

# **PENENTUAN ZONA IKLIM DI PULAU JAWA DAN MADURA**

**Dadang Subarna**

**Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN**

**e-mail: dadang.subarna@lapan.go.id**

## **ABSTRACT**

*Determination of climate zones is important to support the agriculture, infrastructure design, building design, water resources plan and ecoregion identification of the area. Application of geographic information system to study climate has widely used at GIS (geographic information system) community and Climatologist. The aim of the paper is to explain an application of GIS in determining Climate Moisture Index (CMI) and determination of Java and Madura climate zones. CMI depicts annual average climate moisture index is a method used by Willmott and Feddema that based on the computation using the ratio of annual precipitation (P) to annual Potential Evapotranspiration (PET). Application GIS to count the CMI used to determine mountaineous climate zone (above 800 m msl) and lowland climate zone (below 800 m msl) at certain area was applied in southern Bandung as field test area. It's compared the altitude pattern of the area and climate moisture index spatially. The result show a strong correlation between altitude and it's climate moisture index of the area. The watershed area which under investigation has two climate zones that are the lowland wet climate zone and mountaineous wet climate zone. The same method is carried out to Java and Madura Island that show six climate zones and two climate zones respectively.*

**Keywords** : Climate Moisture Index, GIS, Precipitation (P), Potential Evapotranspiration (PET)

## **ABSTRAK**

Penentuan zona-zona iklim sangat penting untuk menunjang pertanian, perancangan infrastruktur, rancangan bangunan, perencanaan sumber daya air dan identifikasi ekoregion suatu daerah. Penerapan sistem informasi geografis untuk kajian iklim telah meluas di komunitas SIG (Sistem Informasi Geografi) dan ahli klimatologi. Makalah ini bertujuan untuk menerangkan tentang penggunaan SIG dalam menghitung indeks kelembapan iklim dan menentukan zona-zona iklim di Pulau Jawa dan Madura. Indeks kelembapan iklim rata-rata tahunan adalah metode yang dipakai oleh Willmott dan Feddema yaitu dengan menggunakan nisbah curah hujan tahunan (CH) terhadap evapotranspirasi potensial (PET) tahunan. Aplikasi perhitungan Indeks Kelembapan Iklim (IKI) dengan SIG digunakan untuk menentukan zona iklim pegunungan (di atas 800 m dpl) dan zona iklim dataran rendah (kurang 800 m dpl) dalam suatu daerah kajian di Bandung Selatan sebagai tempat uji lapangan. Analisis dilakukan melalui perbandingan antara pola ketinggian suatu daerah dengan indeks kelembapan iklimnya.

Hasilnya menunjukkan terdapat korelasi yang kuat antara ketinggian suatu daerah dengan indeks kelembapan iklimnya. Daerah aliran sungai yang diteliti memiliki dua zona iklim yaitu zona iklim basah dataran rendah dan daerah zona iklim basah dataran tinggi. Metode yang sama dilakukan untuk pulau Jawa dan Madura yang menunjukkan terdapat enam zona iklim dan dua zona kedua pulau masing-masing.

**Kata kunci** : Indeks kelembapan, SIG, Curah Hujan (CH), Evapotranspirasi Potensial (PET)

## 1 PENDAHULUAN

Iklim secara umum didefinisikan sebagai keadaan rata-rata dari cuaca pada suatu tempat pada periode tertentu yang menurut konvensi pertemuan WMO tahun 1937 periode tersebut selama 30 tahun (Larson, 2012). Elemen iklim terdiri dari atmosfer, kreosfer, hidrosfer, biosfer, dan geosfer. Iklim di suatu tempat sangat ditentukan oleh radiasi matahari, letak lintang dan bujur di bumi, elevasi dan letaknya dari laut. Begitu banyak elemen yang menyusun iklim di suatu tempat, maka para ahli klimatologi mengembangkan suatu indeks yang seoptimum mungkin memasukan elemen-elemen tersebut untuk menggambarkan keunikan iklim suatu tempat. Pada tahun 1948, Indeks Kelembapan Thornthwaite (TMI) diperkenalkan sebagai sistem klasifikasi iklim global oleh Thornthwaite pada komunitas ilmiah (Philp dan Taylor, 2014). Sejak kemunculannya, maka penggunaan indeks tersebut berkembang melebihi klasifikasi iklim untuk sistem pertanian seperti Koppen, Holdrige, Trewartha dan lain-lain. Sebelumnya, iklim didefinisikan dengan istilah pengamatan deskriptif umum dan data empiris tidak dijadikan sebagai dasar. Indeks Kelembapan Thornthwaite memperkenalkan suatu indeks kelembapan untuk menggambarkan tipe-tipe iklim yang dapat dihitung dengan menggunakan data yang sesungguhnya dari daerah yang dikaji (Thornthwaite, 1948). TMI dapat menggambarkan ariditas dan humiditas tanah serta iklim suatu daerah. Hal itu disebabkan TMI dihitung dari beberapa elemen secara kolektif seperti curah hujan, evapotranspirasi, simpanan air di tanah, defisit kelembapan dan limpasan (Austroads, 2010).

Indeks kelembapan umumnya dirumuskan sebagai fungsi dari nisbah curah hujan rata-rata terhadap kelembapan rata-rata. Nilainya bergantung pada kemampuan untuk mencirikan kebasahan atau kekeringan relatif suatu daerah yang didasarkan pada data iklim. Kemungkinan konsep kelembapan dapat ditelusuri berasal dari Linsser, namun Thornthwaite adalah yang pertama menggantikan persyaratan kelembapan (evaporasi dan temperatur udara) menjadi kelembapan

yang bermakna klimatologi yang disebut evapotranspirasi potensial. Thornthwaite dan beberapa rekannya telah berhasil mempublikasikan dan mendiseminasikan indeks kelembapan yang penting.

Iklim suatu daerah dicirikan dengan keadaan panas dan lembab di permukaan atau dekat permukaan bumi (Willmott, 1987). Dengan demikian, perhatian para ahli klimatologi tertuju pada variabilitas keadaan panas dan kelembapan secara spasial dan temporal. Kelembapan menjadi perhatian yang sangat besar, sehubungan perannya yang penting dalam proses-proses biologi (Willmott dan Feddema, 1992). Ahli klimatologi sering menggunakan indeks-indeks yang sederhana untuk menggambarkan keadaan kelembapan permukaan bumi dan salah satu indeks adalah Indeks Kelembapan Thornthwaite (TMI).

Pada makalah ini ditunjukkan aplikasi sistem informasi geografi untuk menghitung indeks kelembapan iklim suatu daerah dalam menentukan zona iklim daerah kajian berdasarkan perumusan Willmott dan Feddema tahun 1992. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan zona-zona iklim di Pulau Jawa dan Madura. Penentuan zona iklim sangat penting untuk menunjang pertanian, perancangan infrastruktur, rancangan bangunan, perencanaan sumber daya air dan lain-lain.

Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah sistem yang terdiri dari perangkat lunak komputer, perangkat keras dan data, serta dikelola oleh seseorang yang menguasai metode pengolahan data dengan sistem komputerisasi. Hal ini dilandasi dengan keterkaitan yang erat pada lokasi spasialnya. Aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, *trend*, pola dan pemodelan zona iklim di suatu daerah. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya. Salah satu kelebihan dari SIG adalah mampu melakukan analisis spasial sekaligus dengan analisis *database*.

## 2 METODE PENELITIAN

Sistem informasi geografis terdiri dari 6 langkah proses, yang dapat digunakan untuk menghasilkan keluaran data yang memiliki referensi geografis. Enam langkah proses tersebut terdiri-dari: 1) Proses pemasukan data tabulasi ke komputer 2) Proses pengumpulan *database* di komputer 3) Proses pengaturan data yang disesuaikan dengan informasi lintang dan bujurnya. 4) Proses pengolahan data, sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai 5) Proses analisis data, seperti proses modeling dan evaluasi spasial 6) Proses pengeluaran data, yang merupakan keluaran hasil akhir.

Pengujian metode Willmott dan Feddema dilakukan dua tahap

yaitu:

- 1) Uji dilakukan di daerah dengan gradien elevasi kontras antara lembah dan pegunungan yang terletak antara  $06^{\circ} 59'24''$  –  $07^{\circ} 13'51''$  LS dan  $107^{\circ} 28'55''$  –  $107^{\circ} 39'84''$  BT di Kabupaten Bandung seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini dilakukan agar memudahkan melakukan pengecekan lapangan.
- 2) Metode perhitungan Willmott dan Feddema akan dilakukan untuk Pulau Jawa dan Madura. Sistem Informasi Geografi (SIG) akan digunakan pada perhitungan metode Willmott dan Feddema secara spasial pada makalah ini.

SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989). SIG adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisis dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya (BTIC, 2010).

IKI rata-rata tahunan adalah metode yang dipakai oleh Willmott dan Feddema tahun 1992. Metode tersebut menggunakan nisbah curah hujan tahunan (CH) terhadap evapotranspirasi potensial (PET) tahunan.

Indeks Kelembapan Iklim menurut Willmott dan Feddema dirumuskan sebagai:

$$(IKI) = (CH / PET) - 1, \text{ jika } CH < PET \text{ (1)}$$

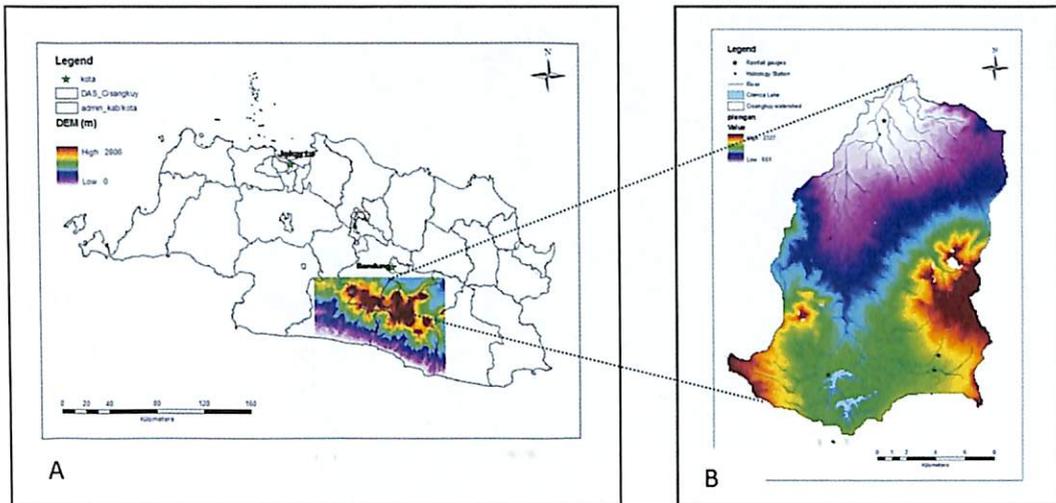
IKI adalah Indeks Kelembapan Iklim

$$(IKI) = 1 - (PET / CH), \text{ jika } CH = PET \text{ (2)}$$

CH adalah curah hujan tahunan (mm/th), PET adalah evapotranspirasi potensial (mm/th).

Pada penelitian ini IKI metode perhitungan Willmott dan Feddema akan dilakukan untuk Pulau Jawa dan Madura. Pengujian (validasi) IKI metode Willmott dan Feddema akan dilakukan di daerah dengan gradien

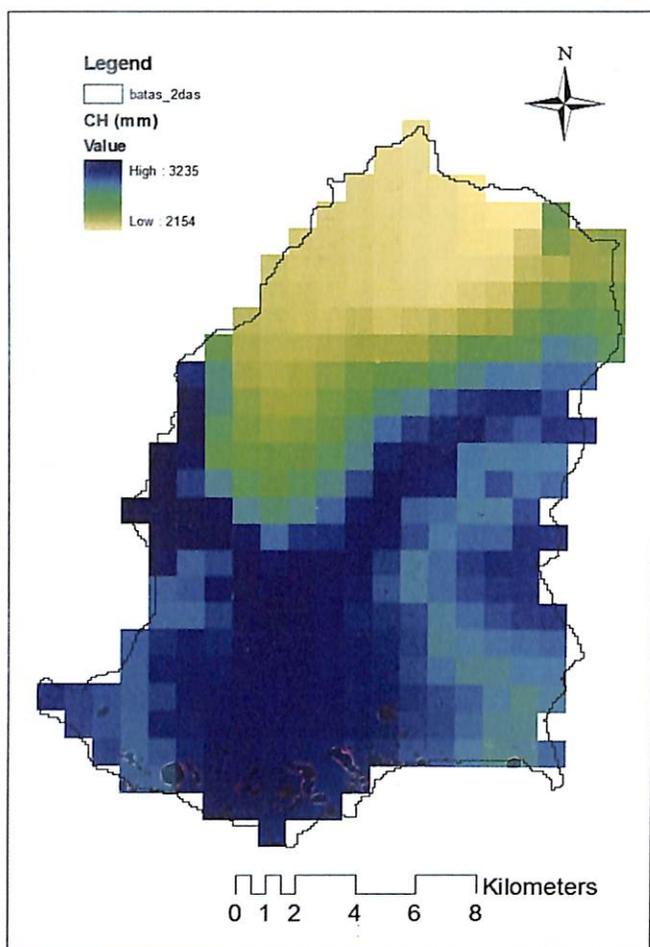
elevasi kontras antara lembah dan pegunungan. Lokasi untuk validasi disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi uji penentuan zona iklim di Kabupaten Bandung

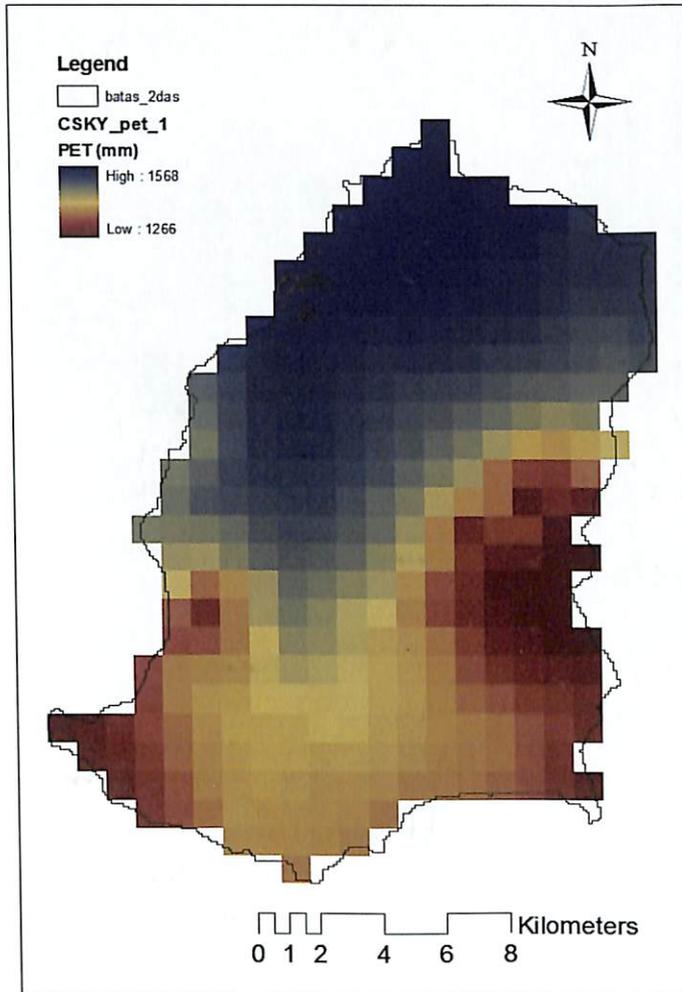
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

IKI adalah perbedaan antara curah hujan tahunan (CH) dan evapotranspirasi tahunan (PET) yang secara sederhana menunjukkan kelembapan tanah (Willmott and Feddema 1992; Hogg, 1997). Iklim suatu daerah sangat menentukan jenis spesies fauna dan flora yang hidup di daerah tersebut. Dengan demikian, penentuan IKI juga merupakan pemetaan kerangka kerja ekologi pada suatu daerah sehingga menjadikan pembagian suatu negara ke dalam wilayah ekozone, ekoregion atau ekodistrik (Lapp *dkk.*, 2014). Untuk setiap ekodistrik, dihitung IKI dengan menggunakan beberapa metode seperti metode Thornthwaite dan metode Penman atau metode Willmott dan Feddema (Hogg, 1997). Terdapat hubungan antara IKI dan jenis spesies yang tumbuh di suatu tempat. Dengan menerapkan konsep IKI yang menggunakan perbedaan curah hujan dan evapotranspirasi potensial, maka dapat dipetakan distribusi vegetasi di daerah yang dikaji.



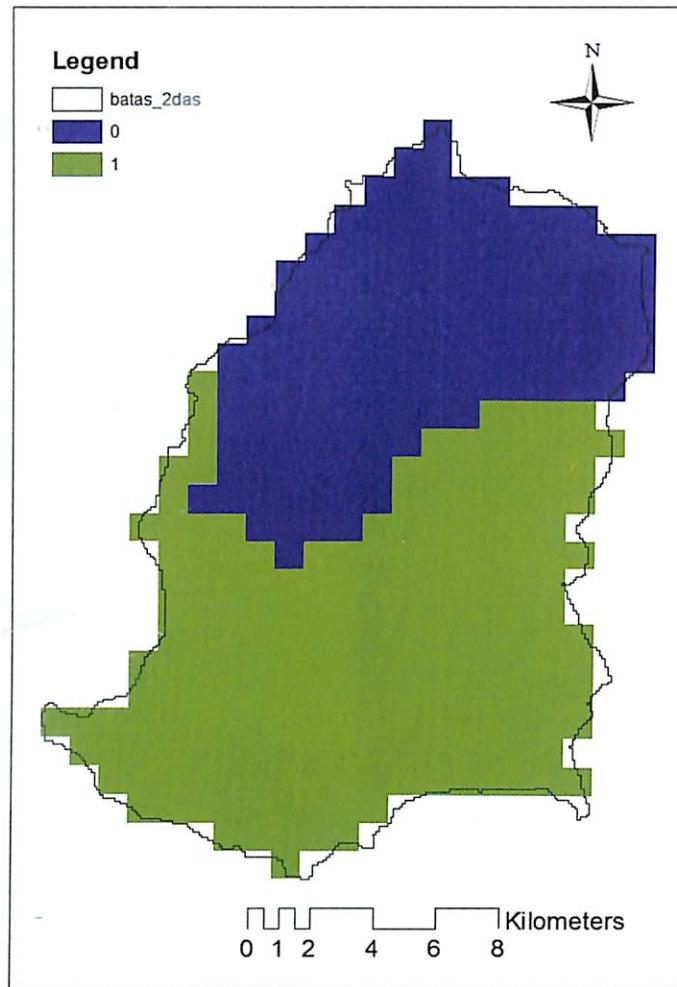
**Gambar 2.** Klasifikasi curah hujan tahunan dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)

Hasil klasifikasi curah hujan tahunan spasial dengan menggunakan SIG seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Perhitungan yang sama juga dilakukan untuk mendapatkan evapotranspirasi potensial tahunan di daerah kajian, hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3. Dengan menggunakan persamaan (1) atau persamaan (2) dan bantuan SIG maka didapat gambar zona pembagian iklim berdasarkan IKI dari Willmott dan Feddema, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



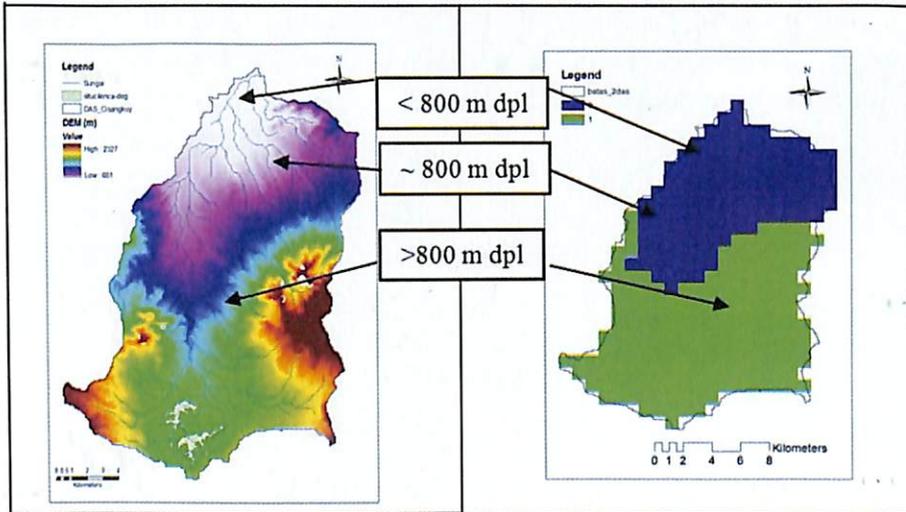
**Gambar 3.** Pengolahan evapotranspirasi potensial dengan SIG secara spasial.

Iklim suatu daerah sangat ditentukan oleh ketinggian daerah tersebut atau letaknya dari garis pantai. Oleh karena itu pengecekan lapangan harus dilakukan untuk mengetahui zona iklim suatu daerah dengan ketinggiannya. Pengujian lapangan dilakukan di daerah Bandung Selatan seperti tertera pada Gambar 1. Daerah tersebut memiliki batas ketinggian yang kontras antara daerah pegunungan di atas 800 m dpl (di atas permukaan laut) dan daerah lembahnya di bawah 800 m dpl. Berdasarkan hasil klasifikasi metode Willmott dan Feddema, maka daerah kajian memiliki dua zona iklim yaitu lembap dataran rendah dan lembap dataran tinggi (Gambar 5).

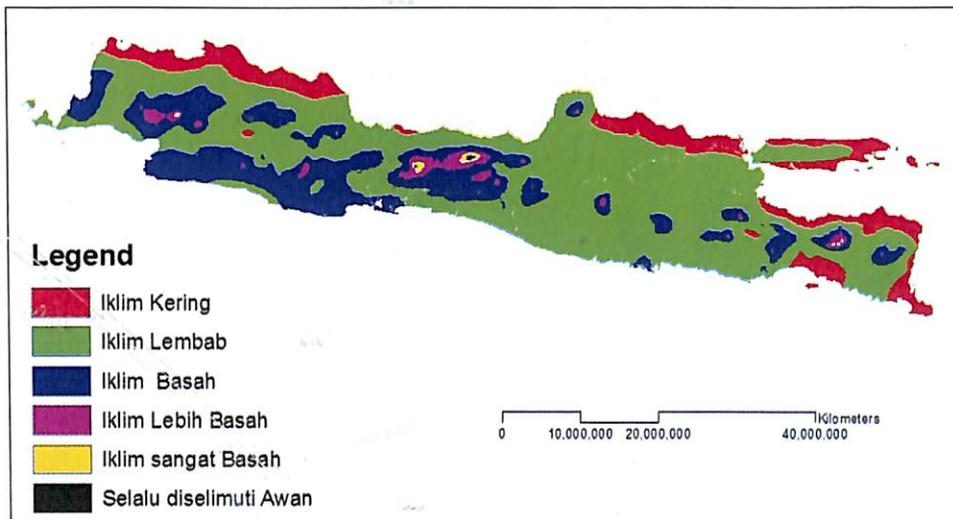


**Gambar 4.** Pengolahan IKI dengan sistem informasi geografi sesuai rumus Willmott dan Feddema.

Pada Gambar 5 ditunjukkan perbandingan antara pola topografi dengan indeks kelembapan iklim hasil perhitungan secara visual. Hasilnya menunjukkan terdapat kesesuaian pola antara topografi dengan indeks kelembapan iklim. Daerah kajian yang diteliti memiliki dua zona iklim yaitu zona iklim basah dataran rendah dan daerah zona iklim basah dataran tinggi. Hasil perhitungan untuk Pulau Jawa dan Madura dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 5.** Perbandingan IKI dan ketinggian yang menunjukkan kesesuaian antara IKI dengan elevasi daerah kajian.



**Gambar 6.** Zona iklim di Pulau Jawa dan Madura berdasarkan perumusan Willmott and Feddema.

Gambar 6 menunjukkan pembagian zona iklim berdasarkan Willmott dan Feddema. Secara teori, IKI metode Willmott dan Feddema mempunyai interval -1 sampai +1 berdasarkan kondisi sub-tropis. Disebabkan Indonesia adalah wilayah tropis yang memiliki curah hujan tinggi terkadang melebihi evapotranspirasinya, maka hasil perhitungan IKI melebihi harga +1. Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa Pulau Jawa memiliki enam zona IKI yaitu IKI bernilai negatif (-1) beriklim

kering, (0) beriklim lembap, (1) beriklim basah, (2) beriklim lebih basah, (3) beriklim sangat basah, (4) selalu diselimuti awan. Kriteria tersebut didasarkan pada kriteria Willmott dan Feddema yang diadopsi untuk daerah tropis. Karena penulis mengalami kesulitan untuk mendapatkan rujukan yang terkait dengan pembagian zona iklim berdasarkan nilai IKI di daerah tropis, maka pembagian IKI melebihi nilai IKI dari kriteria Willmott dan Feddema di daerah tropis merupakan penemuan baru dalam penelitian zona iklim untuk daerah tropis. IKI bernilai negatif (-1) berada pada sebagian besar pantai utara Jawa bagian barat dan sekitar daerah Citatah (daerah sekitar Padalarang), sebagian kecil Pantai Jawa Tengah, sebagian besar wilayah Pantai Jawa Timur dan Madura yang berarti memiliki iklim kering (warna merah pada Gambar 6). Pada daerah-daerah itu curah hujan selalu lebih kecil daripada evapotranspirasi potensial sehingga kelembapan iklim bernilai negatif dan udara memiliki kandungan uap air yang relatif kecil sehingga terasa lebih kering. Sebagian Pulau Jawa memiliki nilai IKI (0), warna hijau pada Gambar 6, yang berarti iklim lembap (*humid*). Pada daerah-daerah tersebut curah hujan dan evapotranspirasi besarnya hampir sama setiap tahun. Sebagian besar Jawa bagian barat, Jawa Tengah dan beberapa daerah Jawa Timur (warna biru) memiliki iklim basah (curah hujan lebih besar dari evapotranspirasi potensial). Hal ini dikarenakan daerah-daerah tersebut didominasi pegunungan dengan ketinggian di atas 1000 m dpl. Terdapat beberapa daerah dengan zona iklim lebih basah dan sangat basah (warna merah muda dan kuning) yang merupakan daerah gunung dengan ketinggian lebih dari 2000 m dpl. Pada daerah tersebut terdapat beberapa puncak yang rata-rata setiap tahunnya diselimuti awan (warna hitam di Gambar 6).

#### **4 KESIMPULAN**

Penentuan zona iklim sangat penting untuk menunjang pertanian, perancangan infrastruktur, perancangan bangunan, perencanaan sumberdaya air dan penentuan ekoregion atau ekodistrik. SIG sangat memudahkan untuk pengolahan dan kajian iklim secara spasial khususnya penentuan zona iklim berdasarkan curah hujan dan evapotranspirasi potensial tahunan. Daerah kajian yang diteliti berupa daerah aliran sungai di Bandung Selatan yang memiliki dua zona iklim yaitu zona iklim basah dataran rendah dan zona iklim basah dataran tinggi. Iklim suatu daerah ditentukan juga oleh ketinggian lokasi dari permukaan laut. Berdasarkan penelitian ini terdapat kesesuaian pola antara ketinggian suatu daerah dengan indeks kelembapan iklimnya. Pulau Jawa mempunyai enam zona iklim yang melebihi indeks yang

ditetapkan oleh Willmott dan Feddema. Hal ini disebabkan Pulau Jawa memiliki daerah pegunungan dan gunung-gunung dengan ketinggian di atas 1000 m dpl yang sangat tinggi curah hujannya dibandingkan dengan evapotranspirasi potensialnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada *World Clim Global Climate* yang telah menyediakan data sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aronoff, S., 1989: Geographic Information System Management Perspective WDL Publication, Ottawa-Canada.
- Austroroads, 2010: Predicting Structural Deterioration of Pavements at a Network Level – Interim Models APT159/10, Sydney, Austroroads Incorporated.
- BTIC [Biotrop Training dan Information Centre], 2010: Pelatihan Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Pengolahan Data Spasial. Aplikasi Perangkat Lunak (Software) ArcGIS 9. x. BIOTROP.
- Hogg, E. H, 1997: Temporal Scaling of Moisture and the Forest-Grassland Boundary in Western Canada. *Agricultural Forest Meteorology*. 84. 115-22.
- Lapp, S., D. Sauchyn and E. Wheaton, 2014: Future Climate Change Scenarios for the South Saskatchewan River Basin. *unit2\_final\_report*.
- Larson, J.W, 2012: Visualizing Climate Variability with Time-Dependent Probability Density Functions, Detecting it with Information Theory. *Procedia Computer Science* 00, 1–11.
- Philp, M and M. Taylor, 2014. Beyond Agriculture: Exploring the application of the Thornthwaite Moisture Index to infrastructure and possibilities for climate change adaptation. ACCARNSI Discussion Paper X, NCCARF. 2012.
- Thornthwaite, C.W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.
- Willmote C.J. and J. J. Feddema, 1992: A More Rational Climatic Moisture Index. *The Professional Geographer* 44, Issue 1, 84-88,
- Willmote, C.J., 1987: Models, Climatic. In *The Encyclopedia of Climatology*, eds. J. E. Oliver and R. W. Fairbridge, 584-90. New York: Van Nostrand Reinhold.