

MALARIA VULNERABILITY INDEX (MLI)
UNTUK MANAJEMEN RISIKO
DAMPAK PERUBAHAN IKLIM GLOBAL
TERHADAP LEDAKAN MALARIA DI INDONESIA

Oleh

Mursid Raharjo

***Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP**
Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Gadjahmada Yogyakarta

MALARIA VULNERABILITY INDEX (MLI)
FOR RISK MANAGEMENT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IMPACTS ON
MALARIA OUTBREAKS IN INDONESIA

ABSTRACT

Global Climate Change excess several impacts to the global weather variability. In the past century, the global average surface temperature has risen by 0.74 °C. The observed increase in average temperatures is widespread around the globe, with rising trends recorded on all continents and in the sea. The climate on Indonesia raised warmer during 20th century. Annual temperature increased 0,3 °C from 1900 until 1990. The 1998 anomalously warm years, almost 1°C than average of temperature during 1961-1990. Indonesia region annual of precipitation decreases 2-3% during December – February of the wet period. Weather variability have occurrence of vector borne diseases with different pattern.

The Malaria Vulnerability Index (MLI) as new method of malaria management. The MLI contributed to mapping of vulnerability areas with high risk transmission. The region index expected value of malaria risk area.

Result of the simulation on the malaria endemic area, variability of range index 1-5. The value of index 5 correlate with high of risk malaria transmission. Malaria management base on risk of each area, with the highest value of index. Management approach of malaria risk : 1. adaptation and mitigation; 2. reduced of hazard resources; 3. partnership assurance system; 4. technology alternative; 5. land restoration.

Conclusion of Malaria Vulnerability Index (MLI) simulation, MLI as tools of high risk of malaria management with vulnerability mapping malaria risk area.

Keyword : Malaria Vulnerability Index (MLI), Risk Management

ABSTRAK

Perubahan Iklim Global memberikan dampak secara nyata pada variabilitas cuaca di dunia. Selama kurun waktu 100 tahun (1906-2005), temperatur global permukaan bumi telah mengalami peningkatan 0,74°C, dengan interval ketidakpastian 0,56-0,92, dimana suhu daratan lebih tinggi dari pada lautan. Iklim di Indonesia telah menjadi lebih hangat selama abad 20. Suhu rata-rata tahunan telah meningkat sekitar 0,3 °C sejak 1900 dengan suhu tahun 1990an merupakan dekade terhangat dalam abad ini dan tahun 1998 merupakan tahun terhangat, hampir 1°C di atas rata-rata tahun 1961-

1990. Curah hujan tahunan telah turun sebesar 2 hingga 3 persen di wilayah Indonesia di abad ini dengan pengurangan tertinggi terjadi selama perioda Desember- Februari, yang merupakan musim terbasah dalam setahun. Perubahan cuaca pada setiap wilayah memberikan dampak yang berbeda terhadap besarnya risiko penularan penyakit berbasis vektor (*vector borne diseases*).

Malaria Vulnerability Index (MLI) merupakan pendekatan baru dalam bidang manajemen malaria. MLI digunakan untuk melakukan pemetaan kerentanan setiap wilayah terhadap potensi penularan malaria. Indeks yang dihasilkan mampu memberikan gambaran besarnya risiko.

Hasil simulasi pada wilayah endemis malaria, menunjukkan adanya variabilitas indeks malaria dari rentang 1 hingga 5. Indeks 5 menunjukkan wilayah dengan risiko tinggi penyebaran malaria. Manajemen malaria dilakukan dengan menggunakan dasar, besarnya faktor resiko setiap wilayah. Pendekatan manajemen yang dapat digunakan antara lain : 1. Antisipasi Terjadinya kerusakan melalui kegiatan adaptasi dan mitigasi; 2. Mengurangi sumber bencana; 3. Kerjasama resiko bencana dengan asuransi dan peningkatan pengetahuan tentang bencana; 4 Penggantian teknologi pemanfaatan sumber energi dengan teknologi ramah lingkungan; 5. Melakukan restorasi terhadap lahan

Kesimpulan dari simulai bahwa Malaria Vulnerability Index (MLI) dapat digunakan sebagai upaya manajemen risiko penyebaran malaria.

Kata kubnci: Malaria Vulnerability Index (MLI), Manajemen risiko

*) *Disajikan dalam Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit Sebagai Lokomotif Pemberantasan Penyakit Bersumber Binatang*

A. LATAR BELAKANG

Perubahan iklim memberikan pengaruh pada berbagai aspek kehidupan. Penyimpangan unsur cuaca dirasakan dalam dekade terakhir pada sebagian besar wilayah di Indonesia. Laporan *United National Development Project (UNDP) 2007*, Indonesia termasuk negara yang terpenguh perubahan iklim. Unsur cuaca mengalami penyimpangan pada beberapa belahan dunia. Perubahan tersebut berbentuk ekstrim baik menjadi lebih panas atau menjadi lebih dingin (IPPC, 2007a). Laporan IPCC (2007) memperlihatkan adanya pengaruh secara global perubahan iklim pada biologi dan sistem sosial. Peristiwa langka (fenomena) yang terjadi termasuk siang dan malam yang lebih hangat, peningkatan curah hujan,

peningkatan frekwensi badai, dan dampak beberapa wilayah akibat curah hujan rendah. Cuaca ekstrim meningkatkan risiko penyebaran penyakit menular termasuk diare, penyakit berbasis vektor (*vector borne diseases*). Beberapa penelitian telah dilakukan uji adanya hubungan antara variasi cuaca dan kejadian menular. Perubahan cuaca akibat El-Nino (ENSO) berpengaruh terhadap penyebaran penyakit berbasis vektor atau non vektor seperti malaria, demam berdarah, cholera, hantavirus (Anyamba dkk.,2006; Mc.Michael dkk.,2006).

Iklim di Indonesia telah menjadi lebih hangat selama abad 20. Suhu rata-rata tahunan telah meningkat sekiitar 0,3 °C sejak 1900 dengan suhu tahun 1990an

merupakan dekade terhangat dalam abad ini dan tahun 1998 merupakan tahun terhangat, hampir 1°C di atas rata-rata tahun 1961-1990. Peningkatan kehangatan ini terjadi dalam semua musim di tahun itu. Curah hujan tahunan telah turun sebesar 2 hingga 3 persen di wilayah Indonesia di abad ini dengan pengurangan tertinggi terjadi selama periode Desember- Februari, yang merupakan musim terbasah dalam setahun. Perubahan-perubahan terhadap nilai iklim rata-rata 1961-1990 untuk suhu dan curah hujan masing-masing adalah 25,5°C dan 2548 mm.

Perubahan iklim memiliki pengaruh besar terhadap penyakit yang ditularkan oleh vektor (*vektor borne disease*). Frekuensi timbulnya penyakit seperti malaria dan demam berdarah meningkat. Penduduk dengan kapasitas beradaptasi rendah akan semakin rentan terhadap diare, gizi buruk, serta berubahnya pola distribusi penyakit-penyakit yang ditularkan melalui berbagai serangga dan hewan. "Pemanasan global" juga memicu meningkatnya kasus penyakit tropis seperti malaria dan demam berdarah. Penduduk dengan kapasitas beradaptasi rendah akan semakin rentan terhadap diare, gizi buruk, serta berubahnya pola distribusi penyakit-penyakit yang ditularkan melalui berbagai serangga dan hewan. Faktor iklim berpengaruh terhadap risiko penularan penyakit tular vektor seperti demam berdarah dengue (DBD) dan malaria. Semakin tinggi curah hujan, kasus

DBD akan meningkat. suhu berhubungan negatif dengan kasus DBD, karena itu peningkatan suhu udara per minggu akan menurunkan kasus DBD. Perubahan cuaca memberikan pengaruh terbentuknya ekosistem yang stabil terhadap pertumbuhan vektor malaria (Dixon, 2010).

Hasil penelitian Direktorat Jendral P2PL, telah mengidentifikasi *Plasmodium knowlesi* sebagai vektor baru malaria (Kompas, 23 April 2011). Spesies ini sebelumnya dikenal hanya menjangkiti kera dan primata lain. Terdapat banyak hipotesis menyikapi perubahan tersebut. Dugaan paling kuat adalah terjadinya mutasi gen akibat perubahan iklim global yang berdampak pada perubahan iklim secara mikro.

Malaria merupakan penyakit menular yang memperlihatkan kecenderungan peningkatan morbiditas. Laporan WHO untuk penanggulangan Malaria, tahun 2009, menunjukkan prevalensi malaria merupakan sepuluh besar penyakit di Indonesia. Sebagai penyakit tropis, malaria merupakan penyakit endemis terutama untuk wilayah Indonesia bagian timur. Laporan tersebut menunjukkan *Annual Parasite Incidence* (API), yang merupakan perbandingan antara jumlah kasus dengan jumlah penduduk, mengalami peningkatan dari 0,21 per 1000 penduduk pada tahun 2000 menjadi 0,75 per 1000 penduduk pada tahun 2007. Angka API kembali mengalami peningkatan menjadi

0,95 per 1000 penduduk pada tahun 2008. *Parasite Rate* (PR) yang merupakan persentase penduduk darahnya mengandung parasit malaria, di luar Pulau Jawa dan

Pulau Bali yang semula sebesar 3,97% pada tahun 2007 mengalami peningkatan menjadi 4,78% pada tahun 2008 (Depkes RI, 2009)

Tabel A.1 Angka Kejadian Penyakit Malaria Tahun 2004-2010

No	Kabupaten	Jumlah Penderita Malaria (kasus)						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Jepara	183	149	59	63	-	27	64
2	Purworejo	735	284	421	523	440	245	309
3	Kab. Magelang	762	81	8	14	36	29	153
4	Cilacap	70	153	87	115	42	31	66
5	Wonosobo	1.051	558	139	147	163	74	131
6	Pekalongan	0	51	36	24	80	16	14
7	Purbalingga	213	165	63	115	19	144	971
8	Banjarnegara	692	209	336	204	209	360	797
9	Kebumen	507	370	366	253	93	124	185
10	Banyumas	232	238	159	95	180	127	556

Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Tengah, 2011

Faktor-faktor lingkungan (geofisik, klimatologis dan biogeografis) secara tidak langsung mempengaruhi dinamika penularan malaria, sehingga dengan melakukan pemantauan faktor-faktor geofisik, klimatologis, bio-geografis dan unsur lahan, akan diperoleh gambaran dinamika populasi, sebaran dan lokasi tempat perindukan nyamuk sebagai vektor (Mardihusodo, 1998). Faktor – faktor lingkungan dapat diproyeksikan dalam skala ruang dan waktu secara berturut-turut, berkala dan berkelanjutan, maka penularan

malaria dapat diramalkan dan dilakukan antisipasi.

Hasil penelitian di Kabupaten Purworejo terdapat 5 spesies *Anopheles* yaitu : *Anopheles aconitus*, *Anopheles barbirostris*, *Anopheles vagus*, *Anopheles kochi*, *Anopheles annularis*. Hasil penelitian Litbangkes (2010) menunjukan terjadi perkembangan perubahan vektor, dimana *Anopheles aconitus* dinyatakan sebagai vektor tunggal, saat ini terdapat 3 spesies lain yang telah berubah menjadi vektor. Ketida spesies tambahan tersebut adalah

Anopheles barbirostris, *Anopheles vagus*, *Anopheles annularis*.

Hasil pencatatan Dinas Kesehatan Kabupaten Purworejo, menunjukkan terjadinya fluktuasi kasus selama tahun 2005-2010 (Tabel A.1). Fluktuasi kasus malaria terjadi akibat akumulasi dari berbagai faktor yang menyebabkan interaksi antara nyamuk (vektor), parasit, lingkungan dan manusia mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Peningkatan kejadian malaria selain akibat perubahan iklim juga karena perubahan lingkungan, misalnya perubahan pemanfaatan lahan, perubahan perilaku, dan perubahan sosial ekonomi (Fahmi, 2007).

Secara topografi Kabupaten Purworejo merupakan daerah pesisir hingga pegunungan, terletak pada 3°23'20" - 4°9'35" Bujur Timur dan 5°43'30"- 6°47'44" Lintang Selatan. Kabupaten Purworejo secara bentanglahan memiliki wilayah dengan ketinggian 0 m dari permukaan air laut yaitu daerah pantai, dan daerah pegunungan pada lereng barat Pegunungan Muria dengan ketinggian pada puncak 1500 meter dari permukaan air laut.

Bentanglahan perbukitan Menoreh membentuk berbagai mintakat memberikan daya dukung terhadap kehidupan dan perkembangan nyamuk *Anopheles* sebagai vektor penyakit malaria, yang berbeda. Perbedaan tersebut terjadi baik pada badan air sebagai tempat perindukan (*breeding site*), lingkungan sebagai tempat istirahat

(*resting*) dan cuaca sebagai pendukung perkembangbiakan.

Cuaca di perbukitan Menoreh selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu terutama diakibatkan oleh perubahan arah angin. Seperti Wilayah Indonesia lainnya, Kabupaten Purworejo, dipengaruhi oleh angin pasat timur laut dan angin pasat tenggara. Kedua angin tersebut bersifat basah dan bersifat kering, yang terjadinya musim penghujan dan musim kemarau. Secara lokal arah angin dominan mengalami perubahan arah akibat adanya bentang Perbukitan Menoreh (Stasiun cuaca, Kabupaten Purworejo). Angin yang bertiup dari arah barat bersifat basah dan membawa uap air, sedangkan angin dari arah timur bersifat kering. Setiap musim memiliki unsur cuaca (suhu, kelembaban, curah hujan) yang merupakan faktor penghambat atau pendukung perkembangan vektor malaria. Dimungkinkan terdapat pengaruh perubahan unsur cuaca dengan fluktuasi kasus malaria di Kabupaten Purworejo.

Fluktuasi kasus malaria di Kabupaten Purworejo disamping terjadi dari tahun ke tahun ternyata juga terjadi dari bulan ke bulan. Puncak kasus malaria biasanya terjadi 2 periode yang mengalami pergeseran, yaitu antara Bulan Maret sampai Juli dan Bulan Agustus sampai Oktober (Dinas Kesehatan Kabupaten Purworejo, 2010). Puncak kasus tersebut bersamaan waktu dengan kepadatan vektor malaria. Kejadian dan kenyataan kasus

malaria di Kabupaten Purworejo yang mengikuti pola khusus tersebut, menjadi hal yang menarik untuk dikaji terutama untuk mengetahui kaitan antara karakteristik wilayah secara spasial dengan distribusi kasus malaria, dan hubungan perubahan cuaca dengan kasus malaria. Dugaan sementara terdapat faktor pembatas yang menjadi penghambat penyebaran malaria di suatu wilayah yang merupakan faktor determinan dari karakteristik wilayah, dimana hal tersebut menjadi masalah yang menarik untuk dilakukan kajian.

Fluktuasi secara spasial maupun temporal memberikan indikasi adanya wilayah yang memiliki kerentanan untuk penyebaran malaria. Malaria Vulnerability Index merupakan pendekatan baru untuk melakukan identifikasi dan mapping wilayah dan kerentanannya. Kerentanan setiap wilayah menjadi dasar dalam melakukan manajemen terhadap malaria.

B. KAJIAN PUSTAKA

B.1 Perubahan Iklim Global [1]

Gas Rumah kaca saat ini sedang terakumulasi di atmosfer pada kecepatan yang tidak pernah terjadi sebelumnya. Pertumbuhan kecepatan secara rutin konsentrasi CO₂ pada level paling tinggi dalam rentang 10 tahun terakhir, sepanjang dilakukan pengukuran kualitas udara atmosfer. Konsentrasi CO₂ di atmosfer saat ini yang terbesar pada konsentrasi secara alami selama kurun waktu 650.000

tahun. CO₂ merupakan komponen yang paling utama gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktifitas manusia, mencapai angka hampir 77%. Konsentrasi 3 gas rumah kaca utama yaitu CO₂, CH₄ dan NO₂ mencapai level tertinggi untuk rentang 10.000 tahun dan memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan iklim. Pada 12 tahun terakhir (1996-2006), menunjukkan 11 diantara 12 merupakan tahun paling panas sejak tahun 1850 ketika alat pencatat mulai dioperasikan. Selama kurun waktu 100 tahun (1906-2005), temperatur global permukaan bumi telah mengalami peningkatan 0,74°C, dengan interval ketidakpastian 0,56-0,92, dimana suhu daratan lebih tinggi dari pada lautan. Tentu saja iklim akan masih berubah, dimana NOAA memprediksi terjadi La-Nina dan El-Nino. Gambar 1 menunjukkan kecenderungan perubahan suhu, peningkatan muka air laut dan penurunan luas tutupan es.

Perubahan lain yang signifikan adalah penurunan intensitas curah hujan sejak tahun 1900 – 2005 di Sahel, Mediterania, Afrika Utara. IPCC menyimpulkan bahwa peningkatan kekeringan sebagai dampak peningkatan suhu dan pengurangan intensitas hujan memberikan pengaruh terhadap

perubahan. Kondisi kontras terjadi di Amerika Utara dan Amerika Selatan, Eropa utara dan Asia Tengah, dimana curah hujan mengalami peningkatan.

B.2 Perubahan Cuaca Ekstrim Cuaca di Bumi [1,2]

Suhu di Bumi dipengaruhi oleh adanya radiasi sinar matahari. Permukaan matahari yang memiliki suhu sekitar 6000 °C. Sinar matahari sampai ke bumi, berbentuk 3 yaitu sinar ultraviolet (0,2-0,4 μm), cahaya matahari yang nampak (0,4-0,7 μm) dan gelombang pendek inframerah (0,7-3 μm). Ultraviolet sebagai besar akan terserap molekul gas di atmosfer, sedangkan sinar matahari (merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu), dan sinar infra merah akan menembus sampai ke permukaan bumi. Energi yang dipancarkan oleh matahari, dihasilkan oleh reaksi nuklir dari hidrogen menjadi helium dan suhu tinggi, berlangsung relatif konstan sebesar 1400 watt/m² (Strahler, 1997).

Unsur iklim yang sering dan menarik untuk dikaji di Indonesia adalah curah hujan, karena tidak semua wilayah Indonesia mempunyai pola hujan yang sama. Diantaranya ada yang mempunyai pola musonal, ekuatorial dan lokal. Pola hujan tersebut dapat diuraikan berdasarkan pola masing-masing. Distribusi hujan bulanan dengan pola monsun adalah

adanya satu kali hujan minimum. Hujan minimum terjadi saat monsun timur sedangkan saat monsun barat terjadi hujan yang berlimpah. Monsun timur terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus yaitu saat matahari berada di garis balik utara. Oleh karena matahari berada di garis balik utara maka udara di atas benua Asia mengalami pemanasan yang intensif sehingga Asia mengalami tekanan rendah. Berkebalikan dengan kondisi tersebut di belahan selatan tidak mengalami pemanasan intensif sehingga udara di atas benua Australia mengalami tekanan tinggi. Akibat perbedaan tekanan di kedua benua tersebut maka angin bertiup dari tekanan tinggi (Australia) ke tekanan rendah (Asia) yaitu udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek sehingga uap air yang dibawanyaupun sedikit.

Dapat diamati bahwa hujan maksimum terjadi antara bulan Desember, Januari dan Februari. Pada kondisi ini matahari berada di garis balik selatan sehingga udara di atas Australia mengalami tekanan rendah sedangkan di Asia mengalami tekanan tinggi. Akibat dari hal ini udara bergerak di atas laut dengan jarak yang cukup jauh sehingga arus udara mampu membawa uap air yang banyak (monsun barat atau barat laut). Akibat dari hal ini wilayah yang

dilalui oleh monsun barat akan mengalami hujan yang tinggi. Atas dasar sebab terjadinya angin monsun barat ataupun timur yang mempengaruhi terbentuknya pola hujan muson di beberapa wilayah Indonesia dapat dikatakan wilayah yang terkena relatif tetap selama posisi pergeseran semu matahari juga tetap. Namun, perubahan diperkirakan akan terjadi terhadap jumlah, intensitas dan durasi hujannya. Untuk mempelajari hal ini diperlukan data curah hujan dalam seri yang panjang. Kaimuddin (2000) dengan analisa spasial bahwa curah hujan rata-rata tahunan kebanyakan di daerah selatan adalah berkurang atau menurun sedangkan dibagian Utara adalah bertambah.

B.3 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan

Frekuensi timbulnya penyakit seperti malaria dan demam berdarah meningkat. Penduduk dengan kapasitas beradaptasi rendah akan semakin rentan terhadap diare, gizi buruk, serta berubahnya pola distribusi penyakit-penyakit yang ditularkan melalui berbagai serangga dan hewan. "Pemanasan global" juga memicu meningkatnya kasus penyakit tropis seperti malaria dan demam berdarah. Penduduk dengan kapasitas beradaptasi rendah akan semakin rentan terhadap diare, gizi buruk, serta

berubahnya pola distribusi penyakit-penyakit yang ditularkan melalui berbagai serangga dan hewan. Faktor iklim berpengaruh terhadap risiko penularan penyakit tular vektor seperti demam berdarah dengue (DBD) dan malaria. Semakin tinggi curah hujan, kasus DBD akan meningkat. suhu berhubungan negatif dengan kasus DBD, karena itu peningkatan suhu udara per minggu akan menurunkan kasus DBD. Penderita alergi dan asma akan meningkat secara signifikan. Gelombang panas yang melanda Eropa tahun 2005 meningkatkan angka "heat stroke" (serangan panas kuat) yang mematikan, infeksi salmonela, dan "hay fever" (demam akibat alergi rumput kering).

B.4 Iklim di Indonesia

Cuaca merupakan keadaan atmosfer pada suatu saat, sedangkan Iklim merupakan rata-rata cuaca pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu. Secara global iklim di dunia dikelompokkan berdasarkan iklim matahari sebagai : 1. Daerah Iklim Tropis (23,5 LU – 23,3 LS); 2. Daerah Iklim Sedang Utara (23,5 – 66,5 LU); 3. Daerah Iklim Sedang Selatan (23,5 – 66,5 LS); 4. Daerah Kutub Utara (66,5 – 90 LU); 5. Daerah Kutub Selatan (66,5-90 LS). Sementara Koppen membagi iklim dunia sebagai : 1. Iklim Katulistiwa

(suhu bulanan rata-rata $>18^{\circ}\text{C}$, suhu 20°C - 25°C), curah hujan setahun 60mm. Dibagi menjadi Iklim Hujan Tropik dan Iklim Sabana; 2. Iklim Kering, dibagi menjadi BS : Iklim Steppa, Bw (Iklim gurun); 3. Iklim Sedang (laut), dibagi menjadi Cs (dengan musim panas kering), Cw (musim dingin yang kering), Cf (hujan dalam semua bulan); 4. Iklim Sedang (darat), Dw (dengan musim dingin kering), Df (dengan musim dingin yang lembab); 5. Iklim dingin atau salju, dibagi menjadi ET: iklim tundra, EF (iklim salju, es abadi).

Indonesia mempunyai karakteristik khusus, baik dilihat dari posisi, maupun keberadaannya, sehingga mempunyai karakteristik iklim yang spesifik. Di Indonesia terdapat tiga jenis iklim yang mempengaruhi iklim di Indonesia, yaitu iklim musim (muson), iklim tropika (iklim panas), dan iklim laut.

1. Iklim Musim (Iklim Muson)

Iklim jenis ini sangat dipengaruhi oleh angin musiman yang berubah-ubah setiap periode tertentu. Biasanya satu periode perubahan angin muson adalah 6 bulan. Iklim musim terdiri dari 2 jenis, yaitu Angin musim barat daya (Muson Barat) dan Angin musim timur laut (Muson Timur). Angin muson barat bertiup sekitar

bulan Oktober hingga April yang basah sehingga membawa musim hujan/penghujan. Angin muson timur bertiup sekitar bulan April hingga bulan Oktober yang sifatnya kering yang mengakibatkan wilayah Indonesia mengalami musim kering/kemarau.

2. Iklim Tropis/Tropika (Iklim Panas)

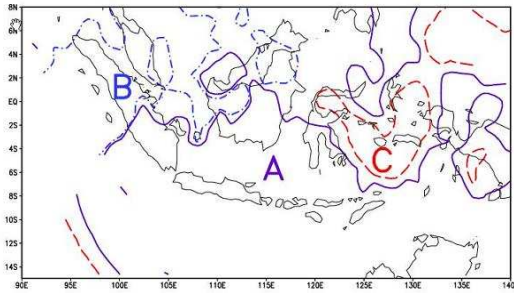
Wilayah yang berada di sekitar garis khatulistiwa otomatis akan mengalami iklim tropis yang bersifat panas dan hanya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Umumnya wilayah Asia tenggara memiliki iklim tropis, sedangkan negara Eropa dan Amerika Utara mengalami iklim subtropis. Iklim tropis bersifat panas sehingga wilayah Indonesia panas yang mengundang banyak curah hujan atau Hujan Naik Tropika.

3. Iklim Laut

Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah laut mengakibatkan penguapan air laut menjadi udara yang lembab dan curah hujan yang tinggi.

Edvin Aldrian (2003), membagi Indonesia terbagi menjadi 3 (tiga) daerah iklim, yaitu daerah Selatan

A, daerah Utara – Barat B dan daerah Moluccan C, sebagai mana dituangkan pada gambar 1.



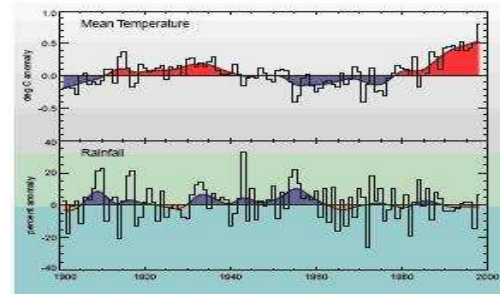
Gambar 1 : Tiga daerah iklim menggunakan metoda korelasi ganda, yang membagi Indonesia menjadi daerah A (garis tegas), daerah monsun selatan; daerah B (titik garis putus-putus), daerah semi-monsun; dan daerah C (garis putus-putus), daerah anti monsun.

Wilayah Indonesia terletak di daerah tropis yang dilintasi oleh garis Khatulistiwa, sehingga dalam setahun matahari melintasi ekuator sebanyak dua kali. Matahari tepat berada di ekuator setiap tanggal 23 Maret dan 22 September. Sekitar April-September, matahari berada di utara ekuator dan pada Oktober-Maret matahari berada di selatan. Pergeseran posisi matahari setiap tahunnya menyebabkan sebagian besar wilayah Indonesia mempunyai dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pada saat matahari berada di utara ekuator,

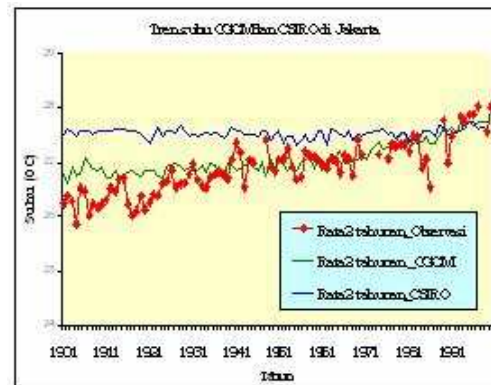
sebagian wilayah Indonesia mengalami musim kemarau, sedangkan saat matahari ada di selatan, sebagian besar wilayah Indonesia mengalami musim penghujan.

B.5 Perubahan Iklim di Indonesia

Perubahan iklim merupakan sesuatu yang sulit untuk dihindari dan memberikan dampak terhadap berbagai segi kehidupan. Dampak ekstrem dari perubahan iklim terutama



adalah terjadinya kenaikan temperatur serta pergeseran musim. Kenaikan temperatur menyebabkan es dan gletser di Kutub Utara dan Selatan mencair. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya pemuain massa air laut dan



kenaikan permukaan air laut. Hal ini akan menurunkan produksi tambak ikan dan udang serta mengancam kehidupan masyarakat pesisir pantai

Iklim di Indonesia telah menjadi lebih hangat selama abad 20. Suhu rata-rata tahunan telah meningkat sekitar 0,3 °C sejak 1900 dengan suhu tahun 1990an merupakan dekade terhangat dalam abad ini dan tahun 1998 merupakan tahun terhangat, hampir 1oC di atas rata-rata tahun 1961-1990. Peningkatan kehangatan ini terjadi dalam semua musim di tahun itu. Curah hujan tahunan telah turun sebesar 2 hingga 3 persen di wilayah Indonesia di abad ini dengan pengurangan tertinggi terjadi selama periode Desember- Februari, yang merupakan musim terbasah dalam setahun. Curah hujan di beberapa bagian di Indonesia dipengaruhi kuat oleh kejadian El Nino dan kekeringan umumnya telah terjadi selama kejadian El Nino terakhir dalam tahun 1982/1983, 1986/1987 dan 1997/1998

Hasil yang berbeda pada perubahan musim atas Indonesia yang diungkapkan oleh dua model yang berbeda, Hadcm3 (Hadley Pusat Iklim, UK) dan GISS-ER (Goddard Institut untuk Space/ Studies, NASA- AS) (Wenhong Li, 2006 dalam Canadell et al., 2006) gambar 4. Dari hasil Syahbuddin dkk (2007) dengan

menggunakan model ARPEGE (*Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle*) Climat versi 3.0. berdasarkan simulasi zonasi curah hujan untuk periode 1950-1979 dan periode 2010-2039. diperkirakan akan terjadi peningkatan curah hujan di wilayah Indonesia pada tahun 2010-2039 yang ditandai dengan anomali positif zona konveksi dan peningkatan temperatur seperti yang tercantum pada gambar 5 dibawah ini.

B.6 Variabilitas Iklim, Perubahan Iklim dan Kesehatan [1]

Sudah diketahui sejak ribuan tahun yang lalu, bahkan sejak jaman Hipocrates, penyimpangan iklim (*variation*) dapat mempengaruhi kesehatan. Secara parsial melalui perubahan suhu dan curah hujan, berpengaruh terhadap kelembaban. Dampak rentang perubahan terhadap kesehatan telah menjadi perhatian secara intensif (IPCC, 2007b). Ada beberapa pendekatan untuk mengkaji potensi dampak kesehatan dari perubahan iklim. Termasuk mengkaji sebagai berikut : 1.hubungan antara penyimpangan iklim dan penyakit; 2. Asosiasi antara kecenderungan penyimpangan iklim dengan epidemiologi penyakit; 3. Response species vektor terhadap perubahan suhu dan curah hujan. Termasuk dalam kajian tersebut adalah Modeling

pengaruh yang akan datang dari perubahan iklim dan kesehatan.

Terdapat interaksi antara perubahan iklim dan perubahan lingkungan lain, seperti pembukaan hutan, peningkatan pergerakan orang secara global, peningkatan pergerakan penduduk secara lokal, penurunan sumber air pada beberapa wilayah. Sebagai contoh pembabatan hutan mungkin akan merubah penyebaran vektor penyakit sebanding kontribusinya terhadap perubahan iklim, dan perpindahan penduduk ke lahan hutan akan meningkatkan potensi terjadinya beberapa penyakit. Hasil penelitian di Peruvian menyebutkan batas penyebaran vektor malaria *Anopheles* menjadi duaratus kali lebih tinggi setelah adanya pembabatan hutan. Pembabatan hutan memberikan peningkatan risiko di Amerika akan tetapi menurunkan risiko di Asia.

B.7 Penyimpangan Iklim dan Dampaknya Terhadap Vektor [3]

Iklim merupakan rata-rata parameter meteorologi, termasuk didalamnya suhu dan variabel lain yang menggambarkan rata-rata nilai parameter pada wilayah tertentu. Penyimpangan iklim diartikan sebagai penyimpangan (*deviasi*) dari rata-rata data dalam rentang panjang dalam skala hari dalam satu tahun. Pengamatan yang hati-hati

penyimpangan iklim dan mengetahui dampaknya terhadap dinamika ekosistem memberikan informasi yang penting sebagai alat untuk melakukan prediksi penularan penyakit berbasis vektor (*Vector Borne Diseases*). Model dengan beberapa parameter iklim memungkinkan melakukan prediksi kondisi hidrologi yang berhubungan dengan kejadian luar biasa penyakit berbasis vektor. Model ini sedikit digunakan untuk vektor yang berbasis pada lingkungan permukiman (breeding di sekitar manusia). Penggunaan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dapat memanfaatkan remote sensing, untuk mengganti perubahan faktor populasi biotik. Model sensor di tanah dan satelit dapat digunakan untuk melakukan pengamatan (evaporasi, transpirasi, aliran uap, kelembaban tanah), carbon, penyerapan nutrien. Pada setiap resolusi spasial dapat menggunakan satelit MODIS (Moderate Resolution Spectroradiometer) atau IKONOS.

Rata-rata cuaca dapat dihasilkan, deviasi penyimpangan dapat dilakukan dalam beberapa skala. Perubahan dalam satu minggu dari cuaca dapat diprediksikan untuk hari dalam satu minggu, atau perubahan cuaca yang memebrikan dampak langsung

terhadap perkembangan dan dinamika vektor.

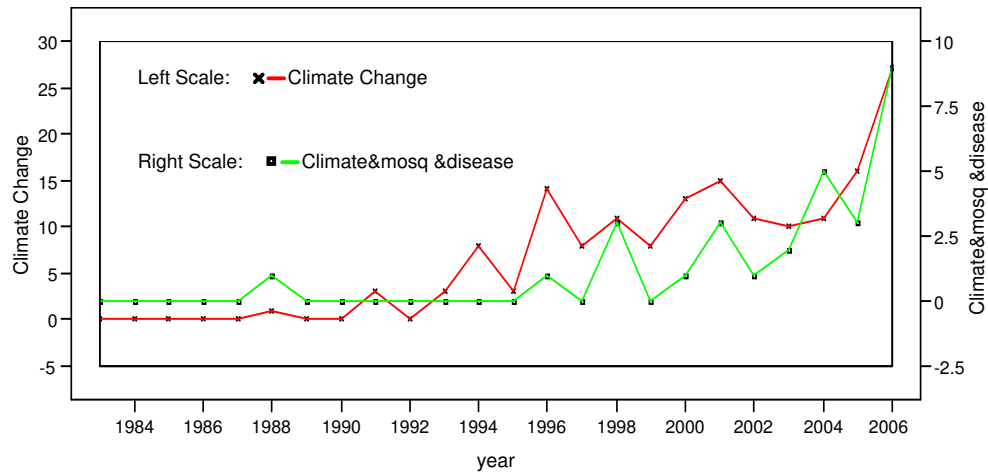
Dampak Penyimpangan Iklim pada Vektor

Vektor dan patogen merupakan permasalahan utama penyimpangan iklim karena, Iklim berpengaruh langsung terhadap ukuran dan dinamika vektor. Hal tersebut juga disebabkan kecepatan perkembangan pathogen mengalami perubahan secara langsung oleh pengaruh suhu udara ambien selama proses infeksi dari vektor poikilothermic (organisme yang tidak mampu mengendalikan suhu badanya oleh pengaruh ambien). Hal ini juga berpengaruh terhadap nyamuk *encephalitides* pada suhu akibat letak lintang, dimana suhu dipengaruhi oleh penyimpangan durasi musim. Variasi iklim juga berpengaruh secara tidak langsung terhadap ukuran, dan struktur umur dari burung sebagai salah satu pengendali akibat ketersediaan sumber makananya.

Sebaliknya dampak iklim terhadap populasi nyamuk adalah dampak cepat dan langsung. Beberapa vektor nyamuk menggunakan akumulasi air permukaan untuk

berkembangnya larva ditentukan oleh curah hujan. Untuk spesies rural seperti *Culex tarsalis*, waktu dan ukuran populasi puncak nyamuk dewasa tergantung musim, juga tergantung pencairan salju dan El-Nino.

Suhu yang hangat meningkatkan kecepatan pertumbuhan populasi nyamuk, menurunkan daya tahan nyamuk dewasa, dan meningkatkan frekuensi konsumsi darah untuk siklus hidupnya. Suhu juga memberikan pengaruh positif terhadap encephalitis (lokalisasi kondisi fisik) virus berkembang pada vektor nyamuk. Plasmodium sebagai contoh, dipengaruhi oleh suhu ambien dalam berkembang. Waktu inkubasi secara langsung berhubungan dengan suhu udara ambien, dapat dijelaskan dengan *Degree Day Model*. Inti kekuatan sering membentuk pola tergantung angin dalam penularan selama masa kejadian luar biasa, seiring dengan penyebaran musim dalam suatu wilayah.



Terjadinya Mutasi Agen Penyakit [8]

Mutasi adalah perubahan sifat, bentuk, dan karakter dari galur aslinya. Terdapat beberapa faktor yang mampu merubah turunan dari galur aslinya yaitu pengaruh radiaktif, pengaruh bahan kimia beracun, pengaruh suhu dan kelembaban ekstrim. Mutasi lebih mudah terjadi pada hewan bersel satu, mikroorganisme atau virus, dibandingkan dengan hewan bersel banyak. Hasil penelitian Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2011 menunjukkan adanya penyimpangan terhadap agen penyakit malaria. Plasmodium knowlesi pernah ditemukan sebagai penyebab malaria pada kera di Malaysia. Hasil penelitian terbaru (2011) ternyata Plasmodium knowlesi tersebut sebagai penyebab

malaria pada manusia. Perubahan sifat Plasmodium ini merupakan salah satu fakta terjadinya terjadinya mutasi pada agen penyebab malaria.

B.8 Malaria Sebagai Bencana Tingkatan Bahaya Malaria

Bencana (*disaster*) merupakan kejadian tiba-tiba atau malapetaka secara alami yang menyebabkan bahaya besar atau kehilangan harta, benda, nyawa. Bencana juga dapat diartikan sebagai kenyataan/peristiwa penting penyebab kehancuran/keruntuhan/kerusakan atau kegagalan. Sedangkan hazard adalah potensi bahaya yang mungkin terjadi. Dalam manajemen Malaria dikenal beberapa istilah yaitu : 1. Kejadian Luar Biasa (KLB); 2. Wabah Malaria. **Wabah** adalah berjangkitnya suatu penyakit menular dalam masyarakat yang

jumlah penderitanya meningkat secara nyata melebihi dari pada keadaan yang lazim pada waktu dan daerah tertentu serta dapat menimbulkan malapetaka. Menteri menetapkan dan mencabut daerah tertentu dalam wilayah Indonesia yang terjangkau wabah sebagai daerah wabah. **Kejadian Luar Biasa (KLB)** adalah timbulnya atau meningkatnya kejadian kesakitan dan atau kematian yang bermakna secara epidemiologis pada suatu daerah dalam kurun waktu tertentu.

Melihat pengertian tersebut maka kecenderungan disebut sebagai bencana apabila memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Kejadian berlangsung secara tiba-tiba
2. Sumber dapat berasal dari kegiatan alam atau akibat aktifitas manusia
3. Memberikan dampak kepada kehidupan manusia
4. Memiliki ukuran intensitas dan besaran tertentu

Penyakit malaria memiliki karakteristik sesuai dengan pola penyebaran yang terjadi. Karakteristik malaria adalah sebagai berikut :

1. Mencakup luasan penyebaran yang luas (hampir seluruh wilayah Indonesia), bahkan hampir daerah tropis di dunia

2. Kejadian secara intermitten (annual) hampir setiap tahun
3. Bersumber dari siklus alami, biasanya tergantung vektor
4. Terdapat ukuran dan besaran

Memperhatikan batasan tersebut malaria pada umumnya mencapai tataran Kejadian Luar Biasa (KLB), karena luasan kejadian yang relatif sempit. Seiring dengan banyak perubahan lingkungan akibat perubahan iklim global (*Climate Change*) maka tidak menutup kemungkinan terjadi ledakan kasus malaria yang termasuk kategori bencana.

Kejadian malaria dipengaruhi oleh beberapa hal yang berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor langsung adalah faktor yang berpengaruh secara langsung hingga timbulnya penyakit malaria. Faktor tersebut disebut sebagai kapasitas vektorial, yaitu rerata jumlah orang yang secara efektif mampu digigit dan ditulari parasit malaria (*sporozoit*) oleh seekor nyamuk *Anopheles* per satuan waktu (12 jam penuh/satu malam) dari satu orang manusia sumber penyakit malaria.

Secara matematis dirumuskan sebagai berikut (Garret-Jones & Shidrawi, 1969).

$$C=(ma)(x)[p^n/-\ln p]... \dots(1)$$

Keterangan :

- C = kapasitas vektorial
- m = kepadatan nyamuk per orang per jam.
- a = jumlah orang digigit seekor nyamuk per hari atau per malam.
- X = proporsi penduduk yang positif untuk parasit malaria.
- p = probabilitas seekor nyamuk tetap hidup dalam masa 1 hari.
- n = lamanya daur sporogonik.

Sementara untuk peramalan kejadian luar biasa suatu penyakit malaria, diperhitungkan dari faktor langsung dan faktor tidak langsung, yang dinyatakan dalam *Entomological Inoculation Rate* (EIR), yang dirumuskan sebagai berikut. (Onori and Grab, 1980 dalam Mardihusodo, 1999).

$$h'=[m a^2 .g.x.p^n]/[a.g.x-\ln p]... \dots(2)$$

keterangan :

- h' = Entomological Inoculation Rate (EIR)
- g = Proporsi penduduk yang positif untuk gamatosit.
- (m, a,x,p,dan n dalam formula (1)).

No	Faktor Langsung	Faktor Tidak Langsung
1.	Angka menggigit nyamuk pada manusia (m.a)	curah hujan, kekeringan, sumber air, perubahan perilaku menggigit nyamuk
2.	Angka pembawa gametosit (g.x)	Importasi parasit malaria lewat perpindahan penduduk dan migrasi penduduk yang tidak imun
3.	Lama daur sporogonik (n)	suhu udara, kelembaban udara
4.	Angka mampu hidup harian dari vektor (p)	suhu udara, kelembaban

B.9 Malaria Sebagai Risiko Bencana

Risiko adalah kemungkinan bahwa sesuatu yang tidak terduga akan terjadi (*the possibility that something unpleasant will happen*). Juga

diartikan sebagai situasi yang melibatkan pajanan/keadaan yang menyebabkan bahaya. Resiko merupakan faktor dari adanya bahaya (*hazard*), keadaan (*exposure*), dan

kehandalan (*vulnerability*). Antar ketiga komponen tersebut saling memberikan kontribusi untuk membentuk kondisi dimana kawasan/wilayah memiliki resiko tinggi munculnya kasus malaria.

Hazard Malaria

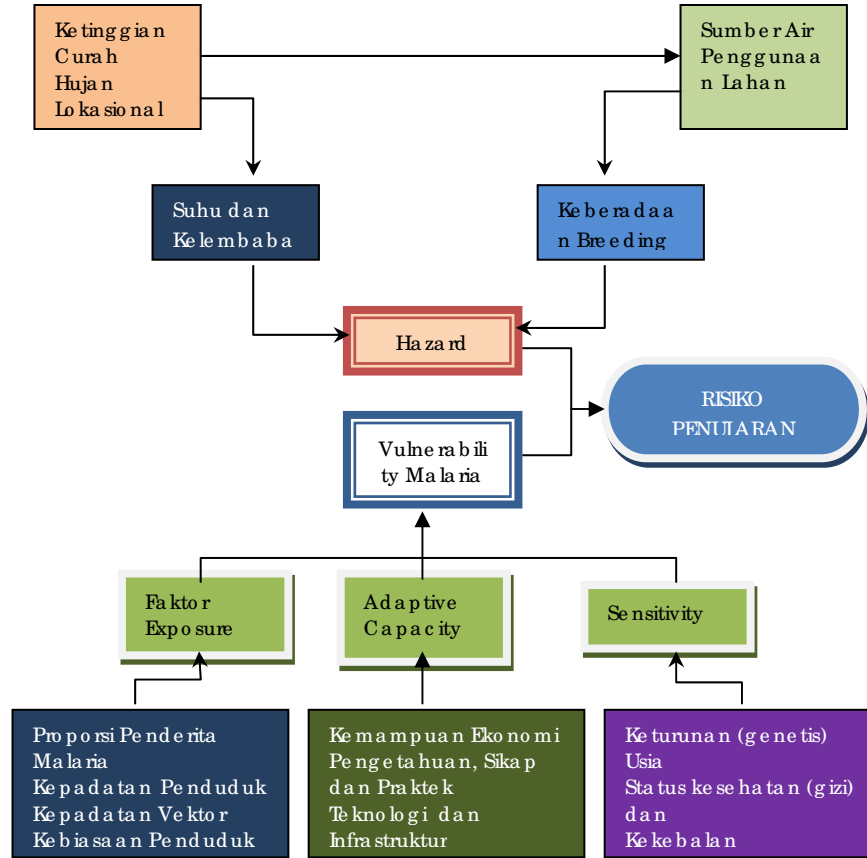
Hazard untuk malaria adalah meledaknya popuasi vektor malaria akibat terbentuknya habitat yang sesuai untuk tumbuh dan berkembangnya vektor. Hazard merupakan faktor lingkungan yang memiliki kontribusi besar terhadap meningkatnya faktor langsung terjadinya malaria.

Beberapa faktor sebagai pendukung munculnya hazard malaria adalah sebagai berikut:

a) Kesesuaian Suhu dan Kelembaban

Suhu dan kelembaban udara merupakan faktor utama terhadap terbentuknya lingkungan yang sangat sesuai untuk tumbuh dan berkembangnya vektor malaria. Suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap lama daur sporogonik, usia nyamuk (*longevity*), keaktifan menggigit. Suhu dan kelembaban udara dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya :

1. Ketinggian Tempat
2. Lokasional
3. Jumlah hari hujan



Gambar : Bagan Skema Faktor Risiko Terhadap Penyebaran Malaria

b) Tersedianya Tempat Biakan

Tempat biakan merupakan faktor pendukung munculnya bahaya malaria (hazard). Tempat biakan untuk setiap spesies Anopheles berbeda beda. Keberadaan sumber air dan kualitasnya merupakan salah faktor terbentuknya tempat biakan. Faktor pendukung tempat biakan antara lain sebagai berikut :

1. Keberadaan Sumber Air
2. Penggunaan lahan
3. Normalized Defference Vegetaion Index (NDVI)

Vulnerability (Kehandalan)

Vulnerability (kehandalan) merupakan tingkat keadaan lingkungan / orang untuk bertahan dari bahaya. Vulnerability terdiri dari 3 komponen yaitu berkaitan dengan keadaan/paparan (*exposure*), kemampuan menyesuaikan diri (*adaptive capacity*) dan kepekaan (*sensitifity*).

Beberapa faktor sebagai pendukung besarnya vulnerability malaria adalah sebagai berikut:

1. Adaptive Capacity (kemampuan adaptasi)

Merupakan kemampuan orang untuk melakukan adaptasi terhadap ancaman

malaria. Adaptive capacity merupakan fungsi dari sosial ekonomi, teknologi, dan ketersediaan infrastruktur. Kemampuan adaptasi sangat tergantung dari : a. kemampuan ekonomi; b. pengetahuan, sikap dan praktek menghindari diri; Semakin tinggi kemampuan melakukan adaptasi akan memperkecil resiko penularan malaria; c. teknologi yang tersedia; d. infrastruktur.

2. **Exposure (keadaan/pajanan)**

Merupakan besarnya lingkungan sekitar yang memberikan resiko untuk tertularnya malaria. Exposure (keadaan) lingkungan yang mendukung penyebaran malaria antara lain : a. banyaknya penderita malaria; b. kepadatan nyamuk; c. kepadatan penduduk; d. kebiasaan penduduk.

3. **Sensitivity (kepekaan)**

Kepekaan adalah daya tahan fisik orang/lingkungan menerima pajanan/keadaan (exposure) hingga mengaami perubahan (menderita) sakit malaria. Faktor yang berpengaruh terhadap kepekaan seseorang/lingkungan adalah sebagai berikut : a. keturunan (genetis); b. usia ; c. status kesehatan/gizi; d. imunisasi

B.10 Malaria Vulnerability Index (MVI)

MVI merupakan metode untuk menentukan tingkat kehadiran wilayah dan penduduk dan lingkungan

untuk potensi penyebaran malaria. MVI menggabungkan antara informasi terjadinya Hazard dan Vulnerability pada suatu wilayah.

MVI : f (Hazard x Vulnerability)

Hazar : f (suhu/kelembaban x keberadaan breeding place)

Vulnerability : f (eksposure x sensitifity x adaptive capacity)

MVI = f ((t * Bp) x (e * s * Ac))

Dimana

t : Suhu dan Kelembaban pada wilayah tertentu

Bp : Keberadaan Breeding Place pada wilayah

e : Besarnya exposure

s : Sensitivity

Ac : Adaptive Capacity

MVI merupakan indikator potensi suatu wilayah untuk penyebaran malaria

C. METODE

Bahan penelitian adalah sampel air tempat perindukan, nyamuk Anopheles, hasil pengukuran kualitas udara dan peta tematik sebagai pendukung penelitian disertasi. Sampel diambil untuk setiap bulan selama kurun waktu 6 bulan dipilih untuk keterwakilan saat musim kemarau dan musim penghujan. Peta penunjang yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah peta dasar dengan 1:25.000.

Peralatan yang akan digunakan untuk penelitian dilapangan ditabelkan sebagai berikut : 1. Kualitas Air Tempat Perindukan Salinitas, pH (EC-Meter); kekeruhan (Turbidity meter); 2. Unsur Cuaca : Suhu Udara (Thermohyrometer) ; Kelembaban Udara (Thermohyrometer); Curah Hujan (Penakar Curah Hujan); Intensitas Pencahayaan (Lux meter) ; 3. kepadatan Vektor (MBR, MHD; Aspirator); Jenis Nyamuk ; 4. Peta Satuan Lahan.

Alisis tingkat resiko kemelimpahan vektor malaria dilakukan dengan menggunakan pendekatan manajemen resiko. Resiko kemelimpahan vektor merupakan fungsi dari *hazard* (bahaya), *vulnerability* (kepekaan). *Vulnerability* (kepekaan) merupakan fungsi dari *exposure* (paparan), *sensitivity* (kepekaan) dan *adaptive capacity* (penyesuaian diri). Setiap wilayah memiliki indek sesuai dengan hasil penelitian.

Hazard Malaria

Analisis Hazard

Kabupaten Purworejo memiliki karakteristik wilayah dengan tingkat kerentanan yang berbeda untuk setiap wilayah kecamatan. Hazard adalah ancaman setiap wilayah yang bersumber dari kedaan lingkungan, sebagai habitat vektor malaria. Terdapat 2 komponen lingkungan sebagai hazard yaitu

temperatur wilayah sebagai pengendali vektor dan keberadaan tempat biakan (*breeding place*) sebagai sumber kontribusi kepadatan vektor. Tingkat bahaya untuk setiap wilayah kecamatan berbeda-beda, sehingga dilakukan pembuatan skala 1-3, untuk menggambarkan besarnya hazard. Skala 1 memberikan gambaran bahwa hazard pada wilayah tersebut rendah, skala 2 potensi hazard moderate, sedangkan skala 3 memberikan gambaran besarnya hazard tinggi.

Vulnerability

Vulnerability setiap kecamatan di Kabupaten Purworejo menggambarkan besarnya tingkat kerentanan digambarkan dalam 3 komponen yaitu *exposure*, *sensitivity* dan *adaptive capacity*. Exposure terdiri dari 4 komponen yaitu : 1.banyaknya penderita malaria sebagai sumber penularan; 2.kepadatan vektor; 3. kepadatan penduduk; 4. kebiasaan keluar rumah malam hari. Sensitivity dikelompokan dalam 3 komponen yaitu keturunan, usia dan status gizi masyarakat. Sedangkan Adaptive capacity adalah karakteristik masyarakat mencakup sebagai berikut :1. sosial ekonomi; 2.rekayasa teknologi; 3. pengetahuan masyarakat; 4.keberadaan infrastruktur. Hasil identifikasi dilakukan konversi dalam skala tingkat kerentanan setiap wilayah. Skala dibuat

dalam rentang 1-5, skala 1 merupakan kerentanan sangat rendah hingga skala 5 merupakan kerentanan sangat tinggi.

Malaria Vulnerability Index (MLI)

Malaria Vulnerability Index (MLI) dilakukan perhitungan dengan mengalikan besarnya hazard dan vulnerability untuk setiap wilayah kecamatan. Wilayah kecamatan yang telah dilakukan identifikasi memberikan gambaran besarnya faktor risiko terhadap penyebaran malaria. Hasil simulasi menunjukkan terdapat 4 wilayah kecamatan yang memiliki faktor risiko tinggi, sedangkan 3 wilayah kecamatan memiliki faktor risiko sangat tinggi.

D. DATA DAN ANALISIS

Data kualitas lingkungan dilakukan identifikasi dan konversi menjadi index sebagai dasar dalam analisis setiap wilayah dengan risiko yang dimiliki.

1. Data dan Analisis Hazard

a) Temperature

Suhu hasil pengukuran data primer dilakukan dengan menggunakan thermohygrometer Data beberapa wilayah kecamatan memiliki suhu udara yang kurang sejuk dengan

indeks 3 terdiri dari kecamatan Begelen, Kemiri, Bruno, Gebang, Loano dan Bener.

b) Breeding Place

Keberadaan tempat biakan, merupakan faktor lain untuk komponen hazard. Komponen tersebut menunjang sebagai munculnya vektor, karena ketersediaan tempat biakan. Beberapa kecamatan dengan potensi tempat biakan tinggi adalah sebagai berikut : Gebang, Ngombol, Purwodadi, Begelen, Pituruh Kemiri Bruno, Gebang, Loano, Bener.

2. Data dan Analisis Vulnerability

a) Exposure

Merupakan data paparan untuk mendorong penyebaran malaria, terdiri dari : banyaknya penderita malaria; kepadatan penduduk; kebiasaan keluar rumah; dan kepadatan vektor. Kecamatan Begelen, Pituruh Kemiri Bruno, Gebang, Loano, Bener, merupakan wilayah dengan paparan potensial untuk penyebaran malaria.

TABEL D+D21.1
MALARIA VULNERABILITY INDEX (MVI)
PURWOREJO DISTRIK - 2011

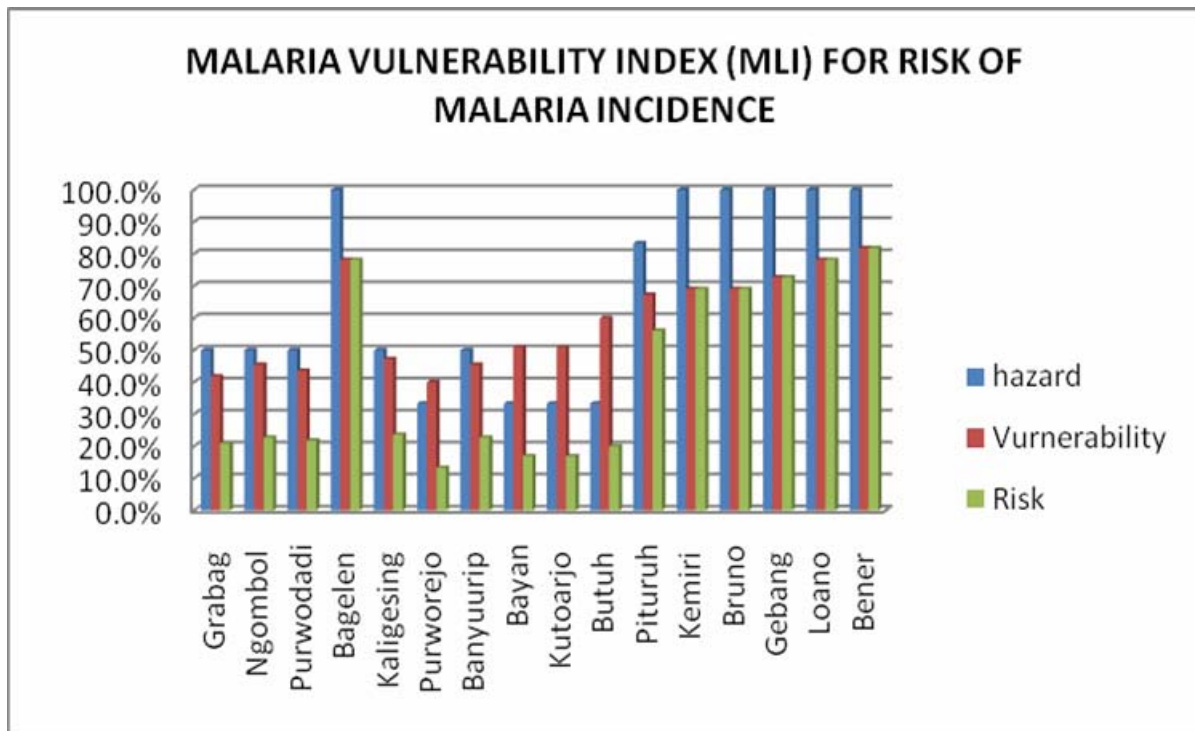
No	Sub District	Population	Hazard		Exposure						Vulnerability						Total of Vulnerability	MU (Malaria Vulnerability Index)	RISK OF MALARIA (0-100%)	Remark			
			Temperature	Breeding Place	Malaria Case	Vector Density	Population Density	Outdoor activity	Genetik	Age	Gizi Status	Social Economic	Technology	Knowledge	Infrastructure	Adaptive Capacity							
																					Frekwensi	Frekwensi	Frekwensi
1	Grabag	51,653	1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	5	5	1	2	23	69	21%	Low
2	Ngombol	37,303	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	5	5	2	2	25	75	23%	Low
3	Purwodadi	41,350	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	5	5	1	2	24	72	22%	Low
4	Bagelen	35,966	3	3	6	5	5	3	5	2	4	4	5	2	3	5	5	2	3	43	258	78%	High
5	Kaligesing	35,885	2	1	3	1	1	3	2	2	2	2	2	1	2	5	5	2	2	26	78	24%	Low
6	Purworejo	89,898	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	1	5	22	44	13%	Very Low
7	Banyuwirip	41,427	2	1	3	1	1	3	2	2	2	2	3	3	3	2	4	1	3	25	75	23%	Low
8	Bayan	47,753	1	1	2	1	1	3	2	2	2	2	3	3	3	3	4	2	4	28	56	17%	Very Low
9	Kutoarjo	64,200	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	3	5	3	5	28	56	17%	Very Low
10	Butuh	45,766	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	5	3	3	3	4	33	66	20%	Low
11	Pituruh	53,197	2	3	5	3	3	3	3	2	4	4	5	4	5	4	4	3	4	37	185	56%	High
12	Kemiri	55,766	3	3	6	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	5	38	228	69%	High
13	Bruno	44,131	3	3	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	38	228	69%	High
14	Gebang	42,015	3	3	6	5	4	3	4	2	4	3	5	4	4	5	4	4	2	40	240	73%	High
15	Loano	38,441	3	3	6	5	5	4	5	2	4	3	5	5	3	5	5	3	2	43	258	78%	High
16	Bener	55,751	3	3	6	5	5	5	5	2	4	3	5	5	4	5	5	4	2	45	270	82%	Very High

Note: Vulnerability (Exposure, Sensitivity, adaptive capacity : VH : Very High; H-High; M : Moderate; L : Low; VL : Very Low)
 Maximum Hazard, 6, and maximum vulnerability, 35
 Persen value = (score hazard * score vulnerability) / (maximum score) * 100%

Index Range	Index Range
1 - 20%	Very Low
21 - 40%	Low
41 - 60%	Mediate
61 - 80%	High
81 - 100%	Very High

TABEL D.2
MALARIA VULNERABILITY INDEX (MLI)
PURWOREJO DISTRIK-CENTRAL JAVA

No	Sub Distrik	Hazard		Vulnerability		MLI	Risk
1	Grabag	3	50.0%	23	41.8%	69.00	20.9%
2	Ngombol	3	50.0%	25	45.5%	75.00	22.7%
3	Purwodadi	3	50.0%	24	43.6%	72.00	21.8%
4	Bagelen	6	100.0%	43	78.2%	258.00	78.2%
5	Kaligesing	3	50.0%	26	47.3%	78.00	23.6%
6	Purworejo	2	33.3%	22	40.0%	44.00	13.3%
7	Banyuurip	3	50.0%	25	45.5%	75.00	22.7%
8	Bayan	2	33.3%	28	50.9%	56.00	17.0%
9	Kutoarjo	2	33.3%	28	50.9%	56.00	17.0%
10	Butuh	2	33.3%	33	60.0%	66.00	20.0%
11	Pituruh	5	83.3%	37	67.3%	185.00	56.1%
12	Kemiri	6	100.0%	38	69.1%	228.00	69.1%
13	Bruno	6	100.0%	38	69.1%	228.00	69.1%
14	Gebang	6	100.0%	40	72.7%	240.00	72.7%
15	Loano	6	100.0%	43	78.2%	258.00	78.2%
16	Bener	6	100.0%	45	81.8%	270.00	81.8%



b) Sensitivity

Merupakan kehandalan setiap wilayah kecamatan, terdiri dari keturunan, struktur usia penduduk dan status gizi masyarakat. Faktor genetis merupakan faktor relatif sama untuk setiap wilayah, sedangkan usia penduduk beberapa wilayah kecamatan memiliki struktur tua (dominasi usia tua), sedangkan status gizi menunjukkan beberapa wilayah kecamatan memiliki risiko tinggi karena status gizi yang rentang untuk penyebaran malaria.

c) Adaptive Capacity

Merupakan variabel yang digunakan untuk menentukan potensi penyebaran malaria dari tingkat adaptasi masyarakat. Variable tersebut terdiri dari sosial ekonomi, teknologi yang digunakan, tingkat pengetahuan dan infrastruktur penunjang. Sosial ekonomi yang rentan terhadap penyebaran malaria terjadi pada beberapa wilayah kecamatan. Teknologi mencakup teknologi pengendalian vektor, beberapa kecamatan belum memanfaatkan teknologi untuk pengendalian vektor. Sedangkan pengetahuan masyarakat beberapa wilayah kecamatan

terdapat perbedaan karena telah adanya informasi pengendalian malaria dari wilayah yang endemis.

Hasil identifikasi dan analisis disajikan pada Tabel C.1 berikut.

Hasil perhitungan Malaria Vulnerability Index (MLI) menunjukkan rentang nilai dari 44 hingga 270. Nilai 44 merupakan wilayah kecamatan Kota Purworejo, sedangkan nilai 270 merupakan wilayah Kecamatan Bener. Kecamatan Bener memiliki risiko paling tinggi diantara wilayah di Kabupaten Purworejo, sedangkan Kota Purworejo memiliki risiko paling rendah. Kecamatan Bener memiliki potensi tinggi terutama didukung oleh potensi Hazard yang tinggi, dan potensi vulnerability yang tinggi. Suhu udara kelembaban keberadaan tempat biakan mendukung wilayah ini. Secara sosial ekonomi relatif rendah, dan kebiasaan masyarakat keluar malam sebagai salah satu risiko tinggi penularan malaria. Selengkapnya disajikan pada Tabel C.2 berikut.

3. Manajemen Risiko Bencana Malaria [4, 5]

Manajemen Risiko (*Risk Management*) is the identification, assessment and prioritisation of

Risk. Risiko sesuai dengan ISO 31000 didefinisikan sebagai “*The effect of uncertainty on objectives, whether positive or negative, followed by coordinated and economical application of resources to minimize, monitor, and control the probability and/or impact of unfortunate events or opportunities, or to maximize the realization*”

Risiko Perubahan Iklim Global

Kegiatan manajemen dalam pengendalian risiko bencana malaria dilakukan dengan tujuan mengurangi korban yang ditimbulkan. Terdapat dua pendekatan dasar dalam memberikan potensi bencana malaria akibat perubahan iklim yaitu dengan melakukan adaptasi atau mitigasi. Mitigasi merujuk pada mengurangi perubahan iklim global melalui intervensi untuk mereduksi sumber utama penyebab perubahan iklim global. Mitigasi ini bertujuan untuk perubahan iklim jangka panjang dengan mereduksi bahaya dampak perubahan iklim global.

Pendekatan kedua adalah mengantisipasi perubahan iklim global adalah dengan perubahan pola penggunaan bahan/materi oleh manusia sebelum kondisi perubahan iklim lebih buruk terjadi. Adaptasi diartikan sebagai pemikiran dan sikap secara ekologis, pada sistem sosial dan ekonomi untuk menghindarkan pengaruh buruk perubahan iklim. Adaptasi bertujuan

untuk mengurangi tingkat risiko perubahan iklim melalui beberapa kegiatan.

Strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim adalah sebagai berikut :

1. Antisipasi Terjadinya kerusakan melalui kegiatan adaptasi dan mitigasi
2. Mengurangi sumber bencana
3. Kerjasama resiko bencana dengan asuransi dan peningkatan pengetahuan tentang bencana
4. Penggantian teknologi pemanfaatan sumber energi dengan teknologi ramah lingkungan
5. Melakukan restorasi terhadap lahan

Pengurangan Risiko Malaria

1. Pemetaan Vulnerability Kawasan
Melakukan kajian (pemetaan dan analisis) Vulnerability penduduk/kawasan yang memiliki vulnerability tinggi. Kegiatan ini akan membantu untuk memberikan pelayanan yang memadai dalam pengendalian faktor risiko
Pemetaan juga sangat membantu terutama dalam penyediaan obat-obatan anti malaria, pemindahan penduduk dari daerah berisiko.
2. Peramalan Perubahan Iklim
Peramalan iklim akan memberikan gambaran hubungan antara iklim dan kejadian malaria. Peramalan yang sesuai dan berhubungan dapat membantu kegiatan epidemi

- (pengendalian vektor). Peramalan Iklim Musiman dapat memberikan peramalan waktu beberapa minggu, terutama untuk melakukan pengukuran dan persiapan antisipasi.
3. Pemantauan Lingkungan, Kegiatan ini juga memberikan peringatan dini untuk kemungkinan terjadinya kasus. Tetapi dengan melakukan pemantauan waktu yang pendek untuk 1-3 bulan, untuk suhu, curah hujan dan kelembaban harus dibarengi dengan kerapatan vegetasi dan kemungkinan banjir Environmental
 4. Melakukan kegiatan surveillance Kegiatan ini dilakukan dengan melakukan pemantauan kepadatan vektor dengan perubahan iklim. Survey yang dilakukan dalam rentang waktu yang panjang akan memberikan informasi secara lengkap dinamika kasus malaria dan perubahan lingkungan.
 5. Perencanaan dan Persiapan dan Antisipasi Perencanaan dilakukan dengan menyusun program dalam penanggulangan kemungkinan terjadinya kasus/bencana malaria. Penyusunan program mencakup perencanaan untuk aspek institusi, regulasi, pembiayaan, teknis operasional dan pelibatan masyarakat. Dasar dalam perencanaan

ini adalah kegiatan adaptasi dan mitigasi terhadap potensi bencana malaria. Persiapan adalah langkah yang akan segera dilakukan melakukan antisipasi terjadinya bencana malaria. Persiapan ini dilakukan dengan pertimbangan waktu dan tempat yang benar untuk melakukan antisipasi.

D SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil analisis terhadap fenomena perubahan cuaca global dan perubahan pola penyakit dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perubahan iklim global memberikan pengaruh secara berbeda untuk setiap wilayah, dan penyebaran penyakit malari
2. Malaria Vulnerability Index (MVI) merupakan salah metode untuk menggambarkan tingkat risiko bahaya malaria setiap wilayah. Dapat dimanfaatkan untuk manajemen malaria

Saran

Hasil kajian dapat disarankan untuk melakukan identifikasi dan analisis MVI pada setiap wilayah yang endemis malaria di Indonesia. Data base kerentanan malaria digunakan sebagai dasar dalam melakukan manajemen malaria.

PUSTAKA RUJUKAN

- Andy H, *Climate Change, Extrim Events and Human Health*, London School Of Hygine and Tropical Medicine, 2008
- Bernard M, *Deadly Disease and Epidemics Malaria*, Second Edition, Chelsea House An Imprint Of Infobase Publishing, 2009
- Claudio Genchi C, *Human Dirofilariosis in Europe*, A special issue of *International Journal of Environmental Research and Public Health* (ISSN 1660-4601), 2010
- Dixon G.P, *Climate Change and Human Health*, special issue of *International Journal of Environmental Research and Public Health* (ISSN 1660-4601), 2010
- Fischhoff B, Carnegie, *The Perception Factor Climate Change Get Personel*, Environmental Health Perspectives • Volume 118 | Number 11 | November 2010
http://montreal.ctv.ca/servlet/an/local/CTVNews/20101211/cancun-un-climate-deal-101211_/20101211/, Climate is warming - despite ups and downs: CSIRO, 28 Dec, 2010
- Ministry Of Environmental Republik Indonesia, *Climate Variability and Climate Change and Their Implication*, 2007
- Molly EH, *Climate Risk Magement on Africa*, International Research Institute, Columbia University, 2007
- Seth D. Vordzorgbe, *Climate change and risk management in Africa: Major issues*, Advisor to the Commission of the Africa Union United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), 2007
- Witular R, *Perubahan Iklim Implikasinya Bagi Indonesia*, Kuliah Umum UGM, 2011
- Raharjo M, *Karakteristik Wilayah dan Malaria*, Thesis UGM, 2000
http://www.climatechangebusiness.com/first_annual_overview_climate_change_industry , LONDON--(BUSINESS WIRE)--, *United Nations Climate-Change Conference In Cancun Establishes A Green Fund To Cut Global Warming By Cutting Emissions*, December 14, 2010
- Michelozzi P, Francesca K. , Bargagli M.A, *Surveillance of Summer Mortality and Preparedness to Reduce the Health Impact of Heat Waves in Italy*
Int. J. Environ. Res. Public Health 2010, 7, 2256-2273;
 doi:10.3390/ijerph7052256
- Paul E, Evan M, *Climate Change Future :Health, Ecological, and Economic Dimention*, The Center For Health and Global Environmental, Harvard Medcine School, 2008
- Reiter P, *Global Warming and Malaria : Knowing The Horse Before Hotching The Cart*, *Malaria Journal*, 7 (Suppl), 2008
 doi:10.1186/1475-2875-7S1-S3
- Stefan Muthers S, Matzarakis A, Koch E, *Climate Change and Mortality in Vienna—A Human Biometeorological Analysis Based on Regional Climate Modeling*, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2010, 7, 2965-2977;
 doi:10.3390/ijerph7072965
- ScienceDaily (Mar. 22, 2006) — Could global warming be contributing to the resurgence of malaria in the East African Highlands.

Tonnang HE, Kangalawe R, Yanda P Z,
*Predicting And Mapping Malaria
Under Climate Change Scenario :*
The Potential redistribution of
Malaria Vector in Africa, *Malaria
Journal*, 9-111, 2010

William K, *Use Of Climate Variation in
Vector Borne Diseses Decision Sport
System*, University Of California,
2008