

ESTIMASI TINGKAT INTENSITAS PENULARAN MALARIA DENGAN DUKUNGAN PENGINDERAAN JAUH (STUDI KASUS DI DAERAH ENDEMIS MALARIA PEGUNUNGAN MENOREH WILAYAH PERBATASAN PROVINSI JAWA TENGAH DAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)

Estimation of Malaria Transmission Intensity Support by Remote Sensing Application (Case Study in Menoreh Hills Malaria Endemicity The Border Area Between Central Java and Yogyakarta Province).

Holani Achmad^{*}, Sugeng Juwono Mardihusodo^{**}, Sutanto^{***}, Hartono^{***}, Hari Kusnanto^{**}

Abstract. Malaria transmission dynamic is naturally influenced by fluctuating environmental conditions that could be locally specific even at the level of village. Remote sensing technology is increasingly recognized as a powerful tool to scan malaria endemic areas and could be used to monitor malaria vectors fluctuation and the related biogeographical environment. A study was conducted to estimate the malaria transmission intensity in eight endemic villages in Menoreh Hills Central Java. The estimation was based on environmental condition and the most of the data were obtained through remote sensing using the satellite Landsat TM, aerial photo and small format photograph taken by ultra light air craft. This study is an analytical epidemiological, non experimental study approach. The study subjects were the environmental conditions of the village considered as the risk factors for malaria transmission. Data were collected either through field observations and remote sensing. Data set was analyzed with the discriminant analysis module using the SPSS 10.0 version software. The results of the study showed that there were predictor variables of the environment risk factors should be considered in the estimation of malaria transmission intensity in certain malaria endemic villages. Those variables included: (1) air temperature; (2) relative humidity; (3) mixed garden; (4) homestead and (5) mosquito vector density. Linear discriminant function was obtained to predict the incidence of malaria outbreak. Applying this model, the malaria transmission intensity in certain villages could be estimated with a high accuracy, that could be as high accuracy as 95% as obtained in the Menoreh Hill.

Keywords: remote sensing technology, malaria predictor variables, malaria transmission intensity

PENDAHULUAN

Hingga saat ini, penyakit malaria masih merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang utama di Indonesia. Selama periode 1997-2000 angka insidensi malaria di seluruh tanah air cenderung menunjukkan peningkatan. Di wilayah Pulau Jawa dan Bali insidensi malaria meningkat dari 0,12 per 1000 penduduk pada tahun 1997 menjadi 0,38 per 1000 penduduk pada tahun 2000. Kejadian Luar Biasa (KLB) malaria selama 1998 dan 1999 telah melanda 10 provinsi yang meliputi 84 desa dengan jumlah penderita

19.688 dan 71 kematian CFR = 36% (Depkes, 2001).

Salah satu penyebab antara lain adalah karena kegiatan pengamatan (*surveillance*) malaria yang dikembangkan program malaria sekarang ini belum dapat berjalan dengan semestinya. Kendalanya karena cara pendekatan pengamatannya menitikberatkan pada penemuan kasus baru malaria dan belum memanfaatkan kondisi lingkungan secara maksimal. Cara pendekatan seperti ini sulit untuk dilaksanakan di beberapa daerah di Indonesia, karena terbatasnya petugas

* Karya siswa S3 Fakultas Kedokteran UGM
** Dosen Fakultas Kedokteran UGM
*** Dosen Fakultas Geografi UGM

malaria lapangan dan luasnya wilayah endemis malaria yang perlu dipantau.

Agar kegiatan pengamatan malaria berjalan dengan semestinya dan mencapai tujuannya, maka cara pendekatan pengamatannya perlu dikembangkan, yaitu dengan menitikberatkan pengamatannya pada perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi spesifik lingkungan dusunnya. Eksplorasi data didukung dengan aplikasi teknologi penginderaan jauh (satelit). Beberapa peneliti di luar negeri banyak melaporkan tentang kemampuan penginderaan jauh untuk mengobservasi dan mengidentifikasi kondisi lingkungan yang terkait dengan penularan malaria. Berdasarkan data kondisi lingkungan yang diperoleh dengan dukungan penginderaan jauh tersebut, kemudian diprediksi kondisi malariannya (Beck, *et al.*, 1997).

Metode pengamatan malaria dengan cara pendekatan ini, mungkin bisa diaplikasikan di Indonesia. Namun mengingat cara pendekatan pengamatan malaria seperti ini belum pernah diselenggarakan, maka perlu dilakukan penelitian terlebih dahulu.

Sebagai lokasi penelitian dipilih wilayah Pegunungan Menoreh di Jawa Tengah yang telah lama dikenal sebagai daerah endemis potensial malaria di tanah air. Insidensi malaria tahunan dari tahun ke tahun selama 1997-2000 terus menunjukkan peningkatan, khususnya di 4 wilayah dari 8 wilayah kecamatan yang ada, yaitu Kecamatan Loano, Kaligesing, Bagelen dan Kokap. Lokasinya termasuk terpencil dengan sarana transportasi yang minim, sehingga cocok bila observasi dan identifikasi kondisi lingkungannya dilakukan dengan dukungan penginderaan jauh.

BAHAN DAN CARA

Jenis penelitian yang dilakukan, termasuk dalam jenis penelitian epidemiologi analitik non eksperimental dengan model pendekatan *observational cause effect*. Observasi dilakukan pada fenomena-feno-

mena kesehatan (faktor risiko dan efek) dalam keadaan apa adanya tanpa manipulasi. Subjek penelitian adalah faktor-faktor risiko lingkungan dusun yang secara epidemiologis diduga berpengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap terjadinya peningkatan penularan/KLB malaria. Unit penelitiannya adalah dusun, yang merupakan satuan pemukiman penduduk terkecil di daerah pedesaan di Pegunungan Menoreh.

Data bahan penelitian diperoleh dan dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan dan tidak langsung melalui analisis data citra penginderaan jauh satelit Landsat TM. Pengumpulan data bahan penelitian secara langsung di lapangan dilakukan dengan melakukan: (1) survei entomologi longitudinal yang dilakukan selama 2 tahun berturut-turut (1999-2000) di 4 lokasi dusun sampel penangkapan nyamuk yang tersebar di seluruh wilayah Pegunungan Menoreh. Tujuannya untuk memperoleh data tentang: distribusi spesies nyamuk vektor, rerata kepadatan, jam aktivitas gigitan nyamuk vektor, distribusi dan frekuensi tempat perindukan nyamuk vektor; (2) studi epidemiologi retrospektif, dengan kajian data epidemiologi malaria di 59 dusun sampel yang terdiri dari 44 dusun kasus dan 15 dusun kontrol. Pengamatan dilakukan pada periode tahun 1996 sampai dengan 2000. Tujuannya untuk memperoleh data tentang jenis faktor risiko lingkungan dusun beserta besar nilai *odds ratio* (OR) masing-masing. Untuk menetapkan suatu faktor risiko lingkungan dusun, dihitung nilai OR masing-masing dengan menggunakan Tabel 2x2 dari Schlesselman (1982). Suatu variabel lingkungan dusun ditetapkan sebagai faktor risiko apabila mempunyai nilai OR lebih dari 1,0 dengan *confidence level* 95%; (3) survei malaria lapangan. Tujuannya untuk melengkapi data kondisi lingkungan dusun khususnya di 8 dusun sampel penelitian yang tidak dapat diperoleh melalui analisis citra penginderaan jauh, seperti data: curah hujan, kepadatan nyamuk vektor, jarak lokasi tempat perindukan nyamuk vektor dan

insidensi bulanan kasus malaria. Pengumpulan data melalui observasi tidak langsung, dilakukan melalui analisis multi tingkat data citra penginderaan jauh satelit Landsat TM komposit 5,4,3 yang mengacu kepada hasil analisis citra foto udara pankromatik hitam putih standar skala 1: 25.000 dan foto udara format kecil (*small format*) berwarna dengan skala pembesaran 1:5.000. Tujuan kegiatan analisis citra penginderaan jauh ini adalah untuk mengobservasi dan mengidentifikasi macam dan luas masing-masing klasifikasi penggunaan lahan lingkungan dusun yang terkait dengan penularan malaria seperti: tubuh air, hutan, sawah, tegalan, kebun campur, semak belukar, padang rumput dan pekarangan perumahan.

Keseluruhan data bahan penelitian yang diperoleh melalui observasi langsung dan tidak langsung tersebut, kemudian dikumpulkan dalam basis data untuk diolah dan dianalisis secara terintegrasi. Analisis data yang diaplikasikan adalah model analisis diskriminan, yang merupakan salah satu model analisis data dari *software* SPSS versi 10,0. Melalui aplikasi analisis diskriminan ini, secara langsung akan diperoleh: (1) variabel prediktor untuk penetapan estimasi tingkat intensitas penularan malaria; (2) nilai konstanta dan nilai fungsi masing-masing variabel prediktor untuk persamaan regresi ganda linear, yang merupakan model perhitungan untuk estimasi tingkat intensitas penularan malaria menurut dusun; (3) nilai *cutoff point* yang merupakan nilai batas bagi penetapan suatu KLB malaria menurut dusun, dan (4) nilai ketepatan estimasi, bila model persamaan tersebut kita aplikasikan untuk estimasi tingkat intensitas penularan malaria di suatu dusun endemis malaria tertentu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Seperti diketahui bahwa data bahan penelitian diperoleh secara langsung melalui survei data malaria di lapangan dan secara

tidak langsung melalui analisis citra penginderaan jauh satelit Landsat TM, yang dilakukan secara multi tingkat, mengacu kepada hasil analisis citra foto udara standar skala 1:25.000 dan citra foto udara format kecil dengan skala pembesaran 1:5000.

Dari ke dua macam cara pengumpulan data tersebut, diperoleh 15 macam faktor risiko lingkungan dusun yang secara epidemiologis langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap peningkatan penularan/KLB malaria menurut dusun di wilayah endemis malaria di Pegunungan Menoreh. Perlu diketahui bahwa guna mengetahui faktor-faktor risiko lingkungan yang berpengaruh terhadap terjadinya peristiwa peningkatan kasus dan KLB malaria menurut dusun di wilayah Pegunungan Menoreh, sebelumnya telah dilakukan studi epidemiologi retrospektif dan studi entomologi longitudinal. Tujuan kedua macam kegiatan studi pendahuluan tersebut adalah sebagai petunjuk atau informasi awal tentang macam faktor risiko lingkungan dusun di wilayah penelitian. Kelima belas faktor risiko lingkungan dusun tersebut yaitu: (1) tubuh air; (2) tegalan; (3) semak belukar; (4) sawah; (5) rumput; (6) pekarangan perumahan; (7) kebun campur; (8) hutan; (9) suhu udara; (10) kelembaban udara; (11) curah hujan; (12) ketinggian wilayah dusun; (13) pola aliran; (14) kepadatan nyamuk vektor, dan (15) jarak dusun dengan tempat perindukan nyamuk vektor. Secara lengkap data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Kelima belas macam data faktor risiko lingkungan dusun tersebut kemudian dianalisis dengan analisis diskriminan guna mengetahui faktor risiko lingkungan dusun apa saja yang secara simultan bermakna pengaruhnya secara statistik terhadap terjadinya peningkatan penularan/KLB malaria.

Dari hasil analisis data (melalui aplikasi analisis diskriminan), diperoleh 5 variabel prediktor lingkungan dusun yang perlu diperhitungkan kontribusinya untuk

Tabel 1. Rekapitulasi data bahan penelitian yang diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan dan hasil analisis citra penginderaan jauh.

Dusun/ Periode	Prop TA	Prop SW	Prop HTN	Prop SBL	Prop KCP	Prop TEG	Prop RPT	Prop PP	SH (C°)	KL (%)	CHJ (mm)	KT (m)	PA	KPD Org/J	JRK (m)	KLB
Gunungrego/1	0.65	0.65	0.54	0.50	0.23	0.57	0.49	0.21	23,0	82,1	>300	250	Mudah	<0,04	>500	TDK
Gunungrego/2	0.57	0.38	0.64	0.44	1.03	0.00	0.54	0.60	28,0	77,0	<100	250	Sulit	<0,04	<500	TDK
Gunungrego/3	0.65	0.28	0.44	0.64	0.60	0.57	0.64	0.10	21,0	89,3	>300	250	Mudah	<0,04	>500	TDK
Gunungrego/4	0.59	2.32	0.40	0.54	0.29	1.30	0.65	0.23	26,0	69,0	200	250	Sulit	>0,04	<500	YA
Gunungrego/5	0.57	0.20	0.43	0.58	1.33	1.28	0.54	0.62	24,5	86,0	<100	250	Sulit	>0,04	<500	TDK
Sekangun/1	0.65	0.65	0.65	2.63	0.59	0.40	0.65	0.65	22,0	80,0	>300	84	Mudah	<0,04	>500	TDK
Sekangun/2	0.66	0.26	0.04	0.78	0.49	0.01	0.64	0.44	25,0	67,7	<100	84	Sulit	<0,04	<500	TDK
Sekangun/3	0.67	0.12	0.85	0.63	0.67	0.67	0.67	0.60	18,0	85,0	>300	84	Mudah	<0,04	>500	TDK
Sekangun/4	0.65	0.57	0.10	0.64	0.47	1.25	0.65	0.19	24,0	58,7	200	84	Sulit	>0,04	<500	YA
Sekangun/5	0.81	0.09	0.00	0.68	0.18	1.52	0.74	1.05	25,3	65,2	<100	84	Sulit	>0,04	<500	YA
Kalibuko/1	0.40	0.65	1.30	1.27	0.48	1.42	0.34	0.64	24,4	87,0	>300	242	Mudah	<0,04	>500	TDK
Kalibuko/2	0.66	0.12	0.00	0.64	0.19	0.00	0.66	0.28	27,9	67,5	<100	242	Sulit	>0,04	<500	YA
Kalibuko/3	0.63	0.17	0.28	0.40	0.65	0.65	0.17	0.65	21,0	86,0	>300	242	Mudah	<0,04	>500	TDK
Kalibuko/4	0.65	0.58	0.68	0.57	2.55	1.29	0.65	1.93	28,0	60,4	200	242	Sulit	>0,04	<500	TDK
Kalibuko/5	0.52	0.07	0.41	1.09	1.22	3.94	0.67	4.99	28,5	79,8	<100	242	Sulit	>0,04	<500	TDK
Ngempalk/1	0.22	2.00	0.39	0.59	0.49	0.39	0.68	0.68	20,0	65,1	>300	375	Mudah	<0,04	>500	TDK
Ngemplak/2	0.51	1.17	0.26	0.20	0.66	1.09	0.67	1.57	25,3	67,0	<100	375	Sulit	>0,04	<500	YA
Ngemplak/3	0.64	0.44	0.37	0.49	1.30	0.42	0.12	0.61	23,7	86,0	>300	375	Mudah	<0,04	>500	TDK
Ngemplak/4	0.52	0.14	0.22	0.72	0.64	0.47	0.65	0.06	22,0	63,0	200	375	Sulit	<0,04	<500	TDK
Ngemplak/5	0.21	1.93	0.04	0.00	0.05	0.00	0.65	0.00	24,3	83,5	<100	375	Sulit	>0,04	<500	TDK
Selotimur/1	0.68	0.68	0.09	0.32	0.69	0.13	0.00	0.70	22,1	87,0	>300	68	Mudah	<0,04	>500	TDK
Selotimur/2	1.99	0.62	0.67	0.00	0.36	0.44	0.66	0.49	27,4	80,1	<100	68	Sulit	<0,04	<500	TDK
Selotimur/3	0.67	0.27	0.13	0.61	0.31	0.60	0.01	0.26	23,0	64,4	>300	68	Mudah	<0,04	>500	TDK
Selotimur/4	0.64	1.24	0.24	1.75	0.54	0.31	0.83	0.58	26,0	63,5	200	68	Sulit	>0,04	<500	TDK
Selotimur/5	0.64	0.64	0.09	0.30	0.65	0.00	0.00	0.00	24,5	79,8	<100	68	Sulit	<0,04	<500	TDK
Tangkisan/1	0.70	0.70	0.26	0.68	0.30	0.23	2.02	0.09	23,8	86,0	>300	202	Mudah	<0,04	>500	TDK
Tangkisan/2	0.64	0.15	0.08	0.64	0.00	0.03	1.08	0.13	26,0	66,0	<100	202	Sulit	>0,04	<500	YA
Tangkisan/3	0.15	0.22	0.13	0.40	0.91	0.66	0.66	0.66	20,0	83,0	>300	202	Mudah	<0,04	>500	TDK
Tangkisan/4	0.65	0.62	0.35	0.32	0.16	0.10	0.65	0.01	25,0	65,4	200	202	Sulit	<0,04	<500	YA
Tangkisan/5	0.66	0.66	0.24	0.40	0.34	0.00	0.00	0.00	26,5	79,8	<100	202	Sulit	<0,04	<500	TDK
Tegiri/1	0.67	0.67	0.69	0.67	0.06	1.34	0.66	0.58	24,0	68,8	>300	263	Mudah	<0,04	>500	TDK
Tegiri/2	0.67	0.08	0.67	0.64	0.00	0.64	0.66	0.04	21,2	63,0	<100	263	Sulit	<0,04	<500	TDK
Tegiri/3	0.66	2.61	1.43	0.66	0.66	0.66	0.65	0.66	25,0	69,1	>300	263	Mudah	>0,04	>500	YA
Tegiri/4	0.65	0.02	0.66	1.94	1.28	0.65	0.64	0.58	26,5	67,8	200	263	Sulit	<0,04	<500	YA
Tegiri/5	0.66	0.66	0.67	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	24,5	60,5	<100	263	Sulit	<0,04	<500	TDK
Kedunggubah/1	0.65	0.00	0.64	0.65	0.05	0.21	0.64	0.34	23,0	60,2	>300	260	Mudah	<0,04	>500	TDK
Kedunggubah/2	0.15	0.05	0.04	0.08	1.17	0.65	0.00	0.05	27,0	60,2	<100	260	Sulit	>0,04	<500	YA
Kedunggubah/3	0.00	0.18	0.28	0.64	0.64	0.00	0.23	0.41	25,0	75,0	>300	260	Mudah	>0,04	>500	YA
Kedunggubah/4	0.00	1.27	0.42	0.64	0.49	0.80	0.65	0.01	25,0	73,0	200	260	Sulit	>0,04	<500	YA
Kedunggubah/5	0.65	0.00	0.85	0.89	0.05	7.46	0.00	0.80	25,5	64,3	<100	260	Sulit	>0,04	<500	YA

Keterangan. Prop=Proporsi, TA=tubuh air, SW=sawah, HTN=Hutan, SBL=Semak belukar, SH=suhu, KL=kelembaban, CHJ =curah hujan, KTG=ketinggian, PA=pola aliran, JRK=jarak tempat perindukan dengan perumahan, KPDT = kepadatan nyamuk vektor, KLB =kejadian luar biasa Angka (1) s/d (5) menunjukkan waktu bagi 5 scene data citra penginderaan jauh Landasat TM yang dianalisis

Tabel 2. Variabel-variabel lingkungan dusun yang termasuk sebagai variabel prediktor intensitas penularan malaria dari hasil analisis diskriminan.

Step	Entered	Statistic	Wilks' Lambda						
			Df1	Df2	Df3	Exact F			
						Stat	Df1	Df2	Sig
1	Suhu	0,451	1	1	38,00	46,24	1	38,00	0,00
2	Kepadatan	0,352	2	1	38,00	34,12	2	37,00	0,00
3	Kelembaban	0,292	3	1	38,00	29,09	3	36,00	0,00
4	Pekarangan	0,238	4	1	38,00	27,94	4	35,00	0,00
5	Kebuncampur	0,185	5	1	38,00	26,90	5	34,00	0,00

At each step the variable that minimizes the overall Wilks' Lambda is entered.

- Maximum number of steps is 30
- Maximum significance of F to enter is 0,05
- Minimum significance of F to remove is 0,10
- F level tolerance or VLN insufficient for further computation.

estimasi tingkat intensitas penularan malaria, yaitu : (1) suhu udara; (2) kepadatan nyamuk vektor; (3) kelembaban udara; (4) pekarangan perumahan dan (5) kebun campur. Dari 5 macam variabel prediktor tersebut sebagian besar (80%) data penelitian diperoleh dengan dukungan penginderaan jauh yaitu: (1) suhu udara; (2). kelembaban udara; (3) pekarangan perumahan dan (4) kebun campur. Hanya data kepadatan nyamuk vektor saja yang diperoleh dari survei malaria di lapangan. Ini membuktikan bahwa penginderaan jauh sangat mendukung kegiatan pengamatan malaria berbasis lingkungan. Macam variabel prediktor serta nilai statistik masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 di atas, tampak bahwa ada 5 variabel prediktor yang fungsinya secara simultan bermakna pengaruhnya dalam menimbulkan peristiwa peningkatan penularan/KLB malaria pada dusun di wilayah penelitian. Menurut besar nilai statistiknya 5 variabel prediktor tersebut yaitu (1) suhu dengan nilai statistik 46,24; (2) kepadatan vektor dengan nilai statistik 34, 12; (3) kelembaban udara dengan nilai

statistik 29,09, (4) pekarangan dengan nilai statistik 27,94 dan (5) kebun campur dengan nilai statistik 26,90.

Selanjutnya melalui analisis diskriminan tersebut, juga diperoleh model pendekatan perhitungan untuk estimasi tingkat intensitas penularan malariannya, yang berupa suatu persamaan regresi ganda linear yang menurut Hair *et al.* (1995) rumus umumnya dapat ditulis sebagai berikut: $Y = C + B1X1 + B2X2 + B3X3 + \dots + BnXn$. Nilai C, B1, B2, B3, dan Bn untuk persamaan ini, juga dapat diperoleh langsung melalui analisis diskriminan, setelah variabel-variabel prediktor intensitas penularan malariannya diperoleh. Dalam penelitian ini, model persamaan untuk pendekatan perhitungan estimasi tingkat intensitas penularan malaria menurut dusun di wilayah penelitian adalah sebagai berikut: $Y = -3,198 + 1,936$ (suhu udara) + $1,341$ (kepadatan nyamuk vektor) + $1,971$ (kelembaban udara) + $1,893$ (pekarangan perumahan) + $1,339$ (kebun campur). Besarnya nilai fungsi masing-masing variabel prediktor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai konstanta dan nilai fungsi masing-masing variabel prediktor intensitas penularan malaria, hasil analisis diskriminan.

Variabel	Fungsi (1)
Pekarangan	1,893
Kebun campur	1,339
Suhu	1,936
Kelembaban	1,871
Kepadatan	1,341
(Constant)	-3,198

Ustandardize d coefficients

Untuk menetapkan estimasi suatu dusun akan terjadi KLB malaria atau tidak (berdasarkan persamaan di atas), kita perlu menghitung nilai *cut off point* KLB malaria-nya. Menurut Santoso dan Tjiptono (2001), rumus umum *cut off point* adalah sebagai berikut: $Z_{cu} = (NbZ_a + NaZ_b)/(Na+Nb)$. Z_{cu} adalah nilai *cut off point*, N_a jumlah dusun yang mengalami KLB malaria dan N_b jumlah dusun yang tidak mengalami KLB. Tabel dari nilai *cut off point* KLB malaria menurut analisis diskriminan dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh besarnya nilai *cut off point*, KLB menurut dusun di wilayah penelitian sebesar 1,527.

Dengan memasukkan nilai kode kategori masing-masing variabel prediktor ke dalam persamaan tersebut, maka nilai Y yang merupakan basis bagi estimasi tingkat intensitas penularan malaria/KLB malaria dapat ditetapkan. Bila nilai Y suatu dusun lebih besar dari 1,527 maka diestimasi-kan satu bulan kemudian dusun tersebut akan mengalami KLB malaria. Sebaliknya bila nilai Y suatu dusun lebih kecil dari 1,527 dusun tersebut akan aman dari KLB malaria.

Dengan mengaplikasikan model pendekatan perhitungan estimasi tingkat intensitas penularan malaria seperti tersebut di atas, maka probabilitas ketepatan estimasinya dapat mencapai 95%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut. Pertama, faktor-faktor risiko lingkungan dusun, yang sebagian besar datanya diperoleh dengan dukungan penginderaan jauh satelit Landsat TM, terbukti mampu dipergunakan untuk mengestimasi tingkat intensitas penularan malaria menurut dusun endemis malaria tertentu di wilayah penelitian. Melalui analisis diskriminan, diketahui bahwa faktor-faktor risiko lingkungan dusun yang bermakna pengaruhnya terhadap terjadinya peristiwa peningkatan penularan/KLB malaria di suatu dusun endemis malaria di wilayah penelitian, yaitu: (1) suhu udara; (2) kelembaban udara; (3) kebun campur; (4) pekarangan perumahan dan (5) kepadatan nyamuk vektor.

Tabel 4. Tabel nilai *cutoff point* KLB malaria menurut hasil analisis diskriminan.

KLB	Fungsi
	(1)
0.00	-1.416
1.00	2.946

Ditinjau dari cara pengumpulan data bahan penelitian, tampak bahwa 4 dari 5 variabel prediktor, diperoleh melalui analisis data citra penginderaan jauh. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat intensitas penularan (KLB) malaria menurut dusun di wilayah penelitian dapat diestimasi berdasarkan kondisi faktor risiko lingkungan dusun. Sebagian besar data (80%) diperoleh dengan dukungan penginderaan jauh.

Kedua, model pendekatan perhitungan estimasi tingkat intensitas penularan malaria yang diperoleh adalah suatu bentuk persamaan regresi ganda linear yang rumus umumnya dapat ditulis sebagai berikut: $Y = C + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \dots + B_nX_n$. Melalui aplikasi analisis diskriminan, persamaan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: $Y = -3,198 + 1,936$ (suhu udara) $+ 1,341$ (kepadatan nyamuk vektor) $+ 1,971$ (kelembaban udara) $+ 1,893$ (pekarangan perumahan) $+ 1,339$ (kebun campur). Besarnya nilai *cut off point* dari KLB ditemukan sebesar 1,527. Artinya bila nilai Y dari persamaan tersebut lebih besar dari 1,527 diestimasi satu bulan kemudian di dusun tersebut akan terjadi KLB malaria. Sebaliknya bila nilai Y dari persamaan tersebut lebih kecil dari 1,527 diestimasi satu bulan kemudian di dusun tersebut tidak akan terjadi KLB malaria. Besarnya nilai Y tergantung dari kondisi variabel prediktornya.

Ketiga, ketepatan estimasinya dapat mencapai 95%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengamatan malaria berbasis lingkungan layak untuk diaplikasikan di tanah air. Mungkin untuk penelitian lain angka probabilitas ketepatan ini tidak akan sama, mengingat datanya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat. Di samping nilai probabilitas ketepatan estimasinya yang tinggi, secara teknis operasional, aplikasi sistem pengamatan malaria berbasis lingkungan ini mempunyai beberapa kelebihan dan keuntungan, yaitu: (a) biaya operasionalnya relatif lebih murah, karena

tidak memerlukan banyak alat dan tenaga. Data citra satelit bisa diperoleh dengan mudah, murah dan cepat di Pusat Pelayanan Data Penginderaan Jauh LAPAN Jakarta; (b) proses penyelenggaraannya relatif mudah dan cepat. Untuk memperoleh informasi tingkat intensitas penularan malaria di suatu dusun endemis malaria tertentu dilengkapi dengan kunjungan lapangan untuk *checking*, (c) karena estimasi kejadian KLB malaria dapat dilakukan dengan prosedur ini, maka pengelola program akan mempunyai waktu yang cukup untuk melakukan upaya-upaya pencegahan yang dianggap perlu.

SARAN

Berdasarkan atas kesimpulan tersebut di atas, dapat disarankan sebagai berikut: (1) guna mencegah terjadinya peningkatan kasus atau KLB malaria yang dewasa ini masih sering terjadi di tanah air, perlu kiranya Direktorat Jenderal Pencegahan dan Penularan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman (PPM-PLP), Departemen Kesehatan RI, mempertimbangkan untuk mencoba mengaplikasikan sistem pengamatan malaria berbasis lingkungan yang dikembangkan melalui penelitian ini; (2) dalam proses penyelenggaraannya Depkes perlu menjalin kerjasama dengan Pusat Pelayanan Data Penginderaan Jauh LAPAN Jakarta dalam hal pengadaan data citra penginderaan jauhnya. Depkes diharapkan mengadakan kerja sama dengan Lembaga Pendidikan yang mengelola sumber daya bidang penginderaan jauh, untuk meningkatkan dan memperoleh tenaga yang terampil dalam menganalisis data penginderaan jauh untuk bidang kesehatan; (3) penelitian sejenis yang menekankan pada aspek daerah yang bukan daerah pegunungan serta didukung dengan data yang lebih bersifat multi temporal dan lebih lengkap, perlu dilakukan untuk menyempurnakan dan memantapkan aplikasi sistem pemantauan dinamika penularan penyakit malaria berbasis lingkungan seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas suksesnya kegiatan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada: (1). Pimpinan Proyek ICDC PPM-PL, yang telah mendanai kegiatan penelitian ini; (2). Direktur Jenderal PPM-PL yang telah mengizinkan penulis untuk mengikuti pendidikan pada jenjang S3 di FK UGM Yogyakarta; (4) Promotor dan para co promotor serta para Guru Besar di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah membimbing penulis selama penelitian dan pendidikan; (5) Dr Robert Bos dan Dr Clauss Bough, yang telah membantu terlaksananya pengambilan foto udara di wilayah penelitian; (6) Gubernur Jawa Tengah dan DI Yogyakarta yang telah mengizinkan wilayah Pegunungan sebagai tempat pelaksanaan penelitian serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu perjuangan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga semua

amal baik yang telah diberikan kepada penulis memperoleh ganjaran yang berlipat ganda dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- Beck, L.R., Rodriguez, M.H., Dister, S.W., Robert, D.R., Washino, R.K and Spanner, M.A., 1997, 'Assessment of Remote Sensing: Based model for Predicting Malaria Transmission Risk in Villages of Chiapas, Mexico', *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, pp 99-106
- Depkes., 2001. *Rekapitulasi laporan tahunan Direktorat P2B2*, Ditjen PPM-PLP Depkes RI, Jakarta
- Hair, J.F., Anderson, E.R., Tatham, R.L and Black, W.C., 1995, *Multivariate Data Analysis*, Fourth Edition, Prentice Hal, Hinglewood, New Jersey
- Santoso, S dan Tjiptono, P., 2001, *Riset Pemasaran Konsep dan Aplikasi dengan SPSS.*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Schlesselman, J. J., 1982, *Case Control Studies*, Oxford University Press, Oxford.