

IDENTIFIKASI POLA CURAH HUJAN PADA KONDISI *EL-NINO* MELALUI CITRA MODIS DI PROVINSI JAWA TIMUR

Rif'at Darajat

rifat_darajat@yahoo.com

Sudaryatno, Wirastuti Widyatmanti

deyatno@yahoo.com, widyatmanti@yahoo.com

Abstract

This research aims to identify the algorithm that can be used as contributing parameters for rainfall estimation, to compare the pattern of rainfall estimation during *el-nino* and normal condition, and to know the validation rate of rainfall estimation for rainfall data measured at the rain gauge. Method of this research is to extract the information of cloud top temperature (CTT) and cloud albedo(ALB) from MODIS image and rainfall data from rain gauge to get an equation of multiple linear regression. CTT information was obtained from two kind of algorithms, the algorithm of CTT 1 (Coll, et al, 1994) and CTT 2 (Sobrino, et al, 2008). Which result to equation representing equation A (CTT 1 and ALB) and B (CTT 2 and ALB). The result of this research signify that rainfall during *el-nino* condition show to lower in intensity and distribution pattern more uneven compared to the normal condition. The validation rate of rainfall estimation has a value of less than 60 percent and has a pattern show the over-estimate value compared to the data measured at the rain gauge.

Key words : MODIS, cloud albedo, cloud top temperature, rainfall

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui algoritma yang dapat digunakan sebagai parameter-parameter pendukung curah hujan estimasi, membandingkan pola curah hujan estimasi pada kondisi *el-nino* dengan kondisi normal, serta mengetahui tingkat validasi curah hujan estimasi terhadap curah hujan dari stasiun hujan. Metode yang digunakan yaitu ekstraksi suhu permukaan awan (SPA) dan albedo awan (ALB) dari citra MODIS serta curah hujan dari stasiun hujan untuk memperoleh persamaan regresi linier berganda. Informasi SPA menggunakan dua jenis algoritma, yaitu algoritma SPA 1 (Coll, et al, 1994) dan SPA 2 (Sobrino, et al, 2008). Persamaan yang dihasilkan yaitu persamaan A (SPA 1 dan ALB) dan B (SPA 2 dan ALB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan pada kondisi *el-nino* cenderung lebih kecil intensitasnya serta pola distribusi yang tidak merata jika dibandingkan dengan kondisi normal. Tingkat validasi curah hujan estimasi bernilai kurang dari 60 persen serta menunjukkan pola yang sama dengan data dari stasiun hujan.

Kata kunci : MODIS, albedo awan, suhu permukaan awan, curah hujan

PENDAHULUAN

Masalah perubahan iklim di Indonesia seringkali terkait dengan kasus penggundulan hutan dan emisi gas rumah kaca, meskipun pada dasarnya, kejadian tersebut lebih banyak dipengaruhi karena dampak perubahan iklim global terhadap Indonesia (UNDP, 2007). Salah satu pengaruh utama iklim di Indonesia adalah *El Niño-Southern Oscillation*

(ENSO). Dampak secara langsung dari kejadian *el-nino*, yaitu musim penghujan yang datang lebih akhir serta menurunkan total curah hujan (Qian *et al.*, 2010). Keterkaitan antara kejadian *el-nino* dengan curah hujan merupakan salah satu kejadian perubahan iklim global yang menarik untuk dikaji, khususnya jika memperhatikan kejadian *el-nino*, yaitu pada tahun 1997, 2002,

2004, 2006 dan 2009 (Hamada *et.al*, 2012).

Kejadian *el-nino* yang ditunjukkan dengan tingkat menurunnya curah hujan merupakan kejadian yang memiliki variasi kondisi tinggi secara *spasial* dan *temporal*. Bentuk kemajuan teknologi yang saat ini memungkinkan untuk memantau hal tersebut adalah penginderaan jauh. Ketersediaan data penginderaan jauh untuk lingkungan atmosfer saat ini tergolong melimpah, khususnya secara *temporal*. Informasi Suhu Permukaan Awan (SPA) dan Albedo merupakan parameter pendukung curah hujan yang dapat diperoleh melalui satelit penginderaan jauh (Kuligowski, 2010). Kondisi curah hujan estimasi yang diperoleh melalui satelit penginderaan jauh selanjutnya berguna sebagai pendukung kejadian *el-nino*.

Salah satu citra satelit penginderaan jauh yang dapat memberikan informasi tentang kajian curah hujan adalah citra MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*). Kelebihan citra MODIS dibandingkan dengan citra meteorologi lainnya adalah ketersediaan data untuk proses pengkajian global tentang atmosfer dengan wilayah cakupan yang luas dan resolusi spektral yang tinggi (Mustofa, 2009). Sensor MODIS terpasang pada satelit Terra dan Aqua. Satelit Terra dan Aqua memiliki orbit selaras matahari (*sun synchronous*) dan dekat kutub (*near-polar*). Citra yang dihasilkan memiliki tiga resolusi spasial yaitu 250 meter, 500 meter, dan 1000 meter. Total karakteristik panjang gelombang yang dimiliki oleh citra MODIS adalah 36 buah saluran dan 12-bit kepekaan radiometrik (Kuyper, 2005). Meskipun, data curah hujan yang dihasilkan dari pengolahan citra MODIS selanjutnya perlu dibandingkan atau diuji dengan data curah hujan aktual pada stasiun penakar hujan.

METODE PENELITIAN

Alat

- Seperangkat komputer/laptop dengan spesifikasi menyesuaikan perangkat lunak pengolah
- Perangkat lunak ENVI 4.5
- Perangkat lunak ArcGIS 9.3
- Perangkat lunak SPSS 16.0

Bahan

- Data citra satelit MODIS bulan Desember 2003, bulan Januari – Februari 2004, bulan Desember 2009 dan bulan Januari – Februari 2010
- Data curah hujan Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur pada bulan Desember 2003, bulan Januari – Februari 2004, bulan Desember 2009 dan bulan Januari – Februari 2010
- Peta administrasi Provinsi Jawa Timur

Tahapan Pengolahan Data

- Pengolahan citra MODIS untuk ekstraksi data curah hujan melalui proses sebagai berikut.

a. Koreksi Geometrik dan *Bow-Tie*

Koreksi geometrik ini dilakukan untuk meregistrasi citra dengan menempatkan posisi piksel pada citra sedemikian rupa sehingga diperoleh citra dengan kenampakan sesuai dengan kenyataan sebenarnya. Sedangkan koreksi *bow-tie* bertujuan untuk memperbaiki bagian data citra yang mengalami *overlap* yang terjadi karena terdapat peningkatan *instantaneous field of view* (IFOV) dari 1x1 km pada titik terendah (nadir) menjadi hampir mendekati 2x5 km pada sudut *scan* maksimum.

b. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki nilai-nilai piksel pada citra agar sesuai dengan nilai pantulan (*reflectance*) atau pancaran (*radiance*) spektral kenyataan sebenarnya. Untuk citra MODIS level 1B dilakukan koreksi radiometrik dengan menghitung nilai reflektansi (saluran 1-19 dan 26) dan nilai radiansi (saluran 20-25, 27-36, dan sensor zenith).

c. Masking Citra

Citra MODIS saluran 3 yang telah terkoreksi merekam obyek awan dan obyek lain. Karena penelitian ini mengenai awan, sehingga objek awan dengan objek lainnya perlu dipisahkan. Tutupan awan memiliki batas nilai 0,0 hingga 0,174. Oleh karena itu, proses *masking* dilakukan pada nilai di atasnya sehingga objek selain awan tidak ikut diolah menjadi suhu permukaan awan. Selanjutnya citra MODIS yang telah dipisahkan tersebut di-*crop* cakupan areanya dan disesuaikan dengan daerah penelitian.

d. Pengolahan Citra untuk memperoleh Suhu Kecerahan dan Albedo Awan

Pengolahan untuk mendapatkan suhu kecerahan dengan menggunakan persamaan Planck sebagai berikut :

$$Tb = c2 / \{Vi * \ln (1 + c1 / (Vi^5 * R))\} \dots\dots(1)$$

Dimana :
 Tb = Suhu Kecerahan/*Brightness Temperature* (K)
 c1 = Konstanta Radiasi [W m⁻² sr⁻¹(μm⁻¹)⁻⁴]
 c2 = Konstanta Nilai Surya (K μm)
 Vi = Panjang Gelombang Pusat (*central wavelength*)
 R = Nilai Radiansi Saluran 31 atau Saluran 32

Kemudian, setelah Tb diketahui dilakukan pengolahan untuk mengetahui suhu permukaan awan dengan menggunakan 2 jenis persamaan sebagai berikut.

- Coll, et al. (1994)

$$SP1 = Tb_{31} + A (Tb_{31} - Tb_{32}) + B \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :
 A = 1,0 + 0,58 (Tb₃₁ - Tb₃₂)
 B = 0,51 + 40 (1 - e) - pAe
 e = (e₃₁ + e₃₂)/2
 Ae = selisih emisibitas band 31 dan 32
 SP1 = suhu permukaan awan (Algoritma 1)
 Tb₃₁ = suhu kecerahan kanal 31
 Tb₃₂ = suhu kecerahan kanal 32
 p = 50°K (umumnya pada daerah tropis)

- Sobrino, et al. (2008)

$$SP2 = Tb_{31} + c_1 (Tb_{31} - Tb_{32}) + c_2 (Tb_{31} - Tb_{32})^2 + c_0 + (c_3 + c_4W) (1 - e) + (c_5 + c_6W) Ae \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :
 SP2 = suhu permukaan awan (Algoritma 2)

Tb₃₁ = suhu kecerahan kanal 31
 Tb₃₂ = suhu kecerahan kanal 32
 Ae = selisih emisibitas band 31 dan 32
 W = kandungan uap air pada atmosfer
 c₀, c₁, ..., c₆ = konstanta *split window*
 (menyesuaikan sensor)

Sedangkan persamaan untuk albedo awan sebagai berikut (Strahler, et al., 1999).

$$\alpha = \frac{L \pi D^2}{E_0 \cos(Q_s)} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :
 L = Spektral Radiasi (W/m² sr μm)
 D = Jarak Astronomi bumi – matahari
 E₀ = Nilai rata-rata *solar* spektral *irradiance* kanal tertentu (W/m² μm)
 cos Q_s = Sudut zenith matahari

Spektral radiasi merupakan kisaran nilai radiasi yang dipantulkan oleh objek sedangkan *solar* spektral *irradiance* merupakan kisaran nilai radiasi yang sampai ke permukaan bumi per unit area per unit panjang gelombang.

Sudut zenith matahari merupakan sudut yang di bentuk antara garis normal dengan arah radiasi yang datang. Sudut zenith matahari akan berbeda setiap tanggal sehingga nilai albedo juga akan berbeda tiap tanggalnya. Nilai albedo tersebut pada citra MODIS level 1 B langsung dapat di peroleh pada kanal reflektan. Kanal yang digunakan adalah kanal 1, 3 dan 4.

e. Pengolahan Data Curah Hujan (Estimasi Curah Hujan)

Data curah hujan diperoleh melalui kalkulasi data curah hujan harian sesuai dengan temporal citra pada rentang waktu 2 tahun (tahun 2003 sebagai kondisi normal dan tahun 2009 sebagai kondisi *El Nino*). Karena signifikansi penurunan curah hujan pada kondisi *El-Nino* terjadi pada bulan Desember hingga Februari (DJF) (Qian et al., 2010), maka pengolahan citra hanya dilakukan pada 3 bulan yang mengalami dampak signifikan tersebut, untuk masing-masing tahun yang memiliki kondisi berbeda .

Estimasi curah hujan diperoleh dengan membuat persamaan 2 variabel

tak terikat yaitu Albedo & SPA dan 1 variabel terikat yaitu Curah Hujan. Persamaan yang akan digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- o Persamaan A, nilai SPA didasarkan pada algoritma Coll, et al. (1994) dengan nilai Albedo diregresikan untuk menghasilkan persamaan estimasi curah hujan.
- o Persamaan B, nilai SPA didasarkan pada algoritma Sobrino, et al. (2008) dengan nilai Albedo diregresikan untuk menghasilkan persamaan estimasi curah hujan.

2. Pengolahan data statistik meliputi.

a. **Uji Linier dan Korelasi**

Estimasi curah hujan dilakukan dengan menggunakan Metode statistik regresi berganda. Metode ini untuk membuat persamaan sederhana estimasi curah hujan rerata harian (sebagai variabel terikat), dalam kaitannya dengan suhu puncak awan dan albedo awan (sebagai variabel tak terikat). Persamaan yang digunakan merupakan persamaan matematis regresi linier berganda (Kutner *et al.*, 2004).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + e \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- Y = Curah Hujan
- X₁ = Albedo (%)
- X₂ = SPA (°C)
- b₁ b₂ = koefisien regresi/parameter
- b₀ = konstanta
- e = faktor galad (*error term*)

Persamaan regresi linier berganda melalui data (citra MODIS) harian, ditentukan melalui pemilihan (seleksi) citra yang memenuhi kriteria persamaan, yaitu citra dengan tutupan awan maksimum pada wilayah kajian.

Pengujian parameter persamaan regresi linier berganda yang digunakan yaitu uji Anova (F) dan uji parsial (t).

b. **Pemilihan Sampel Stasiun Hujan**

Pemilihan sampel stasiun hujan digunakan untuk melakukan uji kebenaran dengan mendasarkan topografi wilayah Propinsi Jawa Timur. Kelas topografi yang digunakan, yaitu

mendasarkan ketinggian tempat dari empat daerah iklim menurut Junghuhn (Gunawan, 2004).

Tabel 1. Empat Daerah Iklim berdasarkan Ketinggian Tempat

Daerah	Ketinggian (meter)
Iklim Panas	0-700
Iklim Sedang	700-1.500
Iklim Sejuk	1.500-2.000
Iklim Dingin	2.500-3.300

Sumber: Junghuhn dalam Gunawan (2004)

c. **Uji Akurasi**

Uji akurasi diperlukan untuk mengetahui presentase keakuratan data curah hujan hasil estimasi. Uji akurasi dapat dilakukan dengan membandingkan data hasil estimasi dengan data referensi yang dianggap benar (PU Pengairan). Adapun rumus yang dapat digunakan untuk uji akurasi adalah sebagai berikut :

<p>Kemencengan =</p> $\frac{\text{Selisih (nilai estimasi dengan nilai acuan)}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\%$

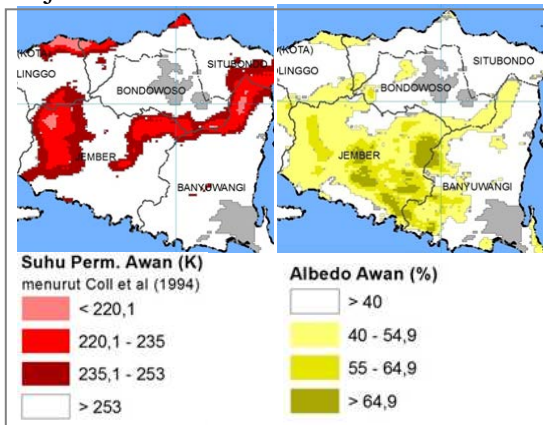
<p>Tingkat Keakuratan = 100 % - Kemencengan (%)</p>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai estimasi curah hujan diperoleh melalui persamaan regresi linier berganda dengan 2 variabel independen (tak terikat), yaitu suhu permukaan awan (SPA) dan albedo awan (ALB), serta 1 variabel terikat, yaitu curah hujan. Informasi mengenai SPA dan ALB tersebut diperoleh dari citra MODIS pada saluran inframerah (IR) dan saluran tampak (VIS), melalui beberapa formula. Saluran IR dengan panjang gelombang 10,780 – 12,270 μm, memberikan informasi SPA, yang memiliki satuan Kelvin. Saluran VIS dengan panjang gelombang 0,459 – 0,670 μm, memberikan informasi ALB yang memiliki satuan persen.

Batas klasifikasi nilai SPA dan ALB seperti yang terlihat pada Gambar 1, mendasarkan pada sistem klasifikasi Behrangi et al (2010), yang telah melakukan estimasi curah hujan harian dengan sistem klasifikasi awan

bispektral. Nilai SPA dengan 4 klasifikasi, yaitu (1) kurang dari 220,1 Kelvin; (2) 220,1 hingga 235 Kelvin; (3) 235,1 hingga 253 Kelvin; dan (4) lebih dari 253 Kelvin. Asumsi terhadap klasifikasi SPA tersebut, bahwa nilai SPA lebih dari 253 Kelvin (kelas ke-4), tidak memiliki potensi hujan, sehingga tidak diberikan warna. Sedangkan kelas lainnya, diasumsikan memiliki potensi hujan.



Gambar 1. Klasifikasi SPA (kiri) dan ALB (kanan) menurut Behrangi et al (2010)

Klasifikasi terhadap nilai ALB, yaitu (1) kurang dari 40 persen; (2) 40 hingga 54,9 persen; (3) 55 hingga 64,9 persen; dan (4) lebih dari 64,9 persen. Asumsi terhadap klasifikasi ALB, bahwa nilai ALB sebesar 40 persen hingga lebih dari 64,9 memiliki potensi hujan. Sedangkan nilai ALB kurang dari 40 persen (kelas ke-1), diasumsikan tidak memiliki potensi hujan, sehingga tidak diberikan warna. Asumsi terhadap 2 variabel tersebut mendasarkan penelitian sebelumnya (Behrangi et al, 2010) yang juga mengkaitkan hubungan antara SPA dan ALB dengan ketinggian dan jenis awan.

Data Curah Hujan Estimasi untuk Persamaan Regresi Linier Berganda

Penelitian ini menggunakan data yang mengkaji 3 puncak bulan hujan dalam 1 tahun, yaitu Desember, Januari dan Februari. Secara spesifik, tahun normal (tidak terjadi *el-nino*) yaitu Desember 2003, Januari 2004 dan Februari 2004. Sedangkan tahun terjadi

el-nino yaitu Desember 2009, Januari 2010 dan Februari 2010.

Perekaman citra MODIS selama 2 hari sekali tidak seluruhnya digunakan pada penelitian ini, melainkan hanya 3 kali perekaman dalam 1 bulan, yaitu awal, tengah dan akhir di tiap bulannya. Seleksi (pemilihan) citra tersebut bertujuan untuk memperoleh variasi kondisi dan distribusi awan secara temporal, yang juga telah mewakili puncak bulan hujan. Variasi kondisi awan yang mewakili, antara lain adanya awan yang diasumsikan berpotensi hujan dan tidak berpotensi hujan serta banyak sedikitnya tutupan awan dalam satu *scene* (lembar) perekaman citra daerah kajian. Variasi kondisi awan tersebut juga terkait dengan variasi nilai SPA dan ALB sebagai variabel tak terikat, untuk mengestimasi nilai curah hujan.

Data olahan dari citra MODIS (SPA dan ALB) dan data curah hujan aktual yang telah dianggap mewakili, tidak seluruhnya kemudian digunakan untuk memperoleh persamaan regresi linier berganda. Karena data curah hujan aktual yang digunakan untuk memperoleh persamaan harus kolokasi ruang dan waktu, maka lokasi tanpa tutupan awan (N/A) tidak dapat digunakan untuk menyusun persamaan regresi linier berganda.

Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 30 titik stasiun hujan dari total populasi sebanyak 150 stasiun hujan. Sedangkan sampel untuk membangun persamaan regresi linier berganda dari data curah hujan aktual serta hasil olahan citra MODIS (SPA dan ALB) yang mewakili skala provinsi sekaligus kolokasi (ruang dan waktu) yaitu sejumlah 36 data dari 540 data (populasi). Jumlah 36 data sampel tersebut terdiri dari 18 stasiun hujan pada 2 waktu perekaman yang berbeda (29 Desember 2009 dan 6 Februari 2010).

Perbandingan Nilai Curah Hujan Estimasi melalui Persamaan A dan B

Curah hujan estimasi dari citra MODIS yang diperoleh melalui persamaan A dan persamaan B, memiliki perbedaan pada salah satu variabel tak terikat-nya, yaitu SPA. Persamaan A menggunakan formula SPA menurut Coll, et al. (1994) dan persamaan B menggunakan formula SPA menurut Sabrina et al (2008). Sedangkan variabel tak terikat lainnya, yaitu ALB, memiliki nilai yang sama untuk kedua persamaan tersebut.

Semakin gelap (tinggi) tingkat keabuan pada citra SPA menunjukkan nilai SPA yang semakin rendah. Begitu pula pada ALB, semakin gelap rona pada citra ALB, nilai yang ditunjukkan semakin rendah. Hal tersebut berlaku sebaliknya. Namun untuk kondisi citra SPA di waktu dan lokasi perekaman yang sama dengan citra ALB, memiliki visualisasi rona yang berbeda. Semakin gelap rona pada citra berisi informasi SPA, maka visualisasi rona pada citra berisi informasi ALB semakin cerah. Begitu pula untuk kondisi sebaliknya, semakin cerah rona pada citra berisi informasi SPA, maka visualisasi rona pada citra berisi informasi ALB semakin gelap (lihat Gambar 2).

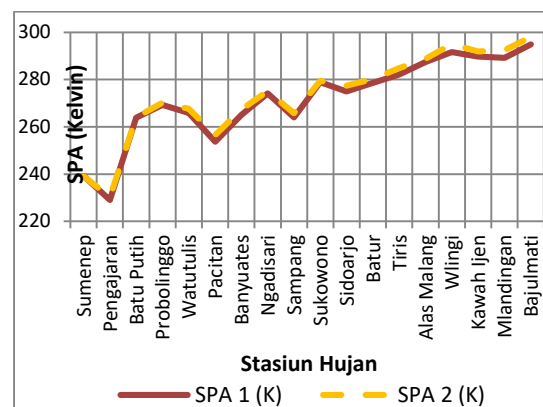


Gambar 2. Perbandingan Visualisasi Rona antara SPA (kin) dan ALB (kanan)

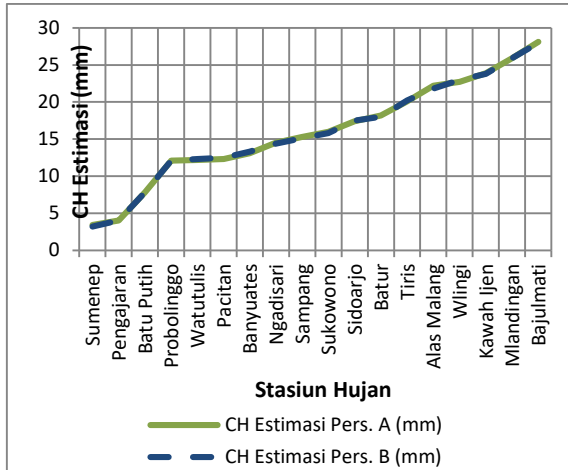
Persamaan A dan persamaan B secara garis besar memiliki nilai yang sama, baik dari perbedaan variabel terikatnya (SPA), maupun hasil estimasi curah hujannya. Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan antara persamaan A dan B dilihat dari nilai SPA dan curah hujannya. Selisih (perbedaan) yang terjadi antara persamaan A dan persamaan B secara jelas dikarenakan

perbedaan jenis algoritma SPA yang digunakan. Sulit untuk mendefinisikan algoritma SPA mana yang lebih baik digunakan untuk estimasi curah hujan, karena hasil (nilai perhitungan) dari dua jenis algoritma SPA tersebut (SPA 1 & SPA 2) hampir sama.

Algoritma SPA 1 muncul pada tahun 1994, sebelum citra MODIS melakukan orbit, karena algoritma tersebut sebenarnya merupakan algoritma yang diperuntukkan bagi pengolahan suhu permukaan pada citra satelit NOAA-AVHRR, yang kemudian disesuaikan penggunaan saluran dan koefisien hitungnya untuk pengolahan suhu permukaan pada citra MODIS. Berbeda halnya dengan algoritma SPA 2, yang ditemukan tahun 2008, setelah citra MODIS telah meng-orbit selama hampir sembilan tahun (untuk satelit Terra). Algoritma SPA 2 menggunakan koefisien hitung yang berbeda antara citra satelit Terra-MODIS dengan citra satelit Aqua-MODIS, dengan pertimbangan karena waktu perekaman antara kedua satelit tersebut berbeda.



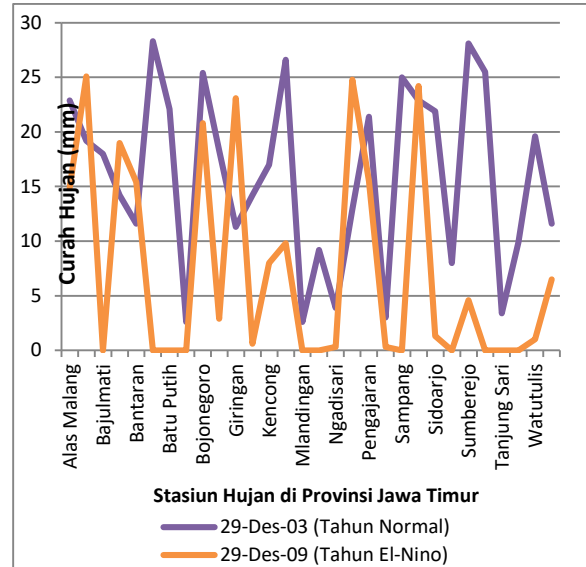
Gambar 3. Grafik SPA (atas) dan curah hujan hasil estimasi lokasi (bawah) tanggal 16 Februari 2010



Lanjutan Gambar 3. Grafik SPA (atas) - curah hujan hasil estimasi kolokasi (bawah) 6 Februari 2010

Pola Curah Hujan Estimasi Menggunakan Citra MODIS

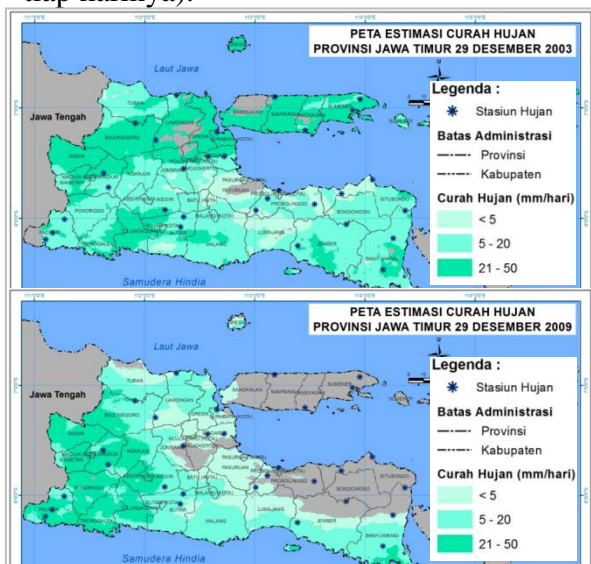
Sebaran curah hujan estimasi pada tahun normal (2003/2004) dan tahun *el-nino* (2009/2010) berdasarkan *sampling* yang telah ditentukan pada tahapan seleksi data menunjukkan variasi yang bermacam-macam. Hal tersebut terkait dengan perbedaan kondisi perairan samudera pasifik bagian barat (dekat dengan Indonesia) pada 2 tahun tersebut, yang selanjutnya mempengaruhi besar kecilnya curah hujan di Indonesia, khususnya Provinsi Jawa Timur. Gambar 4 merupakan salah satu visualisasi melalui grafik tentang perbandingan pola curah hujan estimasi yang terjadi pada tanggal 29 Desember 2003 (tahun normal) dengan 29 Desember 2009 (tahun *el-nino*) di Provinsi Jawa Timur. Grafik tersebut menunjukkan bahwa 16 dari 30 stasiun hujan pada tanggal 29 Desember 2009, sebagai perwakilan tahun *el-nino*, memiliki nilai curah hujan kurang dari 2 milimeter. Berbeda halnya dengan curah hujan pada perekaman tanggal 29 Desember 2003, yang secara keseluruhan memiliki nilai lebih dari 2 milimeter.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Curah Hujan Estimasi pada Th. Normal (2003) & Th. *El-Nino* (2009)

Antara tahun normal maupun tahun *el-nino*, keduanya memiliki rentang nilai curah hujan yang pada dasarnya termasuk dalam klasifikasi yang sama yaitu intensitas sangat ringan (kurang dari 5 milimeter per hari) hingga sedang (21 sampai dengan 50 milimeter per hari). Hanya saja, jika memperhatikan lebih detail pada nilai curah hujan serta pola yang ditunjukkan oleh grafik di atas, terdapat perbedaan pada nilai minimum curah hujan pada beberapa lokasi stasiun hujan. Hal tersebut dikarenakan, dampak fenomena *el-nino* sebenarnya dapat mempengaruhi turunnya intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, khususnya provinsi Jawa Timur. Meskipun intensitas penurunan nilai curah hujan yang terjadi pada fenomena *el-nino* tahun 2009/2010 terlihat tidak begitu signifikan, jika dibandingkan dengan nilai curah hujan pada tahun normal (2003/2004), namun kondisi tersebut dapat terjadi karena dampak dari penurunan intensitas curah hujan hanyalah salah satu dari banyak dampak akibat fenomena *el-nino*. Selain itu, fenomena *el-nino* tahun 2009/2010 merupakan *el-nino* dengan intensitas tidak kuat, melainkan menengah (*moderate*).

Perbandingan curah hujan pada tahun normal dengan tahun *el-nino*, selain dapat diketahui melalui perbedaan nilai serta pola yang divisualisasikan melalui grafik, juga dapat diketahui distribusinya (sebarannya) melalui peta. Gambar 5 merupakan visualisasi nilai curah hujan pada akhir bulan DJF tahun normal (2003/2004) dan tahun *el-nino* (2009/2010) melalui peta. Sebagian besar intensitas curah hujan pada peta tersebut terdiri dari 3 kelas, yaitu intensitas sangat ringan (kurang dari 5 milimeter tiap harinya), ringan (5 – 20 milimeter tiap harinya) dan sedang (21 – 50 milimeter tiap harinya).



Gambar 5. Peta Curah Hujan Estimasi pada Tahun Normal (atas) dan Tahun *EL-Nino* (bawah)

Perbandingan Curah Hujan Estimasi dengan Curah Hujan Aktual

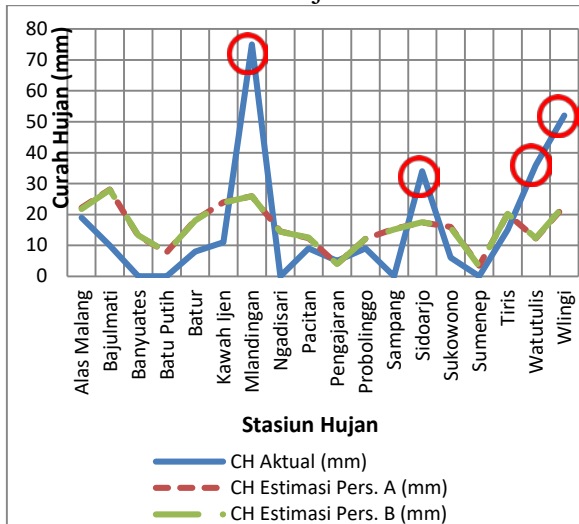
Berbeda dengan curah hujan estimasi dari citra MODIS yang memiliki nilai rata-rata, yaitu antara 0 hingga 50 milimeter tiap hari, curah hujan aktual menunjukkan nilai yang dapat melebihi 100 milimeter tiap harinya, untuk kolokasi yang sama. Sesuai dengan klasifikasi menurut BMKG, intensitas curah hujan diklasifikasikan menjadi 5 kelas, yaitu (1) kurang dari 5 milimeter per hari, termasuk kategori hujan sangat ringan; (2) 5 hingga 20 milimeter per hari, termasuk kategori hujan ringan; (3) 21 hingga 50 milimeter per hari,

termasuk kategori hujan sedang; (4) 51 hingga 100 milimeter per hari, termasuk kategori hujan lebat; dan (5) lebih dari 100 milimeter per hari, termasuk kategori hujan sangat lebat. Berdasarkan klasifikasi tersebut, nilai estimasi curah hujan, baik pada kondisi normal maupun *el-nino*, intensitasnya hanya pada kelas 1 hingga kelas 3, tanpa nilai ekstrim. Tidak seperti halnya nilai curah hujan estimasi, nilai curah hujan aktual memiliki intensitas yang sangat bervariasi, dari kelas 1 hingga kelas 5. Karena jumlah nilai curah hujan yang termasuk dalam kelas 5 pada curah hujan aktual tidak sepenuhnya tersebar merata di seluruh stasiun dan hanya terjadi di beberapa titik dalam 1 atau 2 kali perekaman saja, maka nilai tersebut dianggap kondisional akibat pengaruh iklim lokal (lingkungan sekitar).

Meskipun terlihat perbedaan yang jelas antara curah hujan hasil estimasi melalui citra MODIS dengan curah hujan aktual (stasiun hujan), namun sebenarnya nilai antara keduanya menunjukkan pola yang sama. Visualisasi terkait perbedaan nilai curah hujan hasil estimasi dengan data lapangan dapat diketahui pada Gambar 6. Terlihat bahwa terdapat 4 puncak ekstrim yang menunjukkan nilai curah hujan aktual yang berbeda jauh dengan nilai rata-rata pada gambar tersebut. Secara garis besar, nilai curah hujan estimasi, baik dari persamaan A maupun persamaan B, terlihat pola yang sama dengan nilai curah hujan aktual. Sehingga, dapat didefinisikan bahwa nilai curah hujan estimasi melalui citra MODIS termasuk *over-estimate* dibandingkan nilai curah hujan aktual.

Besarnya kemencengan serta uji akurasi dilakukan terhadap 2 jenis persamaan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu persamaan A dan persamaan B. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai akurasi antara hasil estimasi dengan data data lapangan sebesar 59,73 persen untuk persamaan A dan 59,68

persen untuk persamaan B. Dengan kata lain, nilai kemencengannya hampir mendekati 50 persen. Persamaan A memiliki presentase kekeliruan 40,27 persen, terhadap hasil estimasi curah hujan yang dilakukan. Begitu juga untuk persamaan B, yang memiliki nilai kekeliruan sebesar 40,32 persen terhadap hasil estimasi curah hujan.

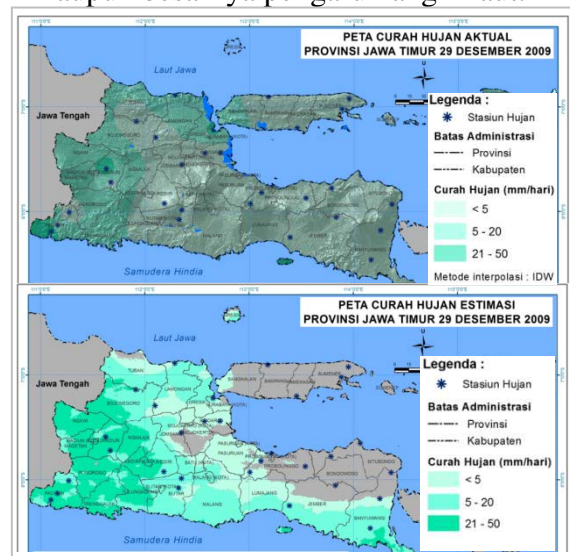


Gambar 6. Grafik Perbandingan Curah Hujan Estimasi - Curah Hujan Aktual pada 6 Feb 2010

Besarnya nilai kemencengan dari masing-masing persamaan untuk menghasilkan nilai curah hujan estimasi, seperti yang telah dijelaskan pada bagian uji persamaan regresi, disebabkan karena banyak faktor lain yang mendukung terjadinya hujan, namun tidak digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, kondisi resolusi temporal dari citra MODIS sebagai alat untuk mengestimasi curah hujan, memiliki keterbatasan terkait dengan informasi detail tentang perbedaan lokasi keberadaan awan dengan lokasi terjadinya hujan.

Stasiun hujan yang tersebar di Provinsi Jawa Timur berada pada kondisi topografi yang bervariasi. Karenanya besar kecilnya curah hujan yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi global (seperti kejadian *el-nino* dan *la-nina*), namun juga dipengaruhi oleh kondisi meteorologis lokal, seperti keberadaan daerah hujan dan daerah bayangan hujan, adanya angin gunung

dan angin lembah, serta adanya angin darat dan angin laut. Variasi pola intensitas curah hujan di Provinsi Jawa Timur yang dapat diketahui dari Gambar 7, salah satunya disebabkan karena variasi topografi, yang lebih terkait pada kondisi cuaca setempat (lokal). Contoh kondisi meteorologis lokal yang terjadi pada tanggal 29 Desember 2009 di Provinsi Jawa Timur tersebut, yaitu perbedaan intensitas curah hujan pada wilayah daratan luasnya (Pulau Jawa) dan wilayah kepulauannya (Pulau Madura). Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda terkait cuaca lokalnya, baik akibat kondisi topografi maupun besarnya pengaruh angin laut.



Gambar 7. Curah Hujan Aktual (Atas) dan Curah Hujan Estimasi (Bawah) pada tanggal 29 Desember 2009 (*El-Nino*) di Provinsi Jawa Timur.

KESIMPULAN

1. Algoritma Suhu Permukaan Awan (SPA) menurut Coll, et al. (1994) dan Sobrino, et al. (2008) serta Albedo Awan (ALB) menurut Strahler, et al. (1999) dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter-parameter pendukung nilai curah hujan estimasi pada kondisi *el-nino* melalui pengolahan citra MODIS.
2. Intensitas curah hujan estimasi pada tahun *el-nino* cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan tahun normal di Provinsi Jawa Timur secara

keseluruhan. Sedangkan, pola distribusi curah hujan estimasi menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Provinsi Jawa Timur, khususnya bagian timur, seringkali tidak mengalami hujan ketika tahun *el-nino* (2009/2010).

3. Pola yang ditunjukkan oleh curah hujan estimasi pada kondisi *el-nino* melalui citra MODIS, yaitu *over-estimate* dibandingkan nilai curah hujan aktual dari data stasiun hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Sisi Lain Perubahan Iklim*. Jakarta : UNDP Indonesia.
- Coll, C. and V. Caselles. 1997. A Split-Window Algorithm for Land Surface Temperature from Advanced Very High Resolution Radiometer Data: Validation and Algorithm Comparison. *Journal Geophysical Research*, 102(D14), 16697–16713. Diakses melalui: [10.1029/97JD00929](https://doi.org/10.1029/97JD00929).
- Behrangi, Ali, et al. 2010. Daytime Precipitation Estimation Using Bispectral Cloud Classification System. *Journal of Applied Meteorology and Climatology, Special Collection of International Precipitation Working Group, Vol. 49, p. 1015-1031*.
- Gunawan, Totok, dkk. 2004. *Fakta dan Konsep Geografi*. Jakarta : Ganeca Exact.
- Hamada, Jun-Ichi, et al. 2012. Interannual Rainfall Variability over Northwestern Jawa and its Relation to the Indian Ocean Dipole and El Niño-Southern Oscillation Events. *Jurnal Elektronik – SOLA Vol. 8, p.069–072*.
- Kuligowski, Robert J. 2010. The Self-Calibrating Multivariate Precipitation Retrieval (SCaMPR) for High-Resolution, Low Latency Satellite-Based Rainfall Estimates. *Journal Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology p. 39-48*.
- Kutner, Michael H., C.J. Nachtseim and J. Neter. 2004. *Applied Linear Regression Models*. New York : McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kuypers, James, et al. 2005. *MODIS Level 1B Product User's Guide*. Greenbelt : NASA/Goddard Space Flight Center.
- Lo, C. P. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. Terjemahan. Jakarta : UI-Press.
- Mustofa, Adi J. 2009. *MODIS : Mengamati Lingkungan Global dari Angkasa*. Jepang : Chiba University.
- Qian J. H., A. W. Robertson, V. Moron. 2010. Interaction Among ENSO, the Monsoon and Diurnal Cycle in Rainfall Variability Over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Science* 67 : 3509 – 3524. Diakses melalui Springerlink.
- Sobrino, Jose A. and Juan Carlos J. Minoz. 2008. Split-window Coefficients for Land Surface Temperature Retrieval from Low-Resolution Thermal Infrared Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 5 No.4 p.806-809*.
- Strahler, A. H, J. P. Muller, MODIS Science Team Members. 1999. *MODIS BRDF/Albedo Product : Algorithm Theoretical Basis Document Version 5*. MODIS Product ID : MOD43.
- Widodo, F. Heru. 1998. Pemanfaatan Data Satelit Cuca GMS untuk Estimasi Curah Hujan di Kabupaten Bandung, Jawa Barat dan Sekitarnya. *Thesis*. Yogyakarta: Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.