Lloyd et al, 2003). Dokumen tersebut mengadopsi 10 (sepuluh) elemen kunci pengendalian dan pencegahan denggi secara komprehensif yang meliputi :

- a. *Integrated epidemiological and entomological surveillance* (Survei terpadu secara epidemiologi dan entomologi)
- b. *Advocacy and implementation of intersectoral actions* (penerapan dan pendampingan kegiatan-kegiatan lintas sektoral)
- c. *Effective community participation* (Peran serta masyarakat)
- d. *Environmental management and addressing basic services* (Pengelolaan lingkungan dan pelayanan kebutuhan dasar)

- e. *Patient care within and outside of the health system* (Perawatan penderita di dalam dan diluar system kesehatan)
- f. *Case reporting* (pelaporan kasus)
- g. *Incorporation of the subject of dengue/ health into formal education* (Memasukkan mata ajar denggi/ kesehatan pada kurikulum pendidikan formal.
- h. *Critical analysis of the use and function of insecticides* (Analisis kritis terhadap manfaat dan penggunaan insektisida)
- i. *Formal health training of professionals and workers both in the medical and social science* (Pelatihan kesehatan secara formal untuk para praktisi dan pekerja baik di bidang medis maupun ilmu pengetahuan)
- j. *Emergency preparedness* (kesiapan keadaan darurat)

Dari resolusi WHA dan dokumen PAHO tersebut di atas nampak bahwa masalah Kesiapan menghadapi keadaan darurat dan Riset mengenai penanggulangan vektor merupakan bagian dari strategi untuk mengatasi masalah DBD.

2.6. Perkembangan Penelitian Masalah DBD

Dalam hal penanggulangan nyamuk *A. aegypti*, hingga saat ini telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara faktor cuaca/iklim terhadap perkembangbiakan nyamuk sebagai vektor. Dalam salah satu kertas kerjanya (Dana & Barrera, 2006) mengungkapkan beberapa hasil penelitian di Bangkok-Thailand dan di wilayah barat daya Puerto Rico. Hasil penelitian di Bangkok-Thailand, menyatakan bahwa variabilitas dari variable cuaca (suhu udara, kelembaban udara, dan curah hujan) harian, musiman dan antar tahunan, secara keseluruhan mempengaruhi sistem denggi melalui cara yang berbeda-beda. Apakah aspek khusus dari cuaca dapat dipergunakan sebagai alat kontrol tergantung keadaan sistem wilayah endemik. Respons terhadap variabilitas jumlah curah hujan musiman dan antar tahunan merupakan fungsi dari proporsi nilai ambang batas transmisi yang meningkat sejak air hujan mengisi kontainer (segala sesuatu yang dapat berfungsi sebagai penampung air hujan, misal ban bekas,

kaleng bekas, retakan tembok, celah bebatuan, sumur, lubang pohon, talang air, dan lain sebagainya). Beberapa contoh penelitian menggambarkan peranan air hujan dalam dinamika vektor dan transmisi, dan bagaimana curah hujan musiman dapat berinteraksi dengan parameter lainnya.

Penelitian DBD yang dilakukan di Bangkok, Thailand pada akhir tahun 1950 yang disponsori oleh WHO, dan dilaksanakan oleh Aedes Research Unit (ARU) atas permintaan pemerintah Thailand, menunjukkan bahwa 53% kontener yang diteliti terdapat *A. aegypti*. Kesimpulan awal berdasarkan penelitian terhadap larva menyatakan bahwa kasus DBD musiman yang terjadi di Bangkok tidak disebabkan oleh fluktuasi produksi nyamuk dewasa dan kepadatan nyamuk yang disebabkan oleh curah hujan. Berdasarkan penelitian selama 20 tahun, menunjukkan bahwa kasus DBD yang terjadi di Bangkok mempunyai *lag* (tenggang waktu) beberapa bulan dengan puncak curah hujan, sehingga disimpulkan tidak ada hubungan curah hujan dengan kejadian kasus DBD, sementara transmisi musiman disebabkan oleh daya tahan hidup nyamuk dewasa yang didukung oleh faktor suhu udara dan/atau udara kering pada musim kemarau (*seasonality in adult survival due to temperature and/or atmospheric dryness*).

Kesimpulan yang bertentangan dengan hasil penelitian di *Bangkok* diperoleh dari hasil studi longitudinal di wilayah barat daya *Puerto Rico*, menunjukkan hubungan positif antara curah hujan dan kelimpahan vektor, dengan nilai korelasi yang kuat pada musim kering. Demikian pula adanya fakta yang menunjukkan bahwa perkembangbiakan vektor terjadi di luar rumah/ruangan dan pada saat kontener/tampungan terisi oleh air hujan. Pada studi itu menunjukkan bahwa kepadatan nyamuk *A. aegypti* meningkat tajam pada saat memasuki musim hujan pada bulan Juli dan Agustus. Puncak kasus DBD muncul sekitar 6 hingga 7 minggu setelah puncak curah hujan. Kekeringan dapat mengurangi daya tahan hidup telur yang baru diletakkan dan nyamuk dewasa, tetapi telur yang sudah lama tetap dapat bertahan. Dari hasil kedua penelitian tersebut nampak bahwa tenggang waktu (*time lag*) antara munculnya kasus dengan puncak musim hujan dapat dipergunakan sebagai precursor faktor cuaca dominant yang berpengaruh

pada perkembang biakan vektor dan juga menggambarkan karakteristik perkembangbiakannya.

Hasil studi mengenai DBD lainnya di Thailand oleh Watts dan kawan-kawan (1987) menunjukkan bahwa angka kejangkitan di suatu daerah berkaitan erat dengan bulan-bulan dimana suhu udara rata-rata tahunan mencapai lebih dari 28⁰C. Secara tersirat digambarkan adanya keterkaitan antara meningkatnya kegiatan nyamuk *A. aegypti* dengan suhu udara ambien (Agoes, 2007).

Sementara itu hasil studi berbeda yang dilakukan di Indonesia oleh Van Peenen dan kawan-kawan (1972) mengenai hubungan antara musim, curah hujan dan kepadatan nyamuk justru menyimpulkan bahwa tingginya curah hujan tidak berpengaruh besar pada kepadatan nyamuk di suatu daerah. Disimpulkan pula bahwa semata-mata karena ulah manusialah maka tempat perindukan nyamuk yang berisi genangan air di dalam dan di sekitar rumah dapat ditemukan sepanjang tahun (Agoes, 2007).

Menurut penelitian (Koopman, 1991) menyatakan bahwa kenaikan rata-rata temperatur lingkungan sebanyak 3-4⁰C akan menaikkan reproduksi virus dengue dua kali lipat. Sementara itu pada penelitian lain yang dilakukan oleh Carcavallo (1995) yang dirangkum dalam Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 1996, menyebutkan kemunculan satu generasi *A. aegypti* rata-rata adalah 15 hari pada temperatur 27⁰C, tetapi dalam suatu percobaan yang dilakukannya menunjukkan siklus yang lebih pendek, yaitu 9 hari pada suhu 28⁰C.

Sebagai vektor yang efektif dan kompeten penyakit DBD, *A. aegypti* disebut sebagai nyamuk semi domestik karena memilih untuk tinggal dan beristirahat di dalam rumah atau sekitar rumah serta bersifat antropofilik yaitu cenderung untuk memilih menghisap darah manusia daripada darah hewan. *Aedes* betina menghisap darah manusia secara berulang-ulang setiap akan bertelur. Sifat ini sangat mendukung dalam peranannya sebagai vektor karena dengan demikian penyebaran virus denggi dapat ditularkan oleh vektor dalam jumlah yang tidak terlalu besar, artinya kepadatan vektor di suatu daerah tidak perlu terlalu tinggi

untuk terjadinya penyebaran virus dengue di masyarakat (Reiter, 1992., dalam Agoes, 2007).

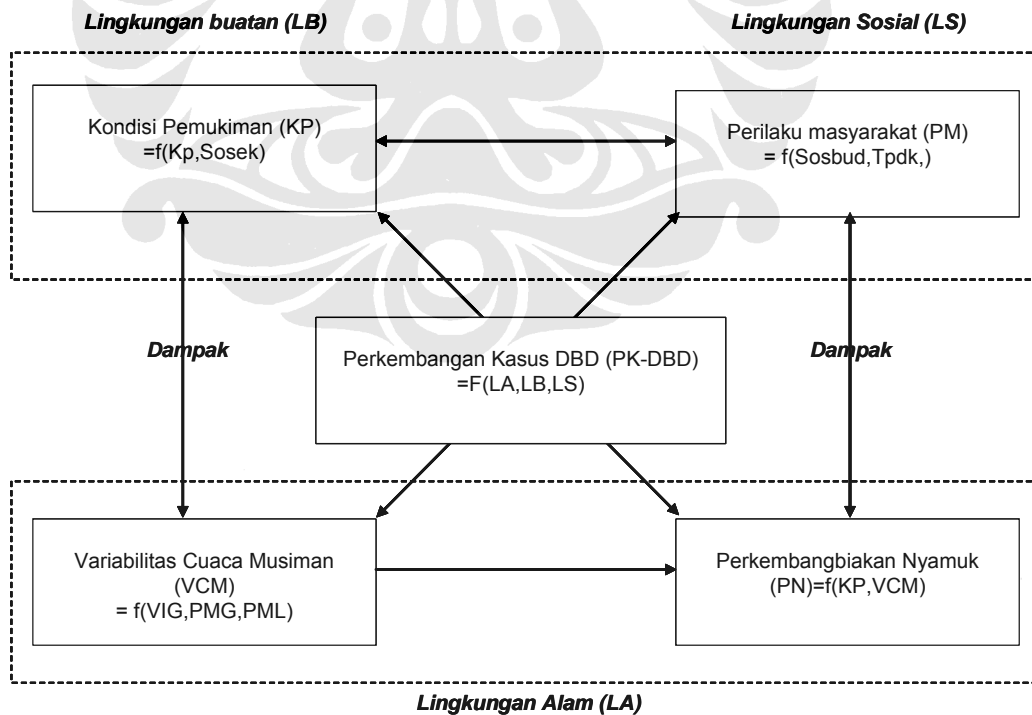
Ada asumsi umum yang menganggap bahwa nyamuk *A. aegypti* tidak memandang jenis media air yang dipilih untuk meletakkan telurnya dan untuk perindukan. Dianggap bahwa *A. aegypti* lebih memandang kejernihan airnya ketimbang jenis airnya. Masih sedikit sekali peneliti yang menentukan jenis air dimana pertumbuhan jentik berlangsung secara optimal (Agoes, 2007).

Berdasarkan kesimpulan dari hasil studi tersebut di atas penulis berpendapat bahwa faktor determinan pemicu munculnya kasus DBD di suatu wilayah endemik adalah bersifat spesifik lokal. Dalam hal ini faktor suhu dan kelembapan udara adalah faktor pembatas makro, sedangkan faktor genangan berperan sebagai pencetus (*trigger*) munculnya kasus DBD. Spesifikasi faktor genangan dapat dibedakan antara yang bersifat alamiah dan yang bersifat buatan. Genangan yang bersifat alam pada umumnya dipengaruhi oleh variabilitas curah hujan musiman, sedangkan genangan yang bersifat buatan pada umumnya dipengaruhi oleh budaya dan perilaku masyarakat. Sedangkan intensitas kejadian kasus dipengaruhi oleh transmisi virus. Beberapa penelitian yang secara spesifik berkaitan dengan tema penelitian ini dapat di lihat pada matriks telaah jurnal dan artikel masalah demam berdarah dengue (Lampiran.7).

2.7. Kerangka Teoritik

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dipaparkan, nampak bahwa state of the art kerangka teoritik dari permasalahan DBD saat ini adalah pada interaksi antar komponen dalam isu pola perkembangan kasus DBD, yang meliputi interaksi antar komponen lingkungan buatan, lingkungan sosial, lingkungan alam (variabilitas cuaca, vektor dan virus), dan kasus DBD yang muncul sebagai simtom (gejala) dari proses interaksi tersebut. Secara rinci proses interaksi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kondisi Pemukiman (KP) di suatu daerah dipengaruhi oleh faktor kepadatan penduduk (Kp) dan kondisi sosial ekonomi masyarakatnya (Sosek).
2. Perilaku masyarakat (PM) dipengaruhi oleh faktor sosial budaya (Sosbud) dan tingkat pendidikan (Tpdk).
3. Variabilitas Cuaca Musiman (VCM) dipengaruhi oleh Variabilitas Iklim pada skala Global (VIG) dan perilaku masyarakat pada skala global (PMG), sedangkan pada skala meso atau lokal (skala horizontal 0,1-100 km) dipengaruhi oleh kondisi geografis dan perilaku masyarakat lokal (PML) yang bersifat antropogenik.
4. Pola Perkembangan Nyamuk (PN) dipengaruhi oleh faktor kondisi pemukiman yang berhubungan dengan ketersediaan kontener dan *resting area* bagi nyamuk, serta faktor variabel cuaca musiman yang mendukung adaptasi perkembangbiakan nyamuk.
5. Perkembangbiakan kasus DBD merupakan fenomena (gejala/simtom) yang muncul dari proses interaksi antar komponen Lingkungan Alam (LA), Lingkungan Buatan (LB), dan Lingkungan Sosial (LS), (Gambar. 9).



Gambar. 9. Kerangka teoritik interaksi antar komponen lingkungan buatan, lingkungan sosial, dan lingkungan alam dalam isu perkembangan kasus DBD.

2.8. Kerangka Berfikir

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dipaparkan pada studi literatur, penulis menarik kesimpulan bahwa faktor determinan kasus DBD di Indonesia adalah variabilitas suhu udara, kelembapan udara dan distribusi curah hujan musiman. Di daerah tropik faktor suhu dan kelembapan lebih berpengaruh pada perilaku vektor untuk menggigit (*biting rate*), sedangkan variabilitas distribusi curah hujan berpengaruh terhadap ketersediaan genangan untuk perkembangbiakan nyamuk. Berdasarkan landasan teori tersebut di atas penulis berpendapat, bahwa apabila diketahui hubungan antara karakteristik variabilitas cuaca musiman, karakteristik fisik lingkungan permukiman, dengan perkembangan kasus DBD, maka akan dapat diketahui pula karakteristik pola perkembangan kasus DBD di suatu daerah dengan baik. Selanjutnya, apabila nilai ambang batas faktor iklim yang berpengaruh pada peluang munculnya kasus DBD dapat diketahui, maka dapat dibuat informasi peringatan dini potensi munculnya wabah DBD yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung program pencegahan dan pemberantasan vektor, serta kesiapan penanggulangannya.

2.9. Kerangka Konsep

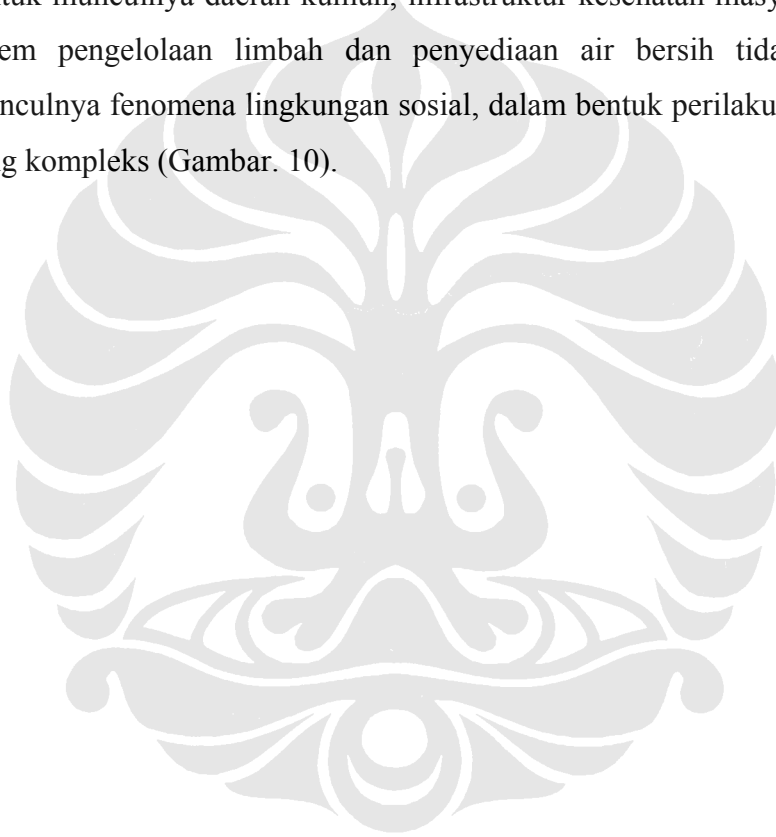
2.9.1. Kerangka Konsep Umum

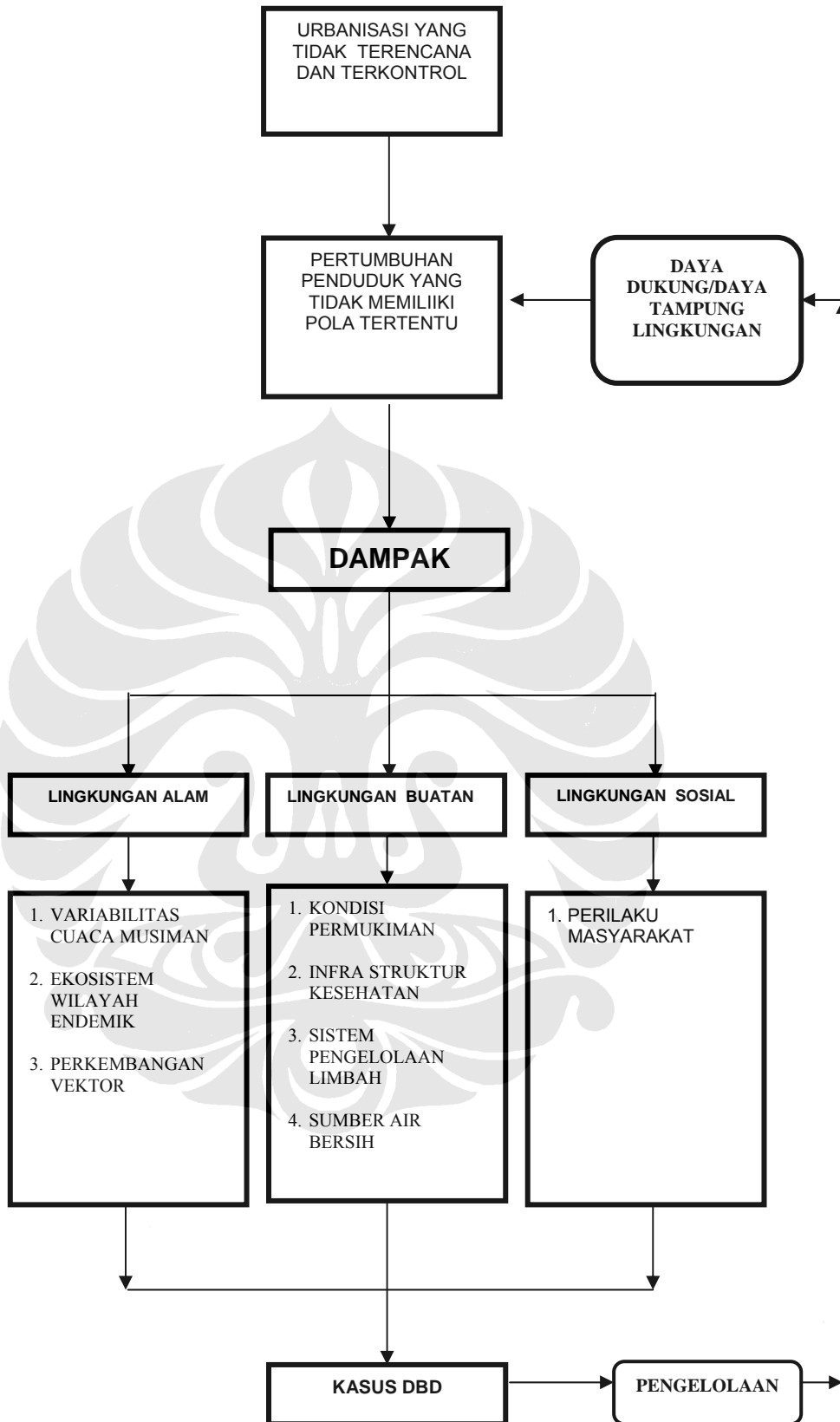
Berdasarkan hal-hal yang telah dipaparkan pada kerangka berpikir tersebut di atas, penulis berpendapat bahwa variabel yang dapat dipergunakan untuk menjelaskan hubungan kasualistik perubahan lingkungan alam, lingkungan sosial, dan lingkungan buatan dalam permasalahan DBD yang dihadapi dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk lingkungan alam, variabel yang berperan adalah variabilitas cuaca musiman, dan perkembangbiakan nyamuk.
2. Untuk lingkungan buatan, variabel yang berperan adalah kondisi permukiman.

3. Untuk lingkungan sosial, variabel yang berperan adalah perilaku masyarakat.

Hubungan antara faktor-faktor penyebab (*drivers*) dengan munculnya kasus DBD dapat dijelaskan dari perspektif faktor urbanisasi yang tidak terkontrol telah menyebabkan pertumbuhan penduduk yang tidak memiliki pola tertentu. Kondisi tersebut akan berdampak pada: 1. Perubahan lingkungan alam dalam bentuk variabilitas cuaca musiman, perubahan ekosistem, penyebaran wilayah endemik, dan perkembangbiakan nyamuk, 2. Terbentuknya lingkungan buatan, dalam bentuk munculnya daerah kumuh, infrastruktur kesehatan masyarakat lemah, dan sistem pengelolaan limbah dan penyediaan air bersih tidak memadai, 3. Munculnya fenomena lingkungan sosial, dalam bentuk perilaku masyarakat urban yang kompleks (Gambar. 10).

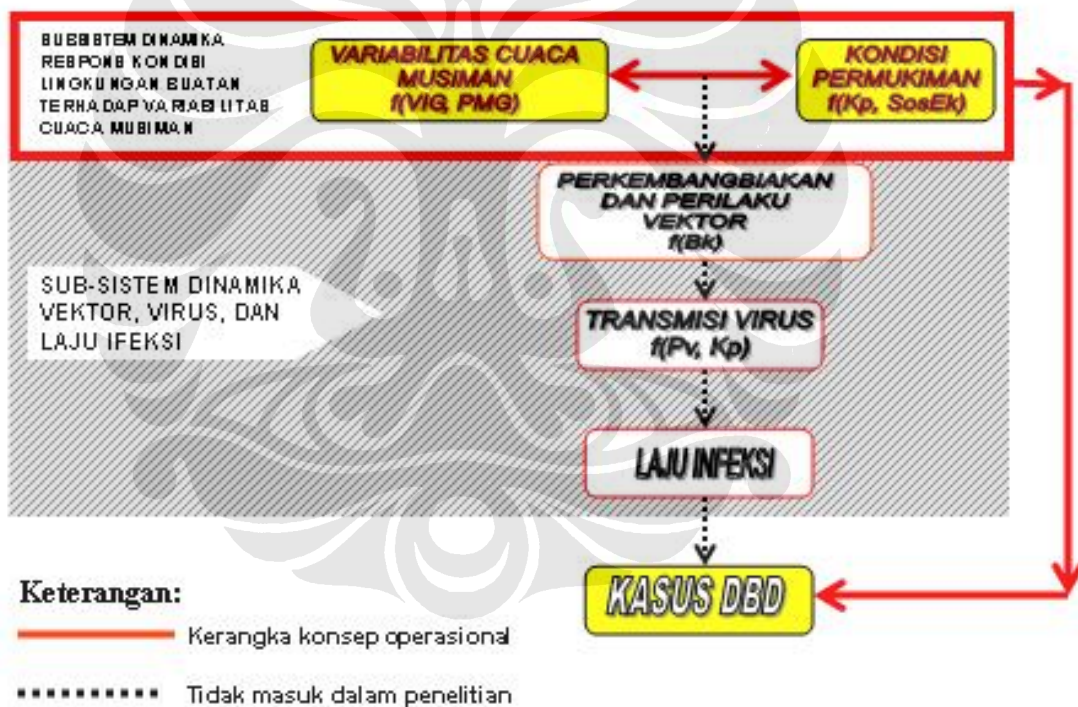




Gambar. 10. Kerangka konsep umum dalam permasalahan DBD

2.9.2. Kerangka Konsep Operasional

Berdasarkan kerangka konsep umum tersebut di atas, selanjutnya dilakukan *scouping* masalah dengan asumsi wilayah penelitian sebagai system tertutup, maka pengaruh dari faktor eksternal (migrasi penduduk dan vector, dan perlakuan terhadap vector atau lingkungan) diabaikan. Dengan asumsi tersebut, maka masalah DBD dalam penelitian ini dipandang sebagai suatu system denggi yang terdiri dari: a. sub system dinamika respons kondisi lingkungan buatan terhadap variabilitas cuaca musiman, dan b. sub system dinamika vector, virus dan laju infeksi. Sedangkan fenomena munculnya kasus DBD merupakan dampak yang ditimbulkan oleh proses dalam dinamika aktifitas sistem denggi (Gambar. 11).



Gambar. 11. Perumusan kerangka konsep operasional penelitian pola perkembangan kasus DBD di wilayah Kotamadya Jakarta Timur.