

# **PENERAPAN METODE *THORNTHWAITE* UNTUK MENGESTIMASI EVAPOTRANSPIRASI DI DAS CITARUM MENGUNAKAN DATA *TERRA-MODIS***

**Nani Cholianawati**

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Jl. Dr. Djundjuna No.133 Bandung  
[nani.cholianawati@gmail.com](mailto:nani.cholianawati@gmail.com)

## **Abstract**

Information on evapotranspiration (ET), or consumptive water use, important for water resource planning and scheduling irrigation. Evapotranspiration can be calculated by using the parameters of the model climatology Thornthwaite, such as temperature. The parameters were obtained from MODIS data (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) level 2 MOD07 from year 2000 to 2009. This study aimed to estimate the value of potential evapotranspiration monthly average (mm / month) and total (mm / year) in the area of Citarum River Basin, one of the largest river basin in Indonesia. Data were processed using IDL programming language. Downstream area of Citarum area (north) had a higher ETP values compared with the upstream (south). June was the month that had lowest average value of ETP, while October had the highest value of ETP.

**Keywords:** evapotranspiration, Thornthwaite, Terra-MODIS

## **Abstrak**

Informasi tentang evapotranspirasi (ET), atau penggunaan air konsumtif, penting bagi perencanaan sumber daya air dan penjadwalan irigasi. Evapotranspirasi dapat dihitung dengan model Thornthwaite menggunakan parameter klimatologi, berupa suhu. Parameter tersebut diperoleh dari data MODIS (Moderate resolution Imaging Spectroradiometer) level 2 MOD07 dari tahun 2000-2009. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan (mm/bulan) dan total (mm/tahun) di wilayah DAS Citarum, salah satu DAS terbesar di Indonesia. Data diolah menggunakan bahasa pemrograman IDL. Wilayah Citarum bagian hilir (utara) memiliki nilai ETP yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian hulu (selatan). Bulan Juni merupakan bulan yang mempunyai nilai ETP rata-rata terendah, sedangkan bulan Oktober mempunyai nilai ETP yang tertinggi.

**Kata kunci:** evapotranspirasi, Thornthwaite, Terra-MODIS

## **1. PENDAHULUAN**

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi tanaman. Jumlah air yang diperlukan atau yang digunakan oleh tanaman bergantung dari beberapa faktor lingkungan (iklim dan tanah) serta tanaman (jenis, pertumbuhan, dan fase perkembangan). Gabungan kehilangan air melalui permukaan tanah (evaporasi) dan melalui tanaman (transpirasi) disebut evapotranspirasi atau disebut juga penggunaan air tanaman (*water use*). Evapotranspirasi merupakan ukuran total kehilangan air (penggunaan air) untuk suatu luasan melalui evapotranspirasi dari permukaan tanah atau air dari transpirasi permukaan tanaman. Secara potensial, evapotranspirasi ditentukan hanya oleh unsur-unsur iklim, sedangkan secara aktual, evapotranspirasi juga ditentukan oleh kondisi tanah dan sifat tanaman<sup>[1]</sup>.

Sebaran hujan yang tidak selalu merata baik menurut ruang dan waktu menyebabkan kondisi ketersediaan air tanah menjadi berbeda pula pada setiap ruang dan waktunya. Faktor iklim yang berperan dalam ketersediaan air tanaman adalah curah hujan

dan evapotranspirasi. Evapotranspirasi berpengaruh terhadap ketersediaan air tanah. Evapotranspirasi merupakan gabungan evaporasi permukaan tanah dan transpirasi tanaman yang menguap melalui akar tumbuhan ke batang daun menuju atmosfer <sup>[2]</sup>. Evapotranspirasi digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman yang diperlukan dalam perencanaan irigasi. Daerah kering memiliki ETP tinggi, sementara daerah lembab memiliki ETP yang lebih rendah <sup>[3]</sup>.

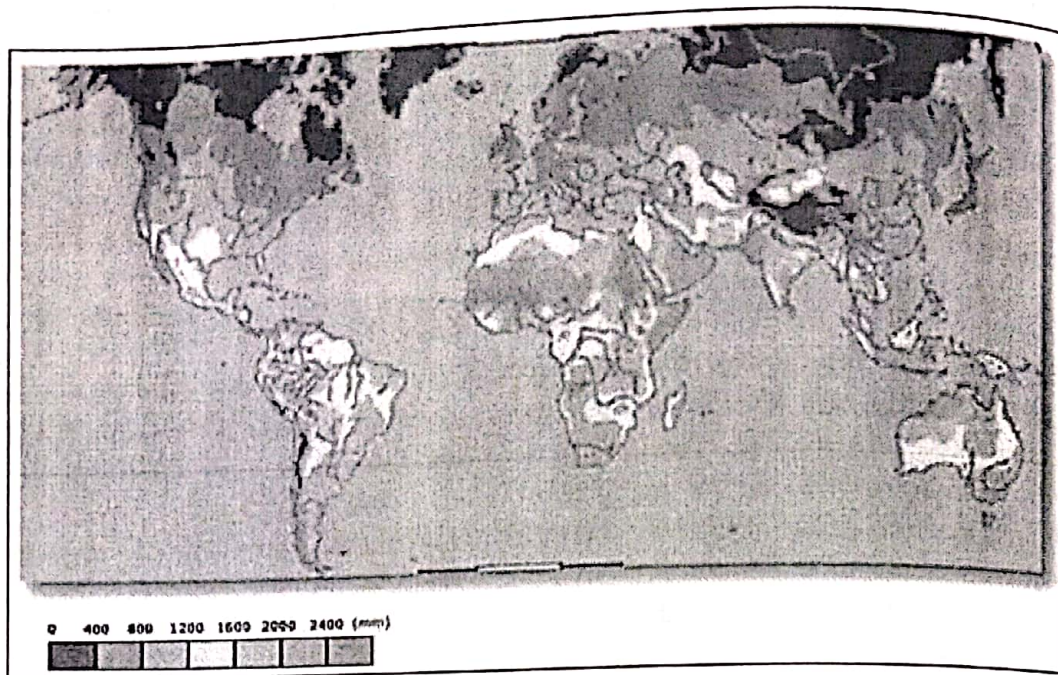
Evapotranspirasi mewakili perpindahan air dari bumi kembali ke atmosfer (kebalikan dari presipitasi). Seperti kita ketahui bagaimana curah hujan bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya dan bervariasi sepanjang tahun dari satu tahun ke tahun lainnya. Di sisi lain, belum ada instrumen yang secara sempurna mengukur perpindahan air dari bumi kembali ke atmosfer, dan konsekuensinya kita tidak bisa langsung mengetahui sebaran evapotranspirasi dalam ruang dan waktu. Evapotranspirasi merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi dan estimasi evapotranspirasi yang akurat jelas pentingnya, meskipun dalam prakteknya sulit dicapai karena evapotranspirasi tidak bisa diukur secara langsung dan bervariasi menurut ruang dan waktu <sup>[4]</sup>.

Sejumlah metode empiris telah dikembangkan selama 50 tahun untuk mengestimasi evapotranspirasi dari variabel iklim dan meteorologi yang berbeda-beda. Salah satunya adalah metode *Thornthwaite*. Metode ini dikembangkan dari data limpasan dan curah hujan pada beberapa DAS. Hasilnya adalah terdapat hubungan empiris antara evapotranspirasi potensial dan temperatur udara rata-rata.

Suhu udara permukaan merupakan suhu udara pada ketinggian 1,25 – 2 meter di atas permukaan bumi. Selama sehari semalam (12 jam) maupun 1 tahun (12 bulan), suhu udara permukaan selalu mengalami variasi suhu udara atau mengalami perubahan atau perbedaan selama periode waktu tertentu. Suhu udara permukaan terjadi sebagai akibat adanya radiasi panas matahari yang sampai ke permukaan bumi, yang sebagian besar nilainya tergantung dari bentuk dan jenis permukaan bumi yang menerima radiasi tersebut. Dari seluruh radiasi matahari yang dipancarkan, selain diterima oleh permukaan bumi juga sebagian diserap oleh atmosfer dan dipancarkan kembali ke angkasa <sup>[1]</sup>.

Metode *Thornthwaite* mengasumsikan terdapat korelasi yang tinggi antara suhu rata-rata dengan beberapa parameter penting lainnya seperti radiasi, kelembaban udara, dan angin. Kemudahan dalam penerapannya sering dijadikan pertimbangan utama metode ini digunakan. Metode kesetimbangan panas dan fluks uap memerlukan data meteorologi dan yang tidak diamati atau diamati hanya pada titik-titik yang terpisah. Di lain sisi, formula empiris *Thornthwaite* dapat digunakan pada tiap lokasi yang memiliki rekaman data temperatur. Hal inilah yang menjadikan metode ini digunakan secara universal <sup>[5]</sup>.





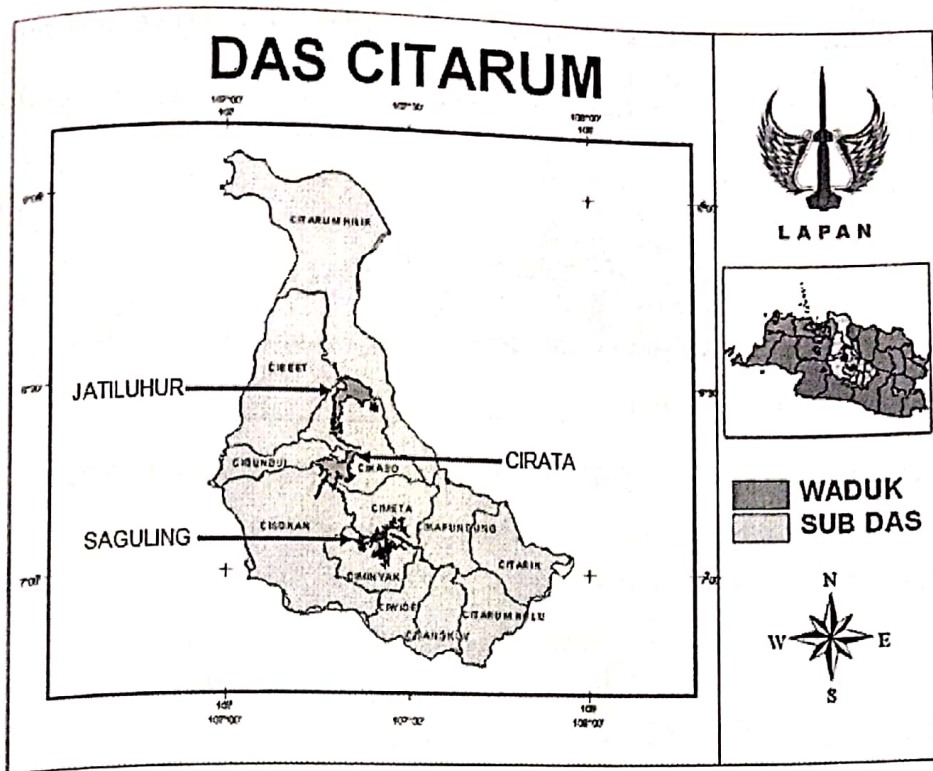
Gambar 1.1. ETP rata-rata total tahunan (mm/tahun) dari UNEP.

Gambar 1.1 menunjukkan evapotranspirasi potensial rata-rata total tahunan (mm/tahun) wilayah dunia, diantaranya wilayah Indonesia memiliki nilai evapotranspirasi antara 1200-1600 mm/tahun. Apabila suatu wilayah mendekati kutub, maka nilai evapotranspirasi semakin rendah, dikarenakan suhu yang semakin menurun. Untuk melihat sebaran evapotranspirasi dengan spasial yang bagus, diperlukan data masukan dengan spasial yang baik pula, misalnya dengan menggunakan data satelit. Dalam hal ini adalah data dari satelit *Terra* dengan instrumen MODIS.

MODIS merupakan spectroradiometer pencitraan pasif, disusun dalam 36 *band* spektral, yang meliputi wilayah *visible* dan infra merah. MODIS juga merupakan instrumen dengan *signal-to-noise* tinggi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan oseanografi, terestrial, dan observasi atmosfer. Terdapat berbagai macam produk dari MODIS untuk berbagai penerapan dalam ilmu kebumihan, salah satunya adalah MOD07\_L2 yang menyediakan data temperatur permukaan.

Penelitian ini difokuskan di Daerah Aliran Sungai Citarum (Gambar 1.2). DAS Citarum merupakan DAS terbesar dan terpanjang di Jawa Barat, secara geografis terletak pada  $106^{\circ}51'36''$  –  $107^{\circ}51'$  BT dan  $7^{\circ}19'$  –  $6^{\circ}24'$  LS, di dalamnya terdapat 12 sub DAS dan 3 waduk yang sangat penting, yakni waduk Jatiluhur, waduk Cirata, dan waduk Saguling. Luas DAS Citarum 718.268,53 Ha, panjangnya 269 km (sungai utama), 14.346,24 km (termasuk anak sungai).





Gambar 1.2. Peta Lokasi Penelitian (DAS Citarum Beserta Sub DASnya).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah evapotranspirasi potensial yang terjadi di wilayah DAS Citarum (kecuali waduk Jatiluhur, Cirata, dan Saguling) dengan menggunakan unsur iklim berupa temperatur, sehingga dalam proses lanjutan dapat menganalisa neraca air di wilayah tersebut.

## 2. DATA DAN METODE

Data yang dipergunakan sebagai masukan dalam mengestimasi evapotransporasi bulanan adalah data suhu permukaan dari satelit *Terra*-MODIS Day Level 2 (MOD07\_L2) dengan resolusi spasial  $0,045^{\circ}$  ( $\sim 5$  km) selama 120 bulan (Januari 2000 – Desember 2009) di wilayah DAS Citarum. Data tersebut diperoleh dari NASA Goddards Space Flight Center (GSFC) Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System (LAADS Web) <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>.

Citra MODIS yang telah diunduh memerlukan prosedur *geo-referencing*. *Geo-referencing* dibutuhkan untuk meregistrasi citra, menyimpannya dalam basisdata GIS, dan memungkinkan proses geolokasi observasi satelit di lautan dan daratan. Prosedur ini dilakukan dengan sebuah *tool* yaitu MODIS Tool Kit Conversion (MCTK). Selain melakukan *geo-referencing*, MCTK juga melakukan konversi atau penskalaan menggunakan persamaan 2.1. *Scale type*-nya adalah

"Y=Slope\*X+Intercept" ..... (2.1)

Setelah selesai proses tersebut, kemudian dilakukan mosaik citra selama sebulan untuk memperoleh data citra bulanan dengan menggunakan *tool* dari ENVI yang kemudian dituangkan menggunakan bahasa pemrograman IDL.

Metode *Thorntwaite* memanfaatkan suhu udara sebagai indeks ketersediaan energi panas untuk berlangsungnya proses evapotranspirasi dengan asumsi suhu udara tersebut berkorelasi dengan efek radiasi matahari dan unsur lain yang mengendalikan

evapotranspirasi (angin, kelembaban, vegetasi, tanah, dll). Untuk mengestimasi ETP metode *Thornthwaite* bisa menggunakan rumus<sup>[6]</sup>.

Rumus ini berlaku untuk suhu udara rata-rata bulanan ( $t < 26.5^{\circ}\text{C}$ ), yaitu

$$ETP = 1,6\left(\frac{10t}{I}\right)^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana,

ETP : evapotranspirasi potensial bulanan (cm/bulan)

t : suhu rata-rata bulanan ( $^{\circ}\text{C}$ )

I : akumulasi indeks panas dalam setahun yang diperoleh dengan rumus:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239 \dots\dots(2.4)$$

Sedangkan untuk suhu udara rata-rata bulanan ( $t \geq 26.5^{\circ}\text{C}$ )

$$EPT(t \geq 26,50^{\circ}\text{C}) = -0,0433 \times t^2 + 3,2244 \times t - 41,545 \dots\dots\dots(2.5)$$

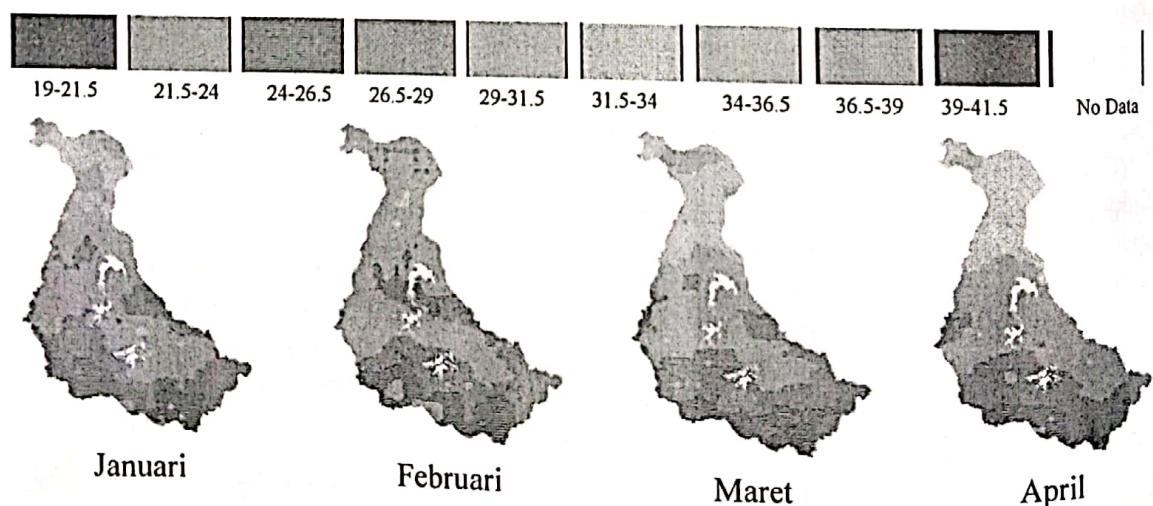
Nilai ETP yang diperoleh ini belum dikoreksi dengan faktor kedudukan matahari atau faktor lintang (F). Nilai F dapat dilihat dalam tabel. Sehingga nilai:

$$ETP_{(terkoreksi)} = ETP \times E \dots\dots\dots(2.6)$$

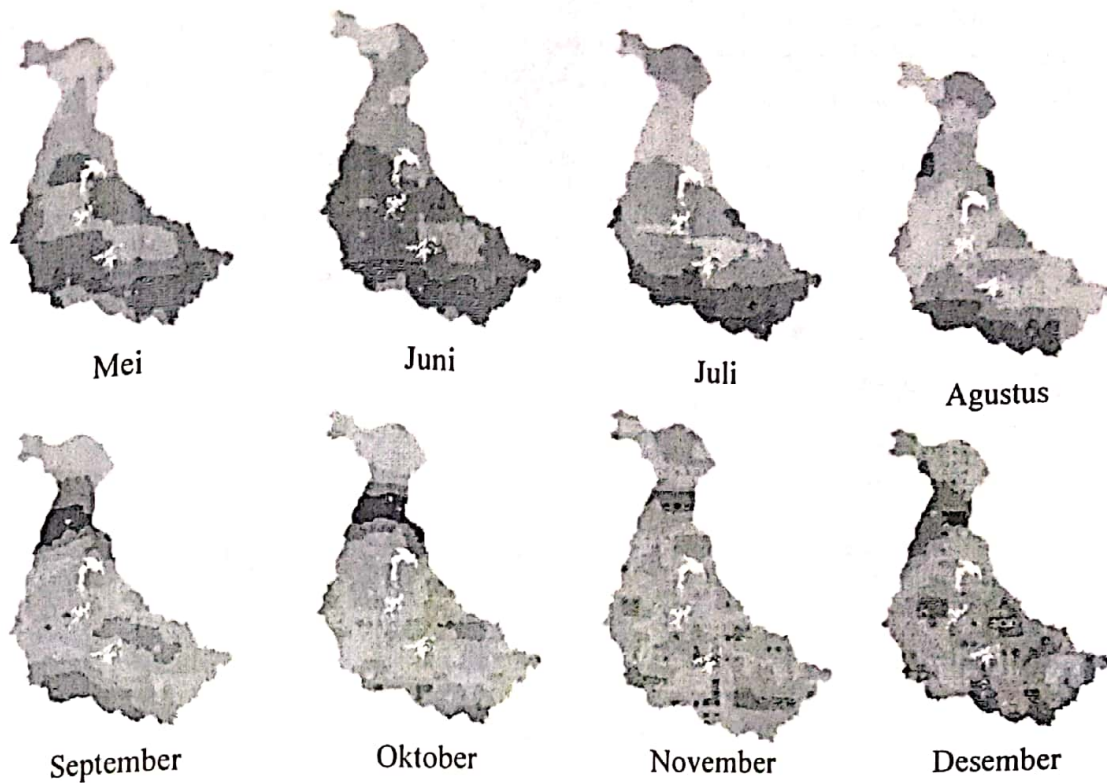
Meskipun metode *Thornthwaite* ini bukan merupakan metode yang paling akurat, dan mungkin kurangnya dasar teoritisnya, namun dapat memberikan estimasi evapotranspirasi potensial yang cukup akurat<sup>[1]</sup>.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa suhu permukaan rata-rata bulanan bervariasi secara spasial dan temporal. Secara umum, wilayah bagiah hulu (selatan) memiliki suhu permukaan yang lebih rendah dibanding wilayah lainnya.

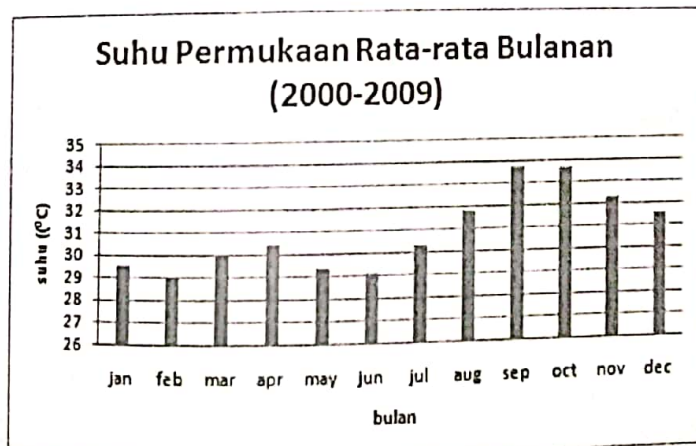




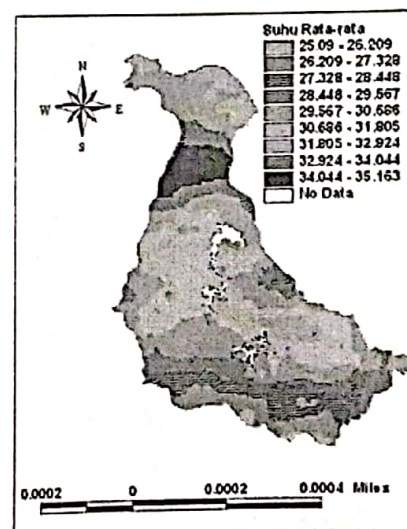


Gambar 1.1. Suhu Permukaan Rata-rata Bulanan Spasial ( $^{\circ}\text{C}$ )

Grafik suhu permukaan rata-rata bulanan (2000-2009) wilayah DAS Citarum menunjukkan nilai tinggi di bulan September, Oktober, November. Sementara, suhu permukaan rendah terjadi pada bulan Februari, Mei, dan Juni (Gambar 3.2). Suhu permukaan rata-rata tahunan, seperti terlihat pada Gambar 3.3, menunjukkan bahwa daerah hulu memiliki suhu permukaan yang paling rendah dibandingkan daerah lainnya.

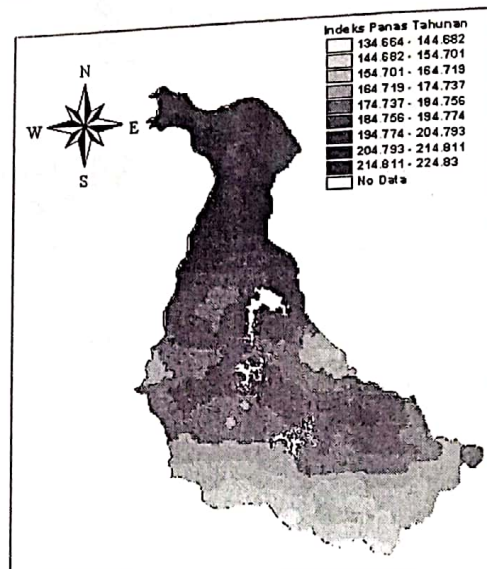


Gambar 3.2. Suhu Permukaan Rata-rata Bulanan ( $^{\circ}\text{C}$ ).



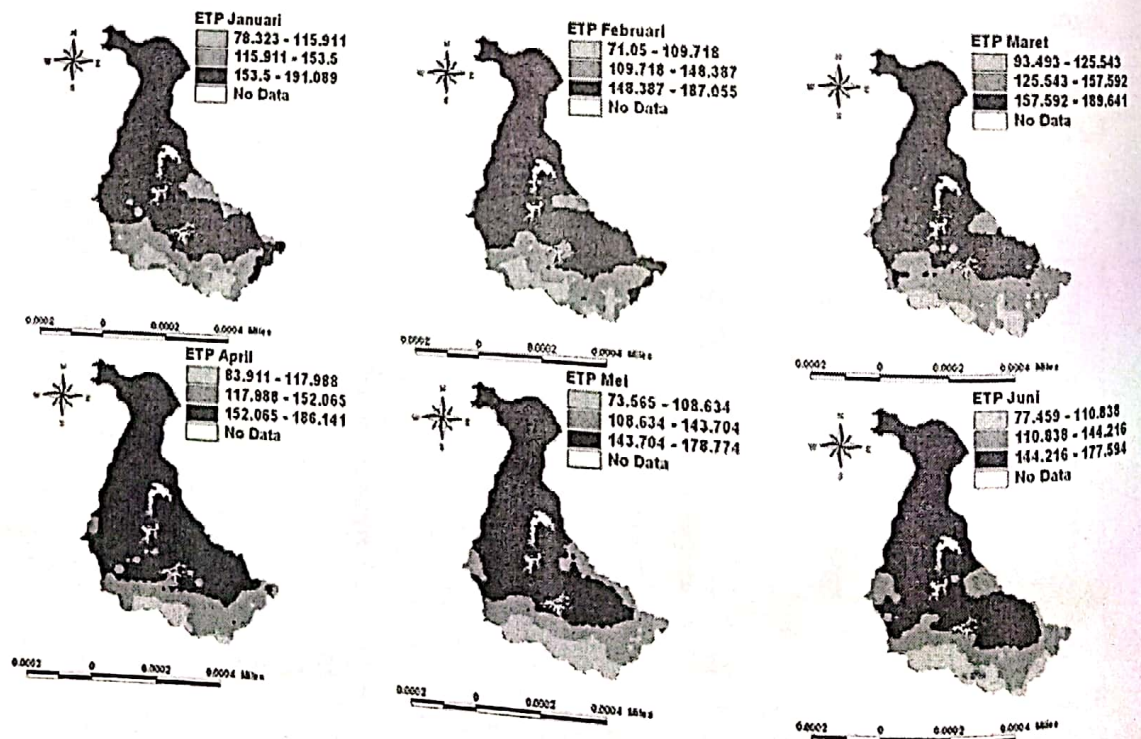
Gambar 3.3. Suhu Permukaan Rata-rata Tahunan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Indeks panas rata-rata tahunan DAS Citarum memiliki besaran nilai yang bervariasi bergantung pada suhu permukaan di tempat tersebut (Gambar 3.4). Bagian hulu memiliki indeks panas tahunan yang lebih rendah dibanding wilayah lainnya.

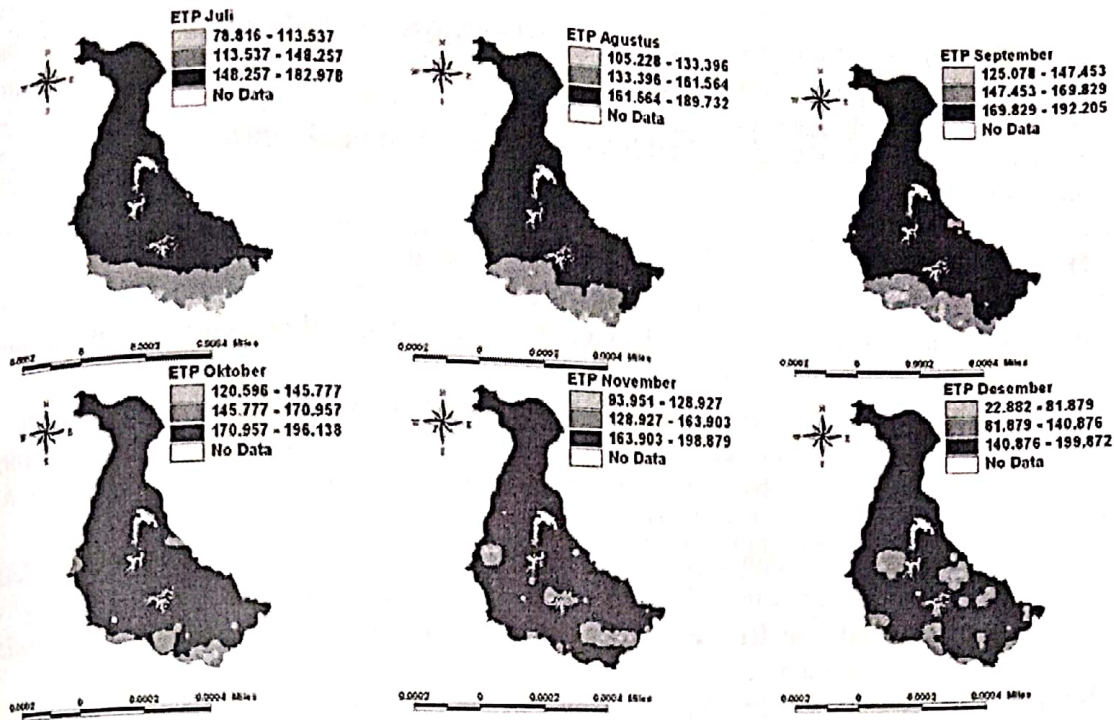


Gambar 3.4. Indeks Panas Tahunan.

Gambar 3.5 menunjukkan bahwa nilai evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan bervariasi secara spasial dan temporal. Secara umum, wilayah bagian hulu (selatan) memiliki ETP yang lebih rendah dibanding wilayah lainnya.

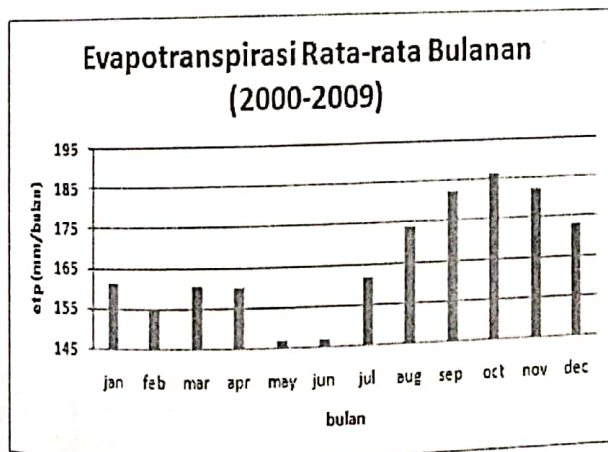




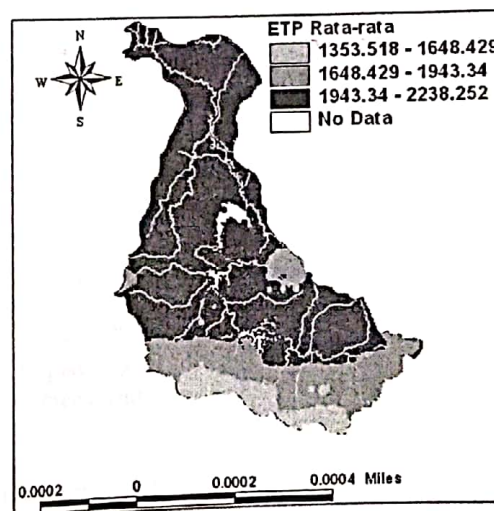


Gambar 3.5. ETP Rata-rata Bulanan Spasial (mm/bulan).

Evapotranspirasi potensial (ETP) rata-rata bulanan (2000-2009) wilayah DAS Citarum tinggi terjadi di bulan September, Oktober, November. Sementara, ETP rendah terjadi pada bulan Mei, Juni, dan Februari (Gambar 3.6).



Gambar 3.6. ETP Rata-rata Bulanan (mm/bulan)



Gambar 3.7. ETP Rata-rata Total Tahunan (mm/tahun)

Total ETP tahunan berada pada kisaran 1353.518 – 2238.252 (Gambar 3.7). Daerah hulu memiliki ETP tahunan yang lebih rendah dibanding daerah lainnya (hilir).

#### 4. KESIMPULAN

DAS Citarum bagian utara (hilir) yang dekat dengan pesisir utara Pulau Jawa memiliki indeks panas, suhu permukaan, dan ETP yang lebih tinggi. Sedangkan bagian



selatan (hulu) memiliki indeks panas, suhu permukaan, dan ETP yang rendah. Pada bulan Februari, Mei, dan Juni, suhu permukaan di wilayah DAS Citarum lebih rendah dibanding bulan lainnya sehingga nilai ETP pun menjadi rendah pada bulan-bulan tersebut. Sementara suhu permukaan dan ETP lebih tinggi terjadi pada bulan September, Oktober, November.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Institut Pertanian Bogor, 2009, Kuliah 5: Cuaca dan Iklim Serta Unsur-unsurnya, Pengantar Ilmu Pertanian : 17 Mei 2009.
- Mahbub, M. Ir. MP, *Pendugaan Evapotranspirasi (ETP) Metode Thorthwaite*, Unlam.
- Palmer, Wayne C. Dan A. Vaughn Havens, 1958, A Graphical Thecnique for Determining Evapotranspiration by the Thornthwaite Method, *Monthly Weather Review* April 1958.
- Purbawa, I Gede Agus dan I Nyoman Gede Wirajaya, 2009, Analisis Spasial Normal Ketersediaan Air Tanah Bulanan di Provinsi Bali, Balai Besar Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar : *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* Vol.5 No.2 Juni 2009.
- Sonjaya, Irman, 2007, *Menghitung Evapotranspirasi Potensial Dengan Menggunakan Indeks Panas di Stasiun BMG dan SMPK Kalimantan Selatan*, Stasiun Klimatologi Banjarbaru.
- Thornthwaite, C.W, 1948, An Approach toward a Rational Classification of Climate, American Geographical Society : *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1 (Jan., 1948), pp. 55-94.