

PENGAJIAN PEMANFAATAN DATA TERRA-MODIS UNTUK EKSTRAKSI DATA SUHU PERMUKAAN LAHAN (SPL) BERDASARKAN BEBERAPA ALGORITMA

(The Study of Application of TERRA-MODIS for Land Surface Temperature Extraction

Based on Several Algorithms)

Indah Prasasti, Katmoko Ari Sambodo, Ita Carolita
Peneliti Pusbangja Inderaja, LAPAN

ABSTRACT

Land surface temperature (LST) is one of primary parameters energy balance on the surface and also as primary climatology variable that controlling long-wave energy flux through atmosphere. The LST data is needed for drought estimating models which based on calculating of soil moisture level and/ or evapotranspiration.

TERRA satellite that brings sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) is an environmental observation satellite that can be used for extracting LST data regionally. The MODIS relatively has width coverage; 2330 Km, and spatial resolution 250 m (1 & 2 channel) with high spectral resolution (36 channels), and temporal resolution that almost similar to the previous generation satellite called NOAA.

The objective of this study is to develop model which extract LST data from TERRA-MODIS by using 3 (three) algorithms, e.i Price (1984), Li and Becker (1991) and Coll et al (1994). The result showed that 31 and 32 channel TERRA-MODIS were possibly developed for LST data extracting. The LST value based on Li & Becker (1991) algorithm was the highest, while Price (1984) algorithm was the lowest. The Price (1984), Li & Becker (1991) and Coll et al (1994) algorithms can give the LST better even without accurately emissivity value information.

ABSTRAK

Suhu permukaan (SP) merupakan salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variable klimatologis yang utama yang mengendalikan *Jluks* energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Data suhu permukaan penting bagi model-model pendugaan kekeringan lahan berdasarkan perhitungan tingkat kelembaban tanah atau evapotranspirasi suatu lahan.

Satelit TERRA yang membawa sensor MODIS [*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*] merupakan satelit pengamatan lingkungan yang dapat digunakan untuk ekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional. Satelit ini mempunyai wilayah cakupan yang luas, yakni 2330 Km dengan resolusi spasial 250 m (kanal 1 dan 2) dan resolusi spektral yang tinggi (36 kanal) serta resolusi temporal yang kurang lebih sama dengan satelit generasi sebelumnya yakni NOAA.

Pengkajian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi data TERRA-MODIS guna ekstraksi data SP dengan menerapkan 3 (tiga) algoritma perhitungan, yakni Price (1984), Li dan Becker (1991) dan Coll et. al. (1994). Hasil pengkajian menunjukkan bahwa data TERRA-MODIS memungkinkan untuk dikembangkan guna ekstraksi data SP, yakni dengan memanfaatkan kanal 31 dan 32. Nilai SP tertinggi dihasilkan oleh algoritma Li & Becker (1991) dan terendah oleh algoritma Price (1984). Algoritma Price (1984), Li & Becker (1991) dan Coll et.al., (1994) dapat memberikan hasil pendekatan nilai SP yang baik, walau tanpa informasi nilai emisivitas permukaan yang akurat sekalipun.

Kata kunci: *MODIS, Suhu Permukaan Lahan (SPL)*

1 PENDAHULUAN

Suhu permukaan lahan (SPL) adalah salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variabel klimatologis yang utama. SP mengendalikan *fluks* energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Besarnya SP tergantung pada kondisi parameter permukaan lainnya, seperti albedo, kelembaban permukaan dan tutupan serta kondisi vegetasi oleh karena itu, pengetahuan tentang distribusi spasial SP dan keragaman temporalnya penting bagi penidelan aliran yang akurat antara permukaan dan atmosfer.

Data suhu permukaan sering diperlukan sebagai data masukan dalam model-model perhitungan evapotranspirasi, kelembaban udara, kelengasan tanah, neraca energi, dan lain sebagainya. Data suhu permukaan tersebut dapat diperoleh dari stasiun pengamat cuaca di beberapa tempat. Namun demikian, tidak semua stasiun cuaca memiliki alat pengukur suhu permukaan.

Selama ini perolehan data suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer yang dipasang di permukaan tanah untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanah dan menggunakan termometer yang dipasang di dalam sangkar cuaca untuk mendapatkan suhu udara permukaan. Sementara itu, data suhu tersebut masih bersifat lokal setempat. Untuk mendapatkan data suhu yang bersifat lebih regional diperlukan data suhu yang dikumpulkan dari beberapa stasiun.

Dengan masih beroperasinya Satelit TERRA dan Aqua yang membawa sensor MODIS [*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometei*], diharapkan dapat memenuhi kriteria untuk ekstraksi data suhu permukaan yang lebih bersifat regional. Satelit ini mempunyai wilayah cakupan yang luas, yakni 2330 Km dengan resolusi spasial 250 Km (kanal 1 dan 2) dan resolusi spektral yang tinggi (36 kanal) serta resolusi temporal yang kurang lebih sama

dengan satelit NOAA-AVHRR, yakni 1-2 hari serta menggunakan data 12 bit pada semua kanal (Wan, 1999). Selain itu, satelit MODIS merupakan penyedia data untuk proses-proses pengkajian global tentang atmosfer, daratan dan lautan (Salomonson *et al*, 1989 dalam Wan, 1999).

Beberapa metode telah dikembangkan oleh para peneliti, yang kesemuanya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yakni (1) metode kanal tunggal, (2) metode multLanguIar, dan (3) metode multi-kanal (*split window*) (Becker dan Li, 1990 dalam Vogt, 1996). Metode *split window* merupakan metode yang sering digunakan. Konsep ini berdasarkan metode Anding dan Kauth (1970, dalam Vogt, 1996), yakni didasarkan pada sifat transmitansi atmosfer yang berbeda pada dua jarak spektral dekat pada jendela infra merah antara 11-12 μm , yang di pusatkan pada 10,8 μm dan 11,9 μm . Pada data MODIS kanal-kanal yang dapat digunakan untuk menurunkan data SP adalah kanal 31 (10.780 - 11.280 μm) dan kanal 32 (11.770-12.270 μm).

Pengembangan aplikasi dari data MODIS ini masih sangat sedikit hingga saat ini. Hal ini dikarenakan satelit ini masih relatif baru dalam sistem operasinya. Dengan demikian, aplikasi data MODIS tersebut masih perlu terus dicoba dan dikembangkan dalam berbagai bidang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi data MODIS untuk ekstraksi data Suhu Permukaan (SP) dengan menggunakan beberapa algoritma perhitungan suhu permukaan. Data suhu permukaan yang diperoleh tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan untuk aplikasi yang bersifat lebih regional.

2 DATA DAN METODE

2.1 Data

Data yang digunakan dalam pengembangan model pendugaan Suhu Permukaan (SP) adalah data TERRA-

MODIS wilayah P. Jawa tanggal 17 Juli 2001, yakni data kanal 31 dan 32 resolusi 1000 m (EV_1000m_Emissive). Data MODIS tersebut diperoleh dari website milik NASA (www.modis.gsfc.nasa.gov).

Alat yang digunakan dalam pengolahan data adalah perangkat lunak HDFLook dan MSpinx. Kedua perangkat lunak tersebut di *download* dari internet.

2.2 Metode

2.2.1 Metode perhitungan nilai SP

Pengolahan data SP pada penelitian ini didasarkan pada 3 (tiga) persamaan, yakni persamaan Price (1984), Li dan Becker (1991), dan Coll *et.al*, (1994). Persamaannya masing-masing adalah sebagai berikut :

- Price (1984)

$$SP1 = Tb_{31} + 3,33 (Tb_{31} - Tb_{32}) * ((5,5 - 8_{31})/4,5) + 0.75 Tb_{31} (e_{31} - s_{32})$$

- Li dan Becker (1991)

$$SP2 = A_0 + P [(Tb_{31} - Tb_{32})/2] + M [(Tb_{31} - Tb_{32})/2]$$

dengan $A_0 = 1,274$

$$P = 1.00 + 0.15616 ((1 - e/e) - 0.482 (Ae/s^2))$$

$$M = 6.26 + 3.98 ((1 - e/e) - 38,33 (Ae/e^2))$$

Menurut Wan (1999), untuk data MODIS besarnya emisivitas kanal 31 e_{31} adalah 0.989 dan kanal 32 (e_{32}) = 0,988, sehingga $Ae = 0.001$. Sementara itu, nilai emisivitas rata-rata permukaan bervegetasi adalah 0,97 dan $e = ((e_{31} + M/2)$.

- Coll *et.al*, (1994)

$$SP3 = Tb_{31} + A (Tb_{31} - Tb_{32}) + B$$

$$A = 1.0 + 0.58 (Tb_{31} - Tb_{32})$$

$$B = 0.51 + 40 (1 - e) - pAe \text{ dimana } e = (e_{31} + e_{32})/2 \text{ dan}$$

$$Ae = e_{31} - e_{32} = 0.001, e_{31} = 0.989 \text{ dan } e_{32} = 0.988$$

$$P \text{ untuk wilayah tropis} = 50^\circ K$$

Selanjutnya untuk mengkonversi nilai SP ($^\circ K$) ke SP ($^\circ C$), maka nilai yang dihasilkan dikurangi dengan $273^\circ K$.

2.2.2 Klasifikasi nilai SP

Pengklasifikasian nilai SP ini ditujukan untuk mendapatkan pola tampilan SP yang dapat diperbandingkan antara satu dengan yang lainnya. Klasifikasi nilai SP dilakukan dengan terlebih dulu membuat masking awan dan laut. Pembuatan masking awan ini dilakukan untuk memisahkan antara daratan dengan awan dan laut. Proses pemisahan daratan, laut dan awan adalah sebagai berikut :

- **Pemisahan areal tertutup awan (kelas awan)**

Jika $Tb_{31} < 29^\circ K$, maka wilayah tersebut adalah awan, atau

$$|Tb_{31} - Tb_{32}| < 1,2^\circ K, \text{ atau}$$

$$(Tb_{31} / Tb_{32}) > 0.996$$

selanjutnya citra klasifikasi awan ini disimpan dalam satu file, yakni file masking awan dan diberi warna putih.

- **Pemisahan darat dengan laut (kelas laut)**

Untuk memisahkan areal darat dengan laut dilakukan melalui pelacakan kisaran nilai maksimum atau minimum nilai SP untuk lokasi laut. Selanjutnya, nilai-nilai yang mewakili laut dibuang dan diberi nilai 0 dan disimpan dalam file laut.

Dari proses pemisahan kelas awan dan laut ini dihasilkan nilai SP khusus untuk wilayah daratan.

Selanjutnya, nilai SP wilayah daratan ini diklasifikasikan berdasarkan kriteria seperti yang dijelaskan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1: KLASIFIKASI NILAI SP UNTUK SEMUA ALGORITMA

Kisaran nilai SP	Warna
< 17.50	Putih
17.50 – 19.50	Biru tua
19.50 – 21.50	Biru muda
21.50 – 23.50	Cyan
23.50 – 25.50	Violet
25.50 – 27.50	Magenta
27.50 – 29.50	Orange
>29.50	kuning

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada peielitian ini SP diekstraksi dari kanal 31 dan 32 data MODIS yang memiliki resolusi 1000m. Untuk tujuan ekstraksi nilai SP digunakan nilai emisivitas rata-rata kanal 31 dan 32 (ϵ_{31} dan ϵ_{32}) seperti yang dikemukakan oleh Wan (1999), yakni $A_e = 0.001$ dan $e = ((0.989 + 0.988J/2) - 0.9885$. Ada 3 (tiga) algoritma yang dicoba diterapkan pada penelitian ini, yakni metode Price (1984), Li & Becker (1991) dan Coll *et al* (1994). Citra SP yang dihasilkan disajikan pada Gambar 3-1 s-d Gambar 3-3. Untuk melihat perbedaan nilai SP yang dihasilkan oleh masing-masing algoritma dilakukan pemilihan titik-titik sampel lokasi yang sama untuk setiap algoritma SP. Nilai SP dari titik-titik sampel pada masing-masing algoritma dibenkan pada Tabel3-1.

Berdasarkan citra Gambar 3-1 s.d Gambar 3-3 dan titik-titik sampel yang diambil tampak bahwa nilai SP terendah dihasilkan dari algoritma Price (1984), diikuti kemudian oleh algoritma Coll, *et al* (1991) dan tertinggi diperoleh dengan algoritma Li & Becker (1991). Nilai SP terendah yang diperoleh dengan Algoritma Price berkisar antara 17.50°C - 19.50°C, sedangkan nilai tertinggi berada pada kisaran 27.50°C - 29.50°C.

Algoritma yang diajukan oleh Price (1984) merupakan algoritma *split-window* yang telah memasukkan faktor koreksi terhadap pengaruh emisivitas. Kajian dari model Price ini dilakukan pada lahan pertanian dan mampu mendeteksi SP dengan ketepatan hingga $\pm 3^\circ\text{K}$. Persamaan yang diajukan oleh Price ini dapat mencapai SP sekitar 300°K (27°C). Algoritma Price ini telah digunakan secara luas dan telah memasukkan faktor koreksi adanya

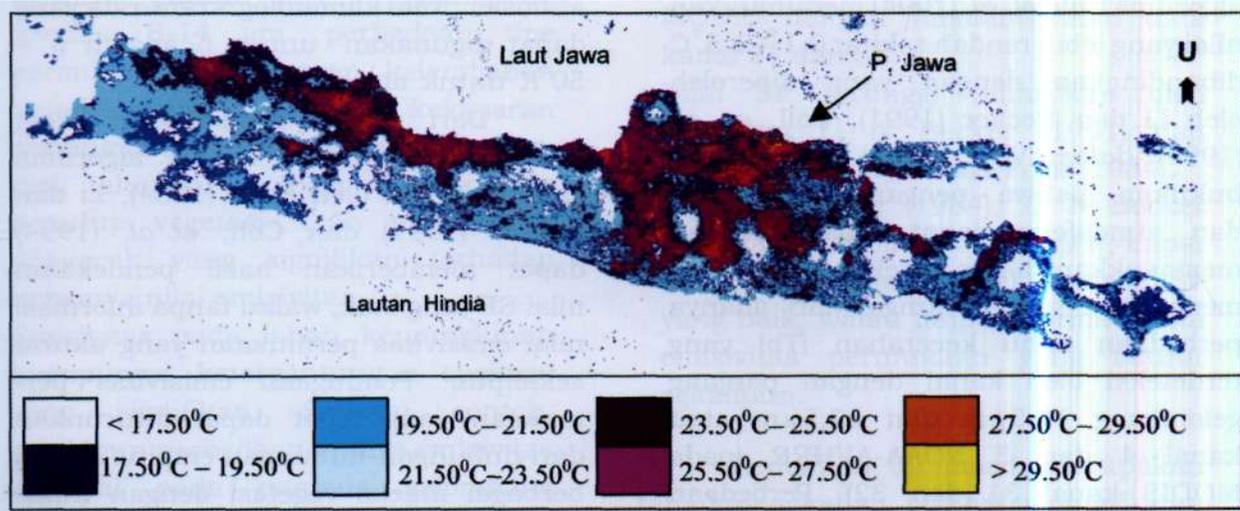
pengaruh uap air atmosfer dengan memasukkan fraksi perbedaan suhu kecerahan (T_b) yang berasal dari kanal 4 dan 5 data NOAA-AVHRR (pada data MODIS kanal 31 dan 32). Bahkan dengan nilai emisivitas dugaan yang kasar sekalipun, algoritma Price ini telah membuktikan dapat menghasilkan nilai SP yang cukup rasional, khususnya pada lingkungan atmosfer tropis yang lembab (Cooper dan Asrar, 1989; Vidal, 1991 dalam Vogt, 1996).

Apabila dibandingkan dengan dua algoritma yang lain, maka algoritma Li dan Becker (1991) menghasilkan nilai yang paling tinggi. Li dan Becker (1991) mengajukan koefisien-koefisien lokal pada algoritma *split-window* sebagai sebuah fungsi dari emisivitas permukaan lokal yang terdeteksi pada kanal 4 dan 5 NOAA-AVHRR (pada data MODIS kanal 31 dan 32). Secara teoritis, Li dan Becker (1991 dalam Vogt, 1996) menunjukkan bahwa apabila nilai emisivitas spektral yang diduga cukup baik dan koefisien-koefisien linearisasi dari transmisi atmosferis dipilih secara tepat seperti yang digunakan dalam pendekatan *split-window*, maka dapat menghasilkan nilai dugaan SP yang baik. Namun demikian, pengambilan/penentuan nilai emisivitas yang tepat pada kedua kanal tersebut relatif sulit. Hasil dari Wan dan Dozier (1989 dalam Vogt, 1996) dengan menggunakan Algoritma Li dan Becker, juga menunjukkan bahwa secard teoritis model Li dan Becker dapat digunakan untuk memperoleh nilai SP suatu penutup lahan yang berbeda dengan cara menduga nilai emisivitas permukaan berdasarkan pendekatan linier dan algoritma *split-wondow*.

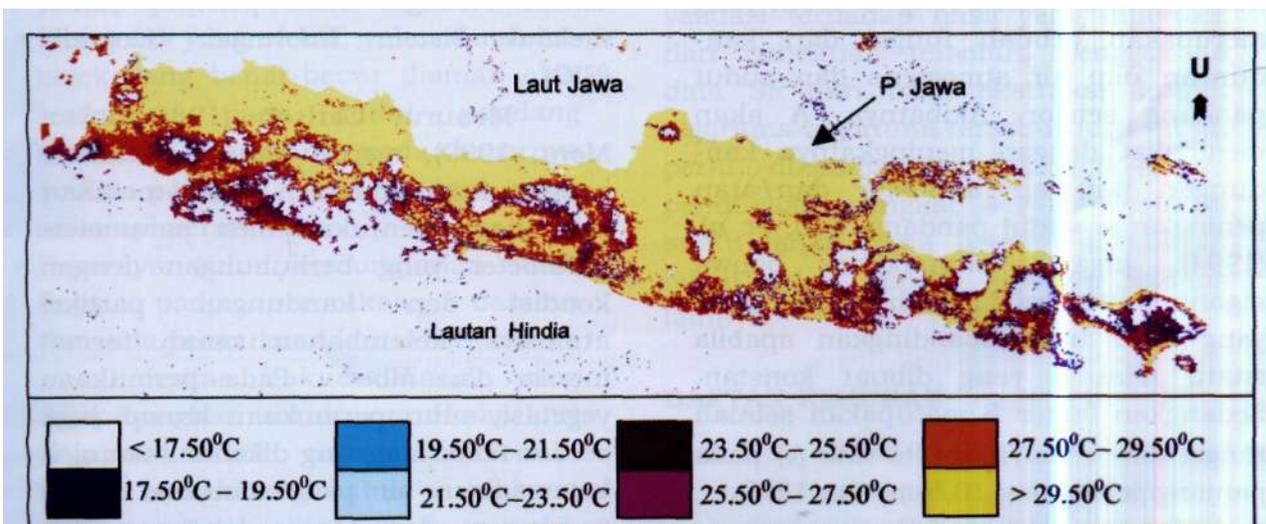
Tabel3-1: NILAI SP TITIK-TITIK LOKASI SAMPEL YANG DIEKSTRAKSI DARI ALGORITMAPRICE (1984), LI&BECKER (1991), DAN COLL, ET.AL. (1994).

Posisi	Titik	Nilai SP dari			Keterangan
		Price (1984)	Li & Becker (1991)	Coll, et. Al. (1994)	
X	Y				
186	53	27,9	37,9	37,8	Jakarta
191	49	26,2	35,4	34,7	Jakarta
193	68	24,6	32,8	31,6	Jakarta
"632	98	11,1	14,3	12,8	Puncak Gn. Muria
646	91	24,0	31,1	29,4	Sekitar Gn. Muria
642	96	23,0	29,0	27,2	Sekitar Gn. Muria
18	116	20,9	27,2	25,4	Ujung Kulon
304	69	23,4	29, 3	27,4	Pantura
301	62	25,2	32,4	30,8	Pantura
312	66	25,8	33,2	31,6	Pantura

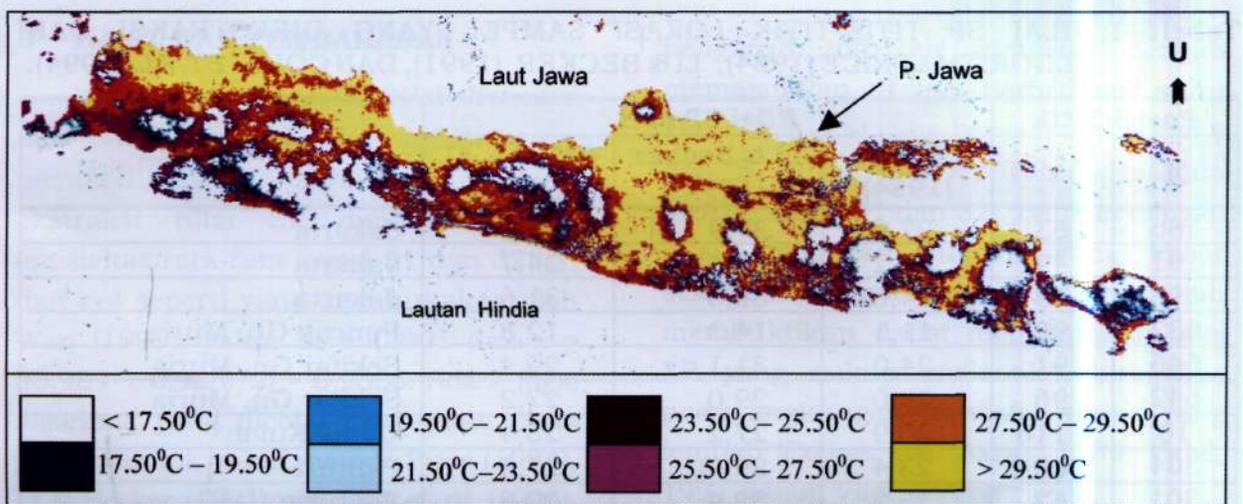
Selanjutnya, untuk dapat melihat perbedaan nilai SP yang diperoleh dari masing-masing algoritma secara visual dilakukan klasifikasi citra SP.



Gambar 3-1: Citra SP pulau Jawa tanggal 17 Juli 2001 yang diekstraksi dengan algoritma Price (1984)



Gambar 3-2: Citra SP pulau Jawa tanggal 17 Juli 2001 yang diekstraksi dengan algoritma Li dan Becker (1991)



Gambar3-3:Citra SP pulau Jawa tanggal 17 Juli 2001 yang diekstraksi dengan algoritma Coll *et.al.* (1991)

Nilai SP yang diperoleh dari algoritma Coll, *et. al.* (1994) menunjukkan nilai yang lebih rendah sekitar $0,1^{\circ} - 1,5^{\circ}C$ dibandingkan dengan yang diperoleh oleh Li dan Becker (1991). Coll, *et. al.* (1994) dalam Vogt (1996) telah membuktikan bahwa pengaruh emisivitas dan atmosferis dapat dibagi dengan memasukkan faktor koreksi A dan B. A merupakan sebuah fungsi dari adanya perbedaan suhu kecerahan (T_b) yang terdeteksi oleh kanal dengan panjang gelombang 10,5 (im dan 12,5 μm atau kanal 4 dan 5 NOAA-AVHRR (pada MODIS kanal 31 dan 32). Perbedaan suhu kecerahan yang terdeteksi oleh kedua kanal tersebut tergantung pada besarnya transmisi atmosferis total pada kedua panjang gelombang tersebut yang merupakan sebuah fungsi dari kandungan uap air atmosferis dan sudut pandang sensor. Akibatnya, A akan meningkat dengan meningkatnya kandungan uap air atmosfer dan/atau peningkatan sudut pandang. Coll, *et. al.* (1994) juga menunjukkan bahwa algoritmanya ini menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan apabila suatu nilai A yang dibuat konstan. Sedangkan faktor B merupakan sebuah fungsi dari emisivitas rata-rata (s) pada panjang gelombang 10,5 nm dan 12,5(im, perbedaan emisivitas permukaan pada kanal 4 dan 5 NOAA-AVHRR (A_e), dan sebuah koefisien p yang menurun dengan

meningkatnya kandungan uap air atmosfer. Nilai klimatologis rata-rata yang dapat digunakan untuk P adalah $p = 50^{\circ}K$ untuk atmosfer tropis.

Dari hasil pembahasan Vogt (1996) dikemukakan bahwa algoritma yang diajukan oleh Price (1984), Li dan Becker (1991) dan Coll, *et. al.* (1994) dapat memberikan hasil pendekatan nilai SP yang baik, walau tanpa informasi nilai emisivitas permukaan yang akurat sekalipun. Pendugaan emisivitas permukaan yang tepat dapat diturunkan dari hubungan-hubungan empiris antara berbagai indeks vegetasi dengan fraksi penutup vegetasi. Selain itu, dapat pula dicapai melalui pemodelan evolusi temporal dari emisivitas permukaan untuk berbagai kelas penutup lahan melalui Sistem Informasi Geografis (SIG).

Menurut Carlson (1986 dalam Mora, 1999), respon suhu permukaan sangat ditentukan oleh radiasi matahari dan juga ditentukan oleh parameter-parameter yang berhubungan dengan kondisi dan kandungan partikel atmosfer, kelembaban tanah termal inersia dan albedo. Pada permukaan vegetasi, suhu permukaan kanopi juga secara tidak langsung dikendalikan oleh ketersediaan air pada mintakat (zona) perakaran, dan secara langsung oleh evapotranspirasi (pola suhu permukaan dapat diduga dengan algoritma *split-*

window dengan menggunakan informasi dari kanal infra merah termal (Poza Vasquez *et.al.*, 1997 dalam Mora, 1999). Koefisien-koefisien *split-window* akan tergantung pada kondisi atmosfer dan emisivitas permukaan. Suhu permukaan daratan dapat diturunkan dari kanal yang bekerja pada kisaran panjang gelombang 10,8 μm dan 12 μm . Faktor yang mempengaruhi keakuratan perolehan SP menurut hasil *review* dari beberapa pustaka yang dilakukan oleh Vogt (1996) yakni sebagai berikut:

- Nilai emisivitas pada permukaan daratan cukup beragam dalam ruang dan waktu dengan nilai absolut berkisar antara 0,91 - 0,98 pada *window* 8-14 pm. perbedaan tipe permukaan, kandungan kelembaban tanah, tekstur tanah dan kekasaran permukaan, persentase tutupan vegetasi, tahapan fenologis dan struktur penutup vegetasi akan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap besarnya nilai emisivitas.
- Emisivitas pada lahan kemungkinan mempunyai ketergantungan spektral yang signifikan. Sebagai contoh, meskipun perbedaan antara emisivitas spektral pada panjang gelombang AVHRR kanal 4 dan 5 biasanya akan lebih kecil dari 0,01; variasi ini akan mempunyai pengaruh yang berarti pada perolehan SP.
- Emisivitas yang efektif, yakni emisivitas objek yang benar-benar diamati oleh instrumen pada sudut pandang tertentu, tergantung pada besarnya sudut pandang sensor dan pada anisotropi permukaan.
- Besarnya suhu kemungkinan lebih tinggi pada permukaan daratan daripada permukaan laut. Oleh karena itu, linieritas hukum Planck yang dikembangkan untuk permukaan laut mungkin tidak cukup memenuhi untuk menghitung suhu permukaan daratan. Selain itu, tingkat jenuh suatu sensor juga dapat menyebabkan kesalahan perhitungan SP di lingkungan yang sangat panas.

- SP juga dapat dipengaruhi oleh keragaman permukaan yang tercakup pada ukuran piksel resolusi suatu sensor.
- SP mengalami perubahan diurnal yang besar, sehingga waktu penghitungan menjadi sangat penting diketahui.
- Pada suatu daratan, suhu udara mungkin akan sangat berbeda dengan suhu permukaan dekat tanah.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Nilai SP dimungkinkan untuk dikembangkan dan diekstraksi dari data MODIS dengan memanfaatkan data kanal 31 dan 32.
- Nilai SP tertinggi dihasilkan oleh algoritma Li & Becker (1991) dan terendah oleh algoritma Price (1984).
- Algoritma Price (1984), Li & Becker (1991) dan Coll *et al.*, (1994) dapat memberikan hasil pendekatan nilai SP yang baik, walau tanpa informasi nilai emisivitas permukaan yang akurat sekalipun.

Penelitian ini masih merupakan tahap pengkajian potensi pemanfaatan data TERRA-MODIS untuk ekstraksi data SP berdasarkan 3 algoritma, sehingga masih perlu evaluasi dan validasi terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut. Penggunaan data SP dari hasil ekstraksi dengan algoritma-algoritma tersebut juga masih perlu dikembangkan, seperti dalam pendugaan tingkat evapotranspirasi suatu lahan guna deteksi kekeringan lahan, dan dalam aplikasi bidang lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Coll, C; V. Caselles; and T. J. Schmugge. 1994. *Estimation of Land Surface Emissivity Differences in the Split-Window Channels of AVHRR*. Remote Sensing of Environment, 47, 1 - 25.

- Cooper, D. I.; and G. Asrar. 1989. *Evaluating Atmospheric Correction Models for Retrieving Surface Temperatures from the AVHRR Over a Tallgrass Prairie. Remote Sensing of Environment*, 27, 93 - 102.
- U, Z.L. and F. Becker. 1991. *Determination of Land Surface Temperature and Emissivity from A VHRR Data*. Proc 5th- AVHRR Data User's Meeting. June 25th - 29th 1991, Tromse/Norway, (EUMETSAT, EUM P09), 405-410.
- Li, Z.L. and F. Becker. 1993. *Feasibility of Land Surface Temperature and Emissivity Determination from AVHRR Data*. *Remote Sensing of Environment*, 43, 67 - 85.
- Price, J. C. 1984. *Land Surface Temperature Measurements From the Split Window Channels of the NOAA 7 AVHRR*. *Journal of Geophysical Research*, 89 (D5), 7231 - 7237.
- Seguin, B. 1996. *The Use of AVHRR-Derived Land Surface Temperature Estimates For Agricultural Monitoring*. In D'Souza, G., A. S. Belward and J. P. Malingreau. (editor) : *Advances in the Use of NOAA AVHRR Data For Land Applications*. *Remote Sensing*. Vol. 5. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. P:357 - 376.
- Vogt, J. C. 1996. *Land Surface Temperature Retrieval From NOAA AVHRR Data* In D'Souza, G., A. S. Belward and J. P. Malingreau. (editor) : *Advances in the Use of NOAA AVHRR Data For Land Applications*. *Remote Sensing*. Vol. 5. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. P: 125 - 151.
- Wan, Zhenming. 1999. *MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD) version 3.3*. Institute for Computational Earth System Science. University of California. Santa Barbara, C.A. 93106 - 3060.