

## **Pengaruh Modifikasi Iklim Mikro dengan Vegetasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Pengendalian Penyakit Malaria**

**Arif Susanto**

*Chief Environmental Engineer PT Freeport Indonesia*

*e-mail: arifssnt@yahoo.com*

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kasus malaria dan faktor iklim serta pengaruh modifikasi iklim melalui ruang terbuka hijau dalam upaya pencegahan malaria. Metode penelitian yang digunakan yaitu kausal-komparatif dengan menyelidiki kemungkinan hubungan sebab-akibat insiden malaria dengan ruang terbuka hijau yang berpengaruh terhadap iklim mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara wilayah yang memiliki ruang terbuka hijau dengan wilayah yang tidak memiliki ruang terbuka hijau dengan memiliki nilai korelasi positif 0.637 dan nilai uji beda (*t-test*) 4.174 dengan nilai signifikansi 0.09. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ruang terbuka hijau mampu memodifikasi iklim mikro maupun meso agar dapat memutuskan mata rantai penularan yang pada gilirannya dapat menurunkan angka kesakitan malaria pada daerah tertentu. Elemen iklim mikro dalam hal ini adalah suhu, kelembapan, intensitas cahaya dan curah hujan.*

**Kata kunci:** iklim mikro, malaria, ruang terbuka hijau

### **Latar Belakang**

Penyakit malaria telah menjadi penyakit endemik, khususnya di Pulau Papua. Berdasarkan laporan WHO, setiap tahun terdapat lebih dari 40% ( $\pm 2$  milyar) penduduk dunia mempunyai resiko tertular penyakit malaria (Setyaningrum, 2000; Zamzul, dkk, 2000). Di Indonesia diperkirakan 70 juta penduduknya berada di daerah endemik malaria dan beresiko untuk menularkan penyakit malaria terhadap penduduk lainnya. Dari angka tersebut terdapat sekitar 6 juta penderita malaria pertahun, dengan angka kematian  $\pm 700$  jiwa manusia (Ibrahim, 2000).

Di kota Timika, Annual Malaria Incidence (AMI) sebesar 620 per 1000 kesakitan per tahun. Malaria pada anak usia sekolah 60%, dimana 10% karena malaria berat atau dengan komplikasi. Perubahan iklim terjadi cukup dirasakan di Kabupaten Mimika, khususnya kota Timika yang disebabkan oleh adanya pembukaan lahan terbuka hijau yang dipergunakan untuk daerah permukiman serta untuk perkebunan masyarakat dengan adanya penambahan jumlah penduduk, baik melalui program transmigrasi maupun adanya migrasi dengan adanya peluang kerja di sektor pertambangan di wilayah tersebut (PTFI, 2007).



**Gambar 1.** Tampak Udara Kota Timika  
(Sumber: Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia, 2009)

Secara umum terdapat dua hal yang berpengaruh yaitu hujan yang berkepanjangan dan kemarau yang berkepanjangan. Genangan air kotor maupun genangan air bersih merupakan contoh akibat hujan yang berkepanjangan. Genangan air kotor ini yang menyebabkan meningkatnya kepadatan vektor malaria, yaitu nyamuk *Anopheles* betina sekaligus meningkatkan kasus malaria yang terjadi selama ini.

Genangan air kotor yang terbentuk karena curah hujan yang tinggi, dimana tanaman tidak mampu lagi berfungsi membantu dalam penyerapan air (infiltrasi) kedalam tanah pada lahan dengan vegetasi yang sedikit. Temperatur pun memiliki pengaruh dalam peningkatan jumlah nyamuk *Anopheles*. Dengan adanya kenaikan fluktuasi harian yang lebih hangat akibat bukaan vegetasi dan intensitas radiasi matahari yang tinggi membuat bumi lebih hangat (Duarsa, 2008).

Temperatur hangat mempercepat perkembangbiakan nyamuk sekaligus mengurangi periode matang plasmodium yang berada di dalam tubuh nyamuk. Akibatnya, siklus hidup nyamuk menjadi lebih pendek dan populasinya mudah meledak. Selain padat penduduknya, lingkungan iklim tropis Indonesia juga sangat mendukung untuk perkembangan (*breeding place*) berbagai jenis nyamuk penular malaria. Takken & Knols (1990) mencatat ada 116 spesies *Anopheles* dan yang benar-benar telah dipastikan perannya sebagai vektor malaria adalah 24 spesies (Mardihusodo, 1997).

Dalam program pemberantasan penyakit malaria, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengendalian terhadap nyamuk *Anopheles* yang berperan sebagai vektor malaria. Usaha ini dilakukan dengan perluasan ruang terbuka hijau dalam upaya memodifikasi

iklim mikro maupun meso agar dapat memutuskan mata rantai penularan yang pada gilirannya dapat menurunkan angka kesakitan malaria pada daerah tertentu.

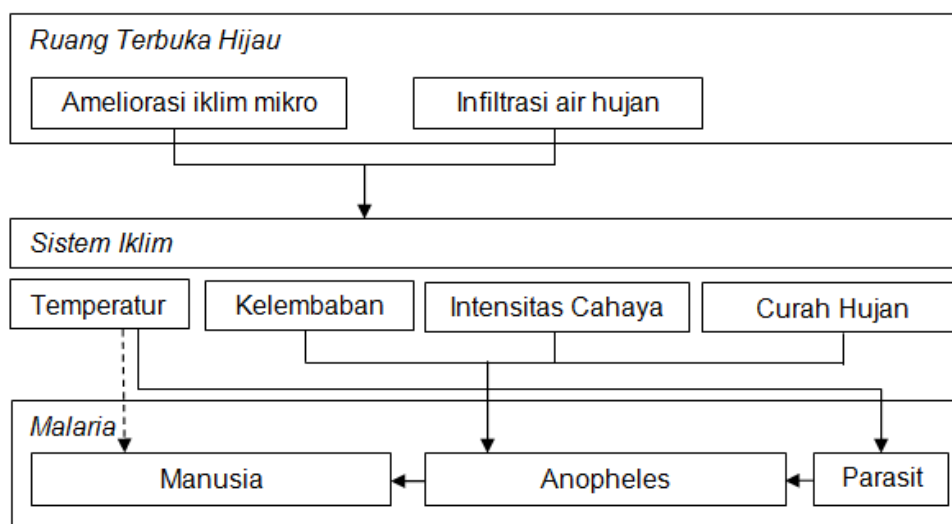
### Permasalahan dan Tujuan Penelitian

Adanya variasi perubahan iklim dalam rentang waktu singkat merupakan proses yang sangat kompleks karena dipengaruhi banyak faktor yang saling berinteraksi. Terdapat empat subsistem yang saling mempengaruhi untuk terjadinya penyakit, yaitu subsistem iklim, vektor, parasit dan manusia (penyakit Malaria). Keempat subsistem ini saling terkait, saling mempengaruhi dan masing-masing sistem memiliki dinamika sendiri (Fischhooff, 2002).

Permasalahan dan tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk menganalisis hubungan kasus malaria dan faktor iklim serta pengaruh modifikasi iklim melalui ruang terbuka hijau dalam upaya pencegahan malaria.

### Kerangka Pikir Penelitian

Gambar 2 di bawah ini merupakan kerangka pikir penelitian yang menjelaskan hubungan antara sistem iklim yaitu temperatur, kelembapan, intensitas cahaya dan curah hujan serta timbal balik dari ruang terbuka hijau yaitu ameliorasi iklim mikro serta penyerapan air hujan.



**Gambar 2.** Kerangka Pikir Hubungan antara Sistem Iklim dan Ruang Terbuka Hijau

### Metodelogi Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan di Kota Timika yaitu di Kwamki Lama dan Kota Kuala Kencana Kabupaten Mimika. Adapun jenis penelitian yang dipergunakan yaitu kausal-komparatif

dengan menyelidiki kemungkinan hubungan sebab-akibat insiden malaria dengan ruang terbuka hijau yang berpengaruh terhadap iklim mikro melalui data-data yang telah dikumpulkan untuk dianalisis. Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik dokumentasi. Data insiden malaria diperoleh dari Departemen Public Health Malaria Control - PT Freeport Indonesia, sedangkan data sistem iklim dan ruang terbuka hijau diperoleh dari Departemen Lingkungan – PT Freeport Indonesia. Analisis data menggunakan uji T untuk mencari komparasi dua data yang berhubungan dengan menggunakan bantuan software statistik SPSS 17.0.

## **Hasil dan Pembahasan Penelitian**

### **Tipe Iklim**

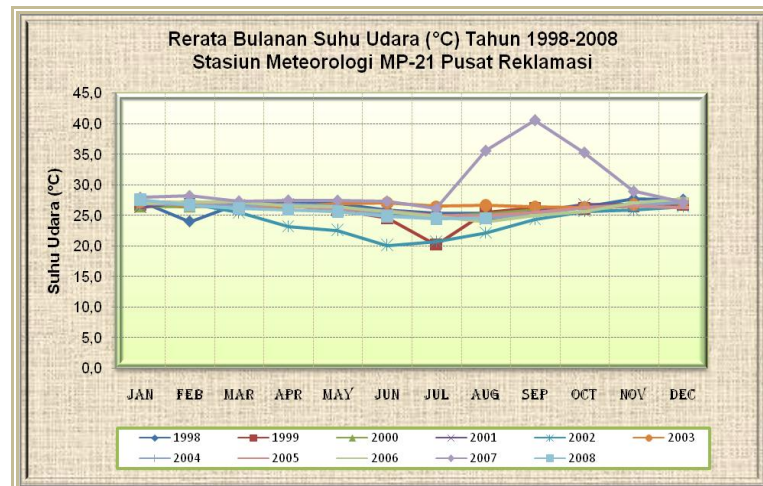
Perhitungan terhadap data iklim yang diperoleh dari stasiun Meteorologi di Timika menghasilkan Tipe Iklim A menurut Metode *Schmidt-Ferguson* dengan nilai Q sebesar 2,632. Semakin besar jumlah bulan basah maka nilai persentase Q semakin kecil, hal itu berarti suatu daerah memiliki tipe iklim basah. Sedangkan klasifikasi iklim lainnya adalah klasifikasi menurut Koppen berdasarkan hubungan antara iklim dan pertumbuhan vegetasi atau kelompok nabati. Diperoleh Tipe Iklim Af yaitu Hutan Hujan Tropis dengan jumlah bulan basah  $\geq 100\text{mm}$  (114 bulan) dan hanya terdapat 3 bulan kering ( $< 60\text{mm}$ ). Suhu rerata adalah  $26,3^{\circ}\text{C}$  dan lebih dari  $10^{\circ}\text{C}$  pada bulan terpanas.

### **Curah Hujan dan Hari Hujan**

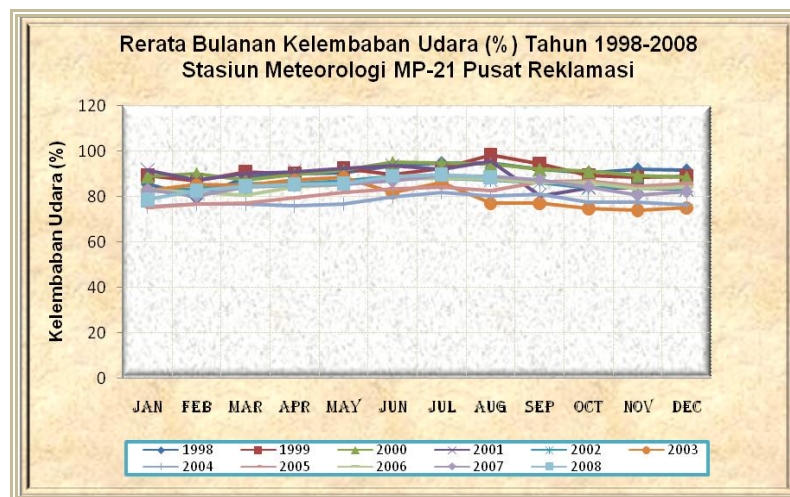
Rerata curah hujan (CH) dalam setahun selama kurang lebih 10 tahun terakhir (1998-2008) adalah 3690mm dan terbagi merata sepanjang tahun dengan rata-rata bulanan 322mm.

### **Suhu dan Kelembaban Udara**

Keadaan suhu udara yang dilaporkan selama kurun waktu lebih dari 10 tahun (1998-2008) oleh stasiun meteorologi MP-21 memperlihatkan bahwa kisaran suhu dalam berkisar antara  $24,5-40,6^{\circ}\text{C}$ . Kecenderungan fluktuasi suhu udara tersebut disajikan dalam gambar 3. Kelembaban udara berkisar antara 81 hingga 90%. Kelembaban udara terendah selama kurang lebih 10 tahun terakhir terjadi pada tahun 2003 yaitu sebesar 74% (gambar 4).



**Gambar 3.** Grafik rerata bulanan suhu udara tahun 1998-2008  
(Sumber: Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia, 2009)



**Gambar 4.** Grafik rerata bulanan kelembapan udara tahun 1998-2008  
(Sumber: Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia, 2009)

Pengaruh suhu udara berpengaruh terhadap nyamuk karena nyamuk merupakan binatang berdarah dingin dan karenanya proses-proses metabolisme dan siklus hidupnya tergantung pada suhu lingkungan. Nyamuk tidak dapat mengatur suhu tubuhnya sendiri terhadap perubahan-perubahan di luar tubuhnya. Suhu rata-rata optimum untuk perkembangan nyamuk adalah 25-27°C.

Angin sangat mempengaruhi terbang nyamuk. Bila kecepatan angin 11-14 meter perdetik atau 15-31 meter per jam akan menghambat penerbangan nyamuk. Secara langsung angin akan mempengaruhi penguapan (evaporasi) air dan suhu udara (konveksi).

## Revegetasi dan Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki berbagai fungsi selain sebagai ameliorasi iklim mikro, di antaranya adalah:

1. Sebagai area perlindungan objek-objek ekologi tertentu.
2. Sebagai greenbelt kota.
3. Sebagai area yang sengaja disediakan untuk fasilitas kawasan berkembang.
4. Berperan dalam pembentukan kota dan jalur curah hujan.
5. Sebagai area penyerapan air hujan ke dalam tanah.
6. Sebagai jalur hijau, hutan kota dan area rekreasi masyarakat kota.
7. Sebagai jaringan taman kota.



**Gambar 5.** Tampak Udara Kota Kuala Kencana yang Dikelilingi Hutan Kota  
(Sumber: Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia, 2009)

Upaya optimalisasi fungsi RTH melalui perhutanan kota tidak bisa terlepas dari aspek penataan ruang. Bagaimana seharusnya mengatur penempatan hutan kota agar optimal sebagai ameliorasi iklim mikro, khususnya suhu udara.

Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, intensitas cahaya dan curah hujan, serta menentukan kondisi iklim setempat dan iklim mikro (Indriyanto, 2006). Iklim mikro terbentuk di dalam suatu tegakan hutan kota. Elemen iklim mikro dalam hal ini adalah suhu, kelembapan relatif, intensitas cahaya serta arah dan kecepatan angin. Proses metabolisme atau fisiologis tumbuhan memiliki efek terhadap suhu udara lingkungan sekitarnya. Proses ekofisiologi yang menyebabkan terbentuknya iklim mikro adalah proses transpirasi dan evaporasi (Fandeli, 2004).

**Tabel 1.** Perbedaan Insiden Malaria pada Wilayah Memiliki dan Tanpa Memiliki Ruang Terbuka Hijau (Sumber: PTFI, 2009)

Lokasi	Insiden Malaria	Keterangan	Lokasi	Insiden Malaria	Keterangan
Tahun 2003					
Kuala Kencana	0.2%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	0.4%	Tidak memiliki RTH
Tahun 2004					
Kuala Kencana	0.2%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	0.4%	Tidak memiliki RTH
Tahun 2005					
Kuala Kencana	0.4%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	1.4%	Tidak memiliki RTH
Tahun 2006					
Kuala Kencana	0.5%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	1.0%	Tidak memiliki RTH
Tahun 2007					
Kuala Kencana	0.4%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	1.2%	Tidak memiliki RTH
Tahun 2008					
Kuala Kencana	0.2%	Memiliki RTH	Timika-Kwamki Lama	1.1%	Tidak memiliki RTH

Evaporasi merupakan pertukaran antara panas laten dan panas yang terasa (sensibel). Udara sekitar akan kehilangan panas karena terjadinya evaporasi yang menyebabkan suhu di sekitar tanaman menjadi lebih sejuk (Zoer'aini, 2005).

Proses evaporasi (proses fisis perubahan cairan menjadi uap) dari permukaan tanaman disebut transpirasi. Lakitan (1997) menjelaskan, bahwa penyerapan energi radiasi matahari oleh sistem tajuk tanaman akan memacu tumbuhan untuk meningkatkan laju transpirasinya (terutama untuk menjaga stabilitas suhu tumbuhan).

Transpirasi akan menggunakan sebagian besar air yang berhasil diserap tumbuhan dari tanah. Setiap gram air yang diuapkan akan menggunakan energy sebesar 580 kalori. Karena besarnya energi yang digunakan untuk menguapkan air pada proses transpirasi ini, maka hanya sedikit panas yang tersisa yang akan dipancarkan ke udara sekitarnya. Hal ini yang menyebabkan suhu udara di sekitar tanaman tidak meningkat secara drastis pada siang hari.

Pada kondisi kecukupan air, kehadiran pohon diperkirakan dapat menurunkan suhu udara di bawahnya kira-kira  $3,5^{\circ}\text{C}$  pada siang hari yang terik. Proses fisiologis yang ikut berperan menciptakan iklim mikro dan berjalan secara simultan dengan transpirasi adalah proses fotosintesis (Lakitan, 1997).

Berkaitan fungsi ekologis vegetasi sebagai ameliorasi iklim mikro, vegetasi mampu menciptakan lingkungan yang nyaman melalui pengendalian kenaikan suhu udara. Berkaitan proses fisiologis dalam tubuh tumbuhan sehingga mampu menekan kenaikan suhu udara. Intensitas penyinaran matahari pada jam-jam tersebut memicu proses fotosintesis dan transpirasi. Dua proses fisiologis yang berperan mendinginkan suhu udara sekitar vegetasi.

Vegetasi berfungsi sebagai pengendali iklim untuk kenyamanan manusia. Faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia adalah suhu, radiasi sinar matahari, angin, kelembapan, suara dan aroma. Sebagai pengontrol radiasi sinar matahari dan suhu, vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari sehingga menurunkan suhu dan iklim mikro.

Proses transpirasi adalah rangkaian metabolisme fisiologis yang dengannya daun tumbuhan dapat tetap segar dan berfotosintesis. Apabila air tanah tersedia dalam jumlah cukup, transpirasi akan terus berlangsung. Laju transpirasi akan terus meningkat seiring peningkatan intensitas cahaya matahari. Uap air yang dilepaskan vegetasi melalui transpirasi berperan dalam mendinginkan udara sekitarnya. Proses transpirasi berjalan secara simultan dengan proses fotosintesis sebagai mekanisme lain pendinginan suhu udara. Proses fisiologis dalam tubuh tumbuhan memiliki hubungan timbal balik dengan iklim mikro. Fotosintesis adalah proses fisiologis yang ditentukan oleh energi radiasi matahari. Karena itu, reaksinya acap kali disebut reaksi fotokimia. Kelangsungan proses tersebut memerlukan dukungan radiasi matahari sebagai sumber energi (Lakitan, 1997).

Absorpsi cahaya sebagai bagian dari proses fotosintesis terjadi dalam reaksi terang (Reaksi Hill). Radiasi matahari sebagai energi cahaya diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi energi kimia. Energi kimia inilah yang digunakan dalam mensintesis karbohidrat sebagai rangkaian proses fotosintesis yang disebut reaksi gelap (Siklus Calvin). Reaksi terang dan reaksi gelap terjadi secara simultan dan keduanya sebagai satu kesatuan proses fotosintesis (Campbell, 2002).

Peningkatan suhu udara permukaan bumi disebabkan oleh pancaran radiasi matahari. Selain itu, berbagai permukaan benda di permukaan bumi memantulkan sebagian besar energi matahari yang diterimanya. Panas terdistribusi di atmosfer, khususnya ditroposfer Bumi. Kecuali permukaan



vegetasi (baik vegetasi daratan maupun perairan), permukaan benda memantulkan radiasi matahari yang diterimanya.

Paduan pancaran langsung radiasi matahari dan pantulan panas dari berbagai permukaan adalah penyebab hangatnya suhu bumi. Radiasi matahari yang diterima berbagai permukaan secara keseluruhan dipantulkan kembali ke luar angkasa. Jumlah radiasi matahari yang dipantulkan dapat direduksi oleh vegetasi. Keberadaan vegetasi sebagai komponen lingkungan biotik mampu menyerap radiasi matahari. Radiasi matahari diserap oleh vegetasi dalam suatu mekanisme fisiologis untuk kelangsungan hidupnya. Mengenai proses absorpsi radiasi matahari oleh vegetasi telah dijelaskan sebelumnya.

Efek dari metabolisme yang memerlukan panas tersebut menyebabkan terjadinya pendinginan suhu udara di sekitar vegetasi. Meningkatnya intensitas radiasi matahari akan memacu laju fotosintesis. Eefeknya berupa pendinginan suhu udara sekitar vegetasi. Delta pendinginan suhu ( $\Delta t$ ) kian tinggi seiring dengan bertambahnya laju proses fotosintesis sampai pada batas tertentu. Batas tertentu dimaksud bergantung pada batas maksimal suhu udara dimana metabolisme tumbuhan masih dapat berlangsung (Hakim, 2003).

### **Kesimpulan dan Saran**

Dari pembahasan di atas maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Penanaman kembali (revegetasi) mampu memodifikasi unsur-unsur iklim dimana intensitas cahaya matahari langsung sebagian besar tidak dapat menembus kanopi vegetasi. Vegetasi pun mampu untuk mengurangi kecepatan angin (*wind breaker*) agar nyamuk tidak langsung terbawa angin ke wilayah lebih luas karena terhalang oleh vegetasi.
2. *Leaf area index* (indeks luas daun) dengan vegetasi sistem tajuk berlapis efektif dalam menurunkan suhu udara karena total permukaan serapnya (*absorbing surface*) jauh lebih luas. Penyerapan energi radiasi oleh sistem tajuk tanaman akan memacu tumbuhan untuk meningkatkan laju *transpirasi*.
3. *Transpirasi* akan lebih membuat vegetasi mampu menggunakan sebagian besar air yang berhasil diserap tumbuhan dari tanah, sehingga membuat tidak memungkinkan terciptanya sebuah genangan air. Dengan proses transpirasi yang memerlukan energi 580 kalori, maka

hanya sedikit panas yang dipancarkan ke udara sekitar sehingga menyebabkan temperatur udara sekitar tidak meningkat secara drastis pada siang hari.

4. Kehadiran vegetasi diperkirakan dapat menurunkan temperatur udara di bawahnya kira-kira  $3,5^{\circ}\text{C}$  pada siang hari terik. Dengan fluktuasi temperatur harian di bawah kanopi vegetasi lebih kecil dibandingkan dengan tempat terbuka maka perkembangan vektor malaria dapat terkendali.

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian ini yaitu:

1. Penanaman kembali (revegetasi) di Kota Timika sebaiknya dilakukan di wilayah perkembangbiakkan vektor malaria.
2. Rencana tata ruang dan wilayah Kota Timika sebaiknya diperhatikan pula perencanaan taman-taman kota yang mampu menurunkan suhu udara sekitar dalam mencegah perkembangbiakkan vektor malaria.
3. Perencanaan dan pembangunan sistem drainase pada hutan taman kota efektif dalam pengendalian penyakit malaria dan hutan taman kota.

### Daftar Pustaka

- Campbell, N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchell. 2002. *Biologi*. Terj. Lestari, R., E.I.M. Adil, N. Anita, Andri, W.F. Wibowo, dan W. Manalu. Erlangga, Jakarta.
- Duarsa, Artha Budi Susila. 2008. *Dampak Pemanasan Global Terhadap Risiko Terjadinya Malaria*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. Vol 2, No. 2 Halaman 181-185.
- Fandeli, C., Kaharuddin dan Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*. Cet. I. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fischhooff, B, dkk. 2002. *Integrated Assessment of Malaria Risk*. Dalam: Casman, Elizabeth A dan Dowlatabadi, H. *The Contextual Determinants of Malaria*. Resources for the Future. Washington, DC:331-348.
- Hakim, R. dan H. Utomo. 2003. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap: Prinsip, Unsur dan Aplikasi Desain*, Cet. I. Bumi Aksara, Jakarta.
- Ibrahim, E. 2000. *Intensifikasi Penatalaksanaan Kasus Malaria*. Dalam: *Prosiding Konferensi International Soil Transmitted Helminth Control Dan Seminar Serta Rappat Kerja Nasional Perkumpulan Pemberantasan Penyakit Parasit Indonesia (P4I)*. Denpasar: 21-24 Februari 2000.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Cetakan I. Bumi Aksara, Jakarta.
- Lakitan, B. 1997. *Dasar-dasar Klimatologi*, Cet. II. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

- Mardihusodo, S.J. 1997. *Vektor Malaria dan Penanggulangannya*. *Jurnal Kedokteran*. YARSI Vol. 5(1): Halaman 32-49.
- PTFI. 2007. *Annual Report 2006*. Departemen Kesehatan Masyarakat dan Pengendalian Malaria PT Freeport Indonesia.
- PTFI. 2009. *Laporan Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Tahun 2009*. Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia: Halaman 74-76.
- Setyaningrum, E. 2000. *Aspek Ekologi Tempat Perindukan Nyamuk Anopheles Sundaicus di Pulau Legundi Padang Cermin Lampung*. Dalam: *Prosiding Konferensi International Soil Transmitted Helminth Control Dan Seminar Serta Rapat Kerja Nasional Perkumpulan Pemberantasan Penyakit Parasit Indonesia (P4I)*. Denpasar: 21-24 Februari 2000.
- Takken, W. and Knols, B.G.J. 1990. *A Taxonomic and Bionomic Review of the Malaria Vectors of Indonesia*. Dalam: W. Takken et al. *Environmental Measures for Malaria Control in Indonesia. A Historical Review on Spesies Sanitation*, Agricultural University Wageningen, Netherlands.
- Zamzul, Iskandar, Z.A., Eddy-Sobri. 2000. *Jumlah Bentuk Aseksual Plasmodium falciparum di Darah Tepi (DDR) Setelah Pengobatan standar Klorokuin*. *Majalah Kedokteran Sriwijaya*: Vol. 32 (2): Halaman 36-40.
- Zoer'aini. 2005. *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Bumi Aksara, Jakarta.