

**ESTIMASI CURAH HUJAN HARIAN DENGAN METODE
AUTO ESTIMATOR
(Kasus Jayapura dan sekitarnya)
DAILY RAINFALL ESTIMATION USING AUTO ESTIMATOR METHOD
(Jayapura and its surrounding case)**

Yunus Subagyo Swarinoto^{1*}, Husain²

¹Pusat Database BMKG, Jl. Angkasa I No. 2, Kemayoran, Jakarta

²Akademi Meteorologi dan Geofisika, Pondokbetung, Tangerang

e-mail: yunusbmkg@live.com.

Naskah masuk: 6 Maret 2012; Perbaikan terakhir: 4 Oktober 2012; Naskah diterima: 5 Oktober 2012

ABSTRAK

Salah satu citra satelit cuaca yang digunakan secara operasional oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) saat ini adalah citra MTSAT. Pengamatan awan dari satelit cuaca MTSAT dapat digunakan untuk menafsirkan (estimasi) hujan. Estimasi curah hujan berdasarkan pada suhu puncak awan yang diperoleh dari citra satelit MTSAT kanal IR-1 (infra red) dengan menggunakan metode Auto Estimator telah dilakukan di Jayapura dan sekitarnya. Sebagai bahan kajian digunakan citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 bulan Januari dan Februari 2010. Untuk keperluan validasi dibutuhkan data observasi stasiun-stasiun meteorologi/klimatologi Dok II Jayapura (97698), Sentani Jayapura (97690), dan Genyem Jayapura (97692). Hasil estimasi curah hujan ini dibandingkan dengan data curah hujan actual untuk mengetahui kedekatan hubungan antar keduanya. Untuk menguji keakuratan hasil dihitung nilai error (Root Mean Square Error, RMSE) dan persentase hari hujan. Hasil menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan hasil estimasi dengan curah hujan aktual di Jayapura dan sekitarnya pada Januari 2010 lemah dengan RMSE berkisar 117.8 – 215.5 mm/hari dan pada bulan Februari 2010 cukup kuat dengan RMSE berkisar 26.4 – 38.8 mm/hari. Tingkat akurasi estimasi hari hujan pada bulan Januari >70% dan pada bulan Februari 2010 berkisar 42.8 – 85.7%.

Kata kunci: Auto Estimator, Cuaca, MTSAT, Satelit, Suhu Puncak Awan

ABSTRACT

MTSAT data are used by BMKG for operational purposes. MTSAT channel IR-1 can be used to estimate rainfall on surface. The rainfall estimation is derived based on the cloud top temperature by using the Auto Estimator Methode. The area of study is chosen at Jayapura and its surrounding. The period of satellite data used are January and February 2010. Validation of the rainfall estimation is done by using observed rainfall data taken from observation stations: Dok II, Sentani, and Genyem. Results shows that the relation between estimated rainfall and observed rainfall in Jayapura and its surrounding is weak on January 2010 (117.8 – 215.5 mm/day of RMSE) but stronger in February 2010 (26.4 – 38.8 mm/day of RMSE). The accuracy of the rainfall day estimation in January 2010 is about >70% and 42.8 – 85.7% in February 2010.

Key words: Auto Estimator, Weather, MTSAT, Satellite, Cloud top temperature

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi berupa butir-butir/ tetes-tetes air atau kristal es yang jatuh dari dasar awan yang dapat mencapai permukaan bumi [1].

Jika presipitasi tidak mampu mencapai permukaan bumi karena habis menguap kembali ke atmosfer disebut sebagai “virga”. Hujan dan snow merupakan bentuk presipitasi yang paling umum. Bentuk presipitasi yang lain adalah *sleet, glaze, hail, rime, drizzle, mist*, dan *graupel* [2].

Butir air yang dapat keluar dari awan dan mencapai permukaan bumi sekurang-kurangnya harus memiliki garis tengah 200 mikrometer. Jika kurang dari ukuran tersebut, butir-butir air dimaksud sudah akan habis menguap sebelum mencapai permukaan bumi.

Diameter dan konsentrasi butir/ tetes air ini sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada intensitas presipitasi terutama jenis dan asalnya, yakni hujan kontinyu, hujan shower, dan lain-lain [3]. Selanjutnya parameter yang sangat penting dari hujan ini adalah intensitasnya, banyaknya, dan keseringan kejadiannya [1].

Pengamatan terhadap hujan umumnya dilakukan secara konvensional. Caranya adalah menakar jumlah curah hujan yang jatuh di permukaan bumi menggunakan alat penakar hujan. Untuk mendapatkan data curah hujan, maka diperlukan stasiun pengamatan cuaca/ iklim sebagai tempat observasi di darat. Namun dikarenakan sangat mahalnya peralatan dan operasional stasiun pengamatan cuaca/ iklim di darat ini, maka kondisi saat ini belumlah memadai jumlah lokasi yang tersedia bila dibandingkan dengan luas wilayah Indonesia [4]. Selain itu, pengamatan curah hujan secara konvensional banyak menemui kendala terutama di saat terjadinya cuaca buruk. Hal ini merupakan permasalahan bagi ketersediaan data curah hujan yang tepat waktu, kontinyu, dan akurat. Oleh karena itu, estimasi curah hujan menggunakan citra satelit cuaca sangat perlu dikembangkan.

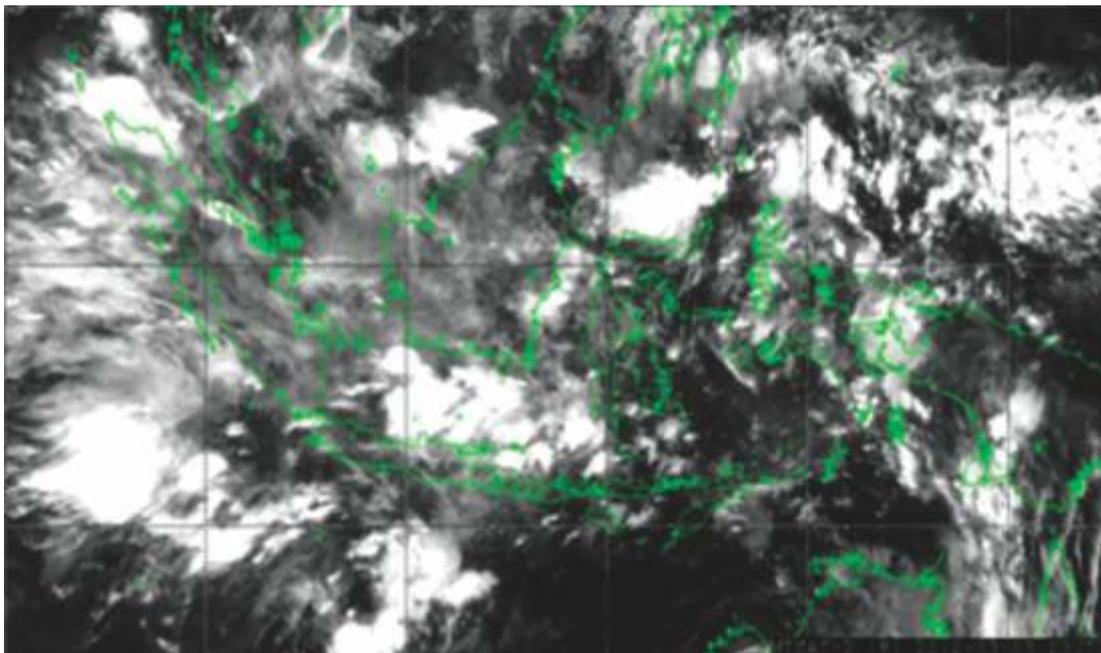
Satelit cuaca adalah wahana buatan yang berfungsi untuk memantau dan memotret gejala perilaku cuaca yang terjadi di atas permukaan bumi secara *real time*. Fungsi tersebut antara lain adalah untuk mengidentifikasi jenis

awan, arah dan kecepatan angin, tracking siklon tropis, suhu permukaan laut, keadaan atmosfer, estimasi curah hujan, dan lain-lain [5]. Namun pada prinsipnya, yang dihasilkan oleh citra merupakan kelanjutan fungsi thermal dari sensor-sensor yang bersifat peka terhadap panas yang ada pada wahana satelit tersebut. Beberapa unsur cuaca/ iklim dapat diturunkan dari citra satelit. Di antaranya adalah unsur cuaca/ iklim suhu udara permukaan [6]. Contoh citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 yang menunjukkan kondisi perawanan di atas wilayah Indonesia disajikan pada Gambar 1.

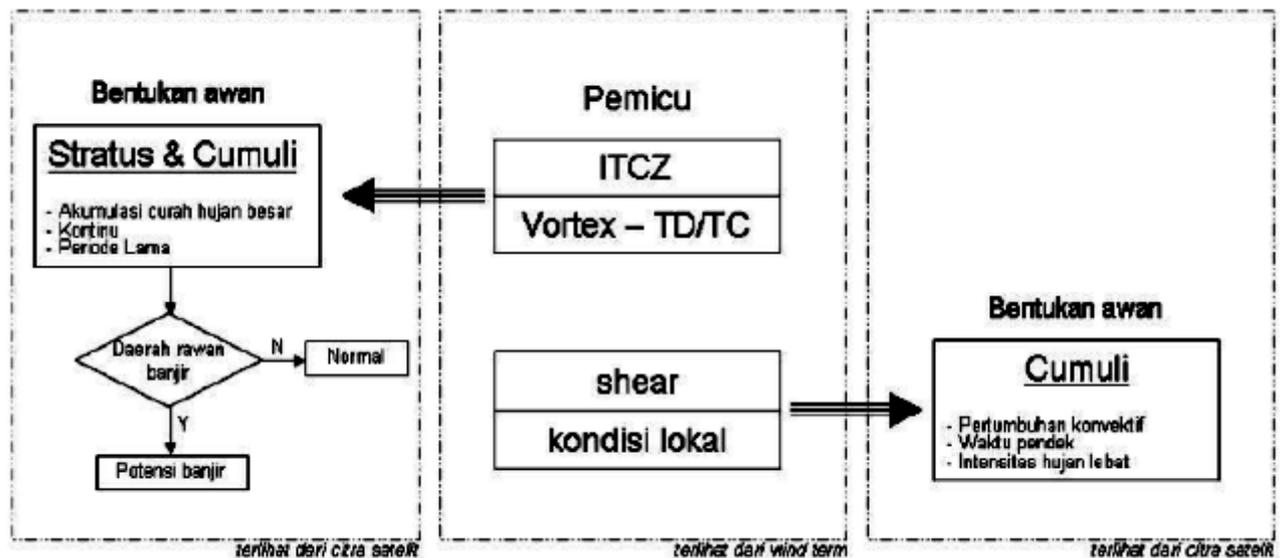
Saat ini metode Auto Estimator sudah banyak digunakan untuk melakukan estimasi besaran curah hujan. Namun hasil estimasi curah hujan yang dideteksi oleh satelit cuaca dan pada pengamatan sinoptik mempunyai selisih atau nilai perbedaan. Hal inilah yang perlu dikaji tingkat keakuratan estimasi curah hujan dengan menggunakan metode ini. Khususnya jika akan diaplikasikan di wilayah tropis seperti Indonesia yang diwakili oleh daerah studi Jayapura dan sekitar.

1.2. Tujuan Penelitian

- Memanfaatkan citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 untuk keperluan estimasi curah hujan harian di Jayapura dan sekitar sebagai daerah studi.
- Menyiapkan nilai estimasi curah hujan harian berbasis persamaan-persamaan matematis menggunakan metode Auto Estimator.
- Mengetahui kualitas nilai estimasi curah hujan harian dengan metode Auto Estimator ini dengan cara menghitung nilai koefisien korelasi Pearson (r), RMSE, dan nilai persentase ketepatan kejadian hari hujan harian.



Gambar 1. Citra satelit MTSAT IR-1 di atas wilayah Indonesia tanggal 03 Maret 2012 pukul 23 UTC [7]



Gambar 2. Penampakan perawanan pada citra satelit dan kondisi pemicunya [3]

1.3. Batasan masalah

Dalam penulisan ini hanya dikaji tentang keakuratan nilai estimasi curah hujan harian yang dideteksi satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 dengan menggunakan metode Auto Estimator dengan menggunakan bantuan suatu perangkat lunak.

Adapun stasiun meteorologi yang dijadikan pembandingan antara nilai estimasi curah hujan harian yang dideteksi satelit dan curah hujan harian pada pengamatan sinoptik, yaitu stasiun meteorologi/klimatologi yang berada di sekitar Jayapura. Dalam pengolahan data untuk bahan kajian dilakukan pada bulan Januari dan Februari 2010 sebagai bulan-bulan puncak musim hujan di daerah studi.

1.4. Analisis citra satelit

Untuk memprediksi jenis awan dengan memanfaatkan citra satelit cuaca perlu memahami terlebih dahulu mekanisme pemicu pertumbuhan awan. Bagan pertumbuhan awan secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan bentuknya, secara garis besar awan dapat dibagi menjadi dua, yakni stratiform dan cumuliform. Kedua jenis awan ini sangat berbeda, mulai dari penyebab dan proses terbentuknya, ketinggiannya maupun bentuknya, dan sifat hujan yang diturunkannya.

Jika dilihat dari pemicunya, bentuk awan yang disebabkan oleh kondisi-kondisi lokal ataupun *shear* biasanya berupa awan-awan cumuliform sel tunggal. Sedangkan wilayah dimana terdapat *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ) ataupun *vortex* [baik masih berupa *eddy*, *low*, depresi tropis, Tropical Cyclone (TC), maupun Tropical Storm (TS)], pada citra satelit akan

terlihat bentuk awan-awan cumuliform yang bercampur dengan awan-awan stratiform. Pada kejadian ini, biasanya hujan yang dihasilkan akan mempunyai periode yang cukup lama dan kontinyu, yang akhirnya akan menghasilkan akumulasi curah hujan besar. Untuk wilayah-wilayah rawan banjir hal ini biasa menjadi masalah, karena ketika akumulasi curah hujan ini melebihi batas ambang cuaca ekstrim wilayah itu, banjir pun punya potensi besar akan terjadi.

1.5. Auto estimator

Citra satelit banyak digunakan untuk keperluan mendeteksi potensi sebaran awan hujan. Citra satelit yang digunakan umumnya kanal IR dan visible. Kedua kanal ini dimanfaatkan untuk mendapatkan interpretasi yang mendekati kenyataan yang sebenarnya terjadi. Citra satelit IR adalah hasil gambaran yang diperoleh berdasarkan pantulan suhu, sedangkan citra visible diperoleh berdasarkan tingkat refleksifitas permukaan (albedo).

Satu fakta penting mengenai awan-awan hujan yang signifikan dalam pengembangan Auto-Estimator adalah bahwa awan-awan dengan puncak awan bersuhu rendah pada citra IR menghasilkan curah hujan yang lebih besar dibandingkan dengan awan-awan yang puncaknya bersuhu lebih hangat [3]. Perbandingan antara suhu puncak awan pada satelit geostasioner citra IR dengan citra radar cuaca memperlihatkan bahwa awan konvektif dapat ditandai dengan suhu puncak awan yang sangat rendah (195 sampai 210 °K).

Metode Auto Estimator [8] pertama kali dikembangkan oleh Vicente dan kawan-kawan. Metode ini memadukan data suhu puncak awan, rata-rata pertumbuhan puncak awan, dan gradien suhu puncak awan yang didapat dari citra satelit dengan nilai *precipitable water* dan nilai

kelembaban, arah dan kecepatan angin (dari data rawinsonde) untuk menganalisis kelembaban lingkungan. Lebih lanjut nilai-nilai parameter tersebut digunakan menghitung akumulasi curah hujan serta koreksi orografis untuk mengoreksi keakuratan data pada lapisan atas.

Dari data yang dibutuhkan tersebut berarti materi yang dibutuhkan untuk auto-estimator adalah jenis citra satelit berorbit geostasioner (yang mampu menyediakan data citra tiap satu atau setengah jam), data pendukung berupa observasi dari stasiun-stasiun meteorologi/klimatologi dan perangkat lunak yang mampu membaca suhu puncak awan.

Sebuah komputer dengan program tertentu di antaranya perangkat lunak SATAID akan mampu membaca warna awan citra satelit untuk mendapatkan data suhu puncak awan pada tiap piksel. Kemudian estimasi curah hujan dihitung berdasarkan penambahan atau pengurangan dari nilai jumlah awan. Jika suhu puncak awan meningkat pada dua citra satelit yang diambil dalam waktu yang berurutan namun jumlah awan berkurang, maka akan dilakukan koreksi terhadap jumlah awan. Jika suhu puncak awan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah awan, maka biasanya diperkirakan hujan akan turun dari awan ini.

1.6. *Satellite animation and interactive diagnosis*

Dalam usaha pencegahan bencana alam yang berkaitan dengan meteorologi, seperti typhoon dan hujan lebat, peran satelit cuaca dalam observasi cuaca tidak dapat diragukan lagi. Namun demikian, untuk lebih mengefektifkan penggunaan satelit cuaca ini, maka adalah penting untuk menganalisis citra dan mengambil informasi darinya. Saat ini menganalisis citra satelit cuaca umumnya dilakukan secara subyektif melalui mata penglihatan manusia, sedangkan analisis yang berkualitas membutuhkan penguasaan interpretasi citra secara baik.

Perkembangan komputer dapat mempermudah tampilan citra satelit ke layar komputer. Pusat Satelit Meteorologi Jepang di *Japan Meteorological Agency (JMA)* telah mengembangkan suatu sistem *Computer Aided Learning (MSC-CAL)* untuk menampilkan citra satelit sebagai sarana pembelajaran dan pelatihan dalam rangka meningkatkan kemampuan analisis citra. Sistem inilah yang kemudian disebut *Satellite Animation and Interactive Diagnosis (SATAID)*.

Dengan menggunakan SATAID [9], dapat diketahui suhu yang diukur pada sebuah titik di dalam citra dan merupakan suhu puncak awan yang akan digunakan sebagai input data untuk menghitung nilai estimasi curah hujan dengan metode Auto Estimator ini.

2. Data dan Metode

2.1. Data

Dalam menyiapkan tulisan ini digunakan dua jenis data dasar, yaitu data citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 (contoh dapat dilihat pada Gambar 3) dan data curah hujan aktual hasil observasi lapang. Data citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Pusat Meteorologi Publik, Bidang Pengelolaan Citra Inderaja, Sub Bidang Pengelolaan Citra Satelit di Jakarta. Citra satelit cuaca yang digunakan dalam pengolahan data diambil untuk bulan Januari dan Februari Tahun 2010.

Data curah hujan diperoleh dari hasil pengamatan sinoptik di Stasiun Meteorologi Dok II Jayapura (97698), Stasiun Meteorologi Sentani (97690) dan Stasiun Klimatologi Genyem (97692). Data curah hujan yang digunakan adalah data bulan Januari dan Februari Tahun 2010.

- Data Suhu Puncak Awan

Data suhu puncak awan digunakan dalam perhitungan curah hujan harian diperoleh dengan menginterpretasi data citra satelit MTSAT kanal IR-1 dengan bantuan perangkat lunak SATAID. Data yang didapat berupa nilai suhu puncak awan dari hasil interpolasi dengan cara *Inverse Distance Weighting (IDW)* [10] yang mengacu letak geografis dari stasiun pengamatan hujan yang dipilih.

Dalam pengolahan data dipilih stasiun Meteorologi Dok II (97698) dengan posisi 2.53 °LS, 140.72 °BT, Stasiun Meteorologi Sentani (97690) dengan posisi 2.5 °LS, 140.48 °BT, dan Stasiun Klimatologi Genyem (97692) dengan posisi 2.9 °LS, 140.27 °BT. Data yang diperoleh berupa suhu puncak awan tiap jam.

Data tersebut memiliki satuan derajat *Celsius (°C)* yang harus lebih dahulu dikonversikan ke dalam satuan derajat *Kelvin (°K)* sebelum dimasukkan ke dalam persamaan.

- Data Curah Hujan Aktual

Data curah hujan aktual yang digunakan sebagai pembandingan berupa data curah hujan harian hasil observasi stasiun meteorologi/ klimatologi di sekitar Jayapura yang diambil pada bulan Januari dan Februari 2010.

2.4. Metode

- Metode Interpolasi

Berdasarkan pada data estimasi suhu puncak awan yang diturunkan dari citra satelit cuaca MTSAT kanal IR-1 diperoleh beberapa nilai yang berada di sekitar koordinat stasiun pengamatan hujan. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai yang realistis, perlu dilakukan interpolasi. Hal ini berkaitan pula dengan resolusi horizontal dari data citra MTSAT kanal IR-1 adalah 5 km. Perhitungan nilai interpolasi digunakan cara *Inverse Distance Weighting* (IDW). Persamaan [10] yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{D_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i}} \quad (3.1)$$

Dimana : Z_0 = Nilai titik estimasi suhu puncak awan di stasiun pengamatan hujan ($^{\circ}\text{C}$); Z_i = Nilai titik sampel ke- i suhu puncak awan di sekitar stasiun ($^{\circ}\text{C}$); D_i = jarak mendatar dari titik sampel ke titik estimasi/ stasiun pengamatan hujan ($^{\circ}\text{BT}$), dan n = jumlah data.

Untuk kasus mendatar, jarak mendatar antara titik sampel dengan titik estimasi (D_i) adalah serba sama dan jumlah kasus prediksi adalah tunggal [11], maka diperoleh persamaan Z_0 berikut :

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad (3.2)$$

Penggunaan metode interpolasi IDW untuk keperluan spasial memang sangat disarankan. Hal ini berkaitan dengan mudahnya metode tersebut diaplikasikan, *relatively simple*. Namun demikian untuk keperluan spasial, metode ini memiliki akurasi yang relatif sedikit lebih rendah daripada metode interpolasi Ordinary Krigging [4]. Metode ini menggunakan rata-rata dari sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel [12].

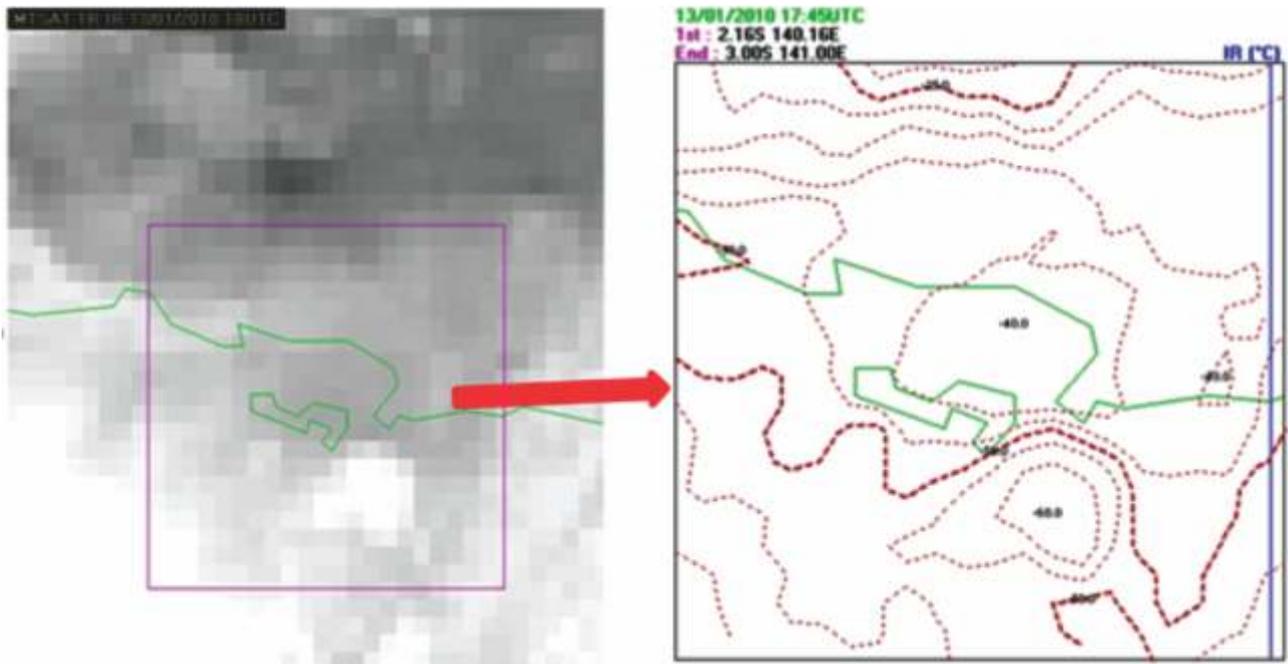
- Metode Auto Estimator

Metode Auto Estimator merupakan metode estimasi curah hujan yang memadukan data suhu puncak awan, rata-rata pertumbuhan puncak awan, dan gradient suhu puncak awan yang didapat dari data citra satelit cuaca. Metode ini digunakan untuk menghitung akumulasi curah hujan. Dalam permodelannya, hujan diasumsikan terjadi pada puncak awan yang sedang berkembang. Persamaan empiris sederhana berikut digunakan dalam perhitungan jumlah curah hujan yang diturunkan dari citra satelit:

$$R = 1.1183 * 10^{11} \exp(-3.6382 * 10^{-2} * T^{1.2})$$

Dimana: R = jumlah curah hujan dalam mm/jam dan T adalah suhu puncak awan dalam derajat Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

(3.3)



Gambar 3. Cuplikan data citra satelit MTSAT channel IR-1 yang dilokalisir dalam skala $0.84^{\circ} \times 0.84^{\circ}$ (sebelah kiri) dan Analisis Ishophet Suhu puncak Awan IR-1 dalam skala $0.84^{\circ} \times 0.84^{\circ}$ (sebelah kanan) yang mencakup wilayah kajian.

• RMSE

Nilai RMSE digunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai prediksi total curah hujan harian dibandingkan dengan nilai total curah hujan harian aktual hasil observasi. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung RMSE [13], [14] yang digunakan dalam pengolahan data:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RC_i - RO_i)^2}{N}} \quad (3.4)$$

Dimana: N = Banyaknya data, RC_i = Curah hujan hasil estimasi ke-i (mm), dan RO_i = Curah hujan aktual hasil observasi ke-i (mm).

Perlu diketahui bahwa untuk validasi hasil estimasi, maka semakin besar nilai RMSE akan semakin jauh nilai total curah hujan harian estimasi terhadap data curah hujan aktualnya. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin baik prediksi total hujannya. Nilai terbaik RMSE adalah 0. Mengingat bahwa tingkat kesalahan yang dapat diminimalisir dapat meningkatkan tingkat akurasi kualitas estimasi [14].

• Koefisien Korelasi Linear

Series data yang diperoleh, baik dari RC_i dan RO_i selanjutnya dikorelasikan satu dengan yang lainnya. Metode korelasi digunakan untuk mencari nilai yang menunjukkan kekuatan dan arah hubungan kedekatan antara RC_i dan RO_i. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai koefisien korelasi moment produk Pearson [15], [16] adalah seperti berikut :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (3.5)$$

Dimana: r = Nilai koefisien korelasi Pearson, x_i = data curah hujan hasil estimasi ke-i (mm), dan y_i = data curah hujan aktual hasil observasi ke-i (mm).

Nilai r memiliki sebaran dari -1 hingga +1 [17]. Nilai r ini menunjukkan kuat-lemahnya hubungan antar variable yang dikorelasikan. Semakin kuat hubungan antar hubungan antar variable yang dikorelasikan, maka semakin besar diperoleh nilai r. Nilai terbaik dari r adalah +1. Artinya kedua variable yang dikorelasikan memiliki hubungan yang sangat signifikan.

Nilai koefisien korelasi Pearson [16] dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Jika harga r mendekati +1, berarti hubungan antara total curah hujan harian hasil estimasi dengan total curah hujan harian aktual sangat kuat dan positif (bersamaan fase).

- Jika harga r mendekati -1, berarti hubungan antara total curah hujan harian hasil estimasi dengan total curah hujan harian aktual sangat kuat dan negatif (berlawanan fase).
- Jika harga r mendekati +0.5 atau -0.5, berarti hubungan antara total curah hujan harian hasil estimasi dengan total curah hujan harian aktual dianggap cukup kuat.
- Jika harga r lebih kecil dari +0.5 atau lebih besar dari -0.5, berarti hubungan antara total curah hujan harian hasil estimasi dengan total curah hujan harian aktual dianggap lemah.

Untuk validasi hasil estimasi dengan menggunakan nilai koefisien korelasi Pearson ini, maka semakin besar nilai koefisien korelasi yang didapat menunjukkan semakin baik hasil validasi. Berarti semakin tinggi tingkat akurasi estimasi yang dihasilkan.

• Keakuratan Estimasi Curah Hujan

Untuk membantu dalam menentukan keakuratan dari estimasi curah hujan harian dengan menggunakan metode Auto Estimator, maka digunakan metode frekuensi dan persentase. Adapun persamaan yang digunakan dalam metode frekuensi dan persentase adalah sebagai berikut:

- Untuk frekuensi diperoleh dari banyaknya Hari Hujan (HH) pada data estimasi curah hujan harian dengan metode Auto Estimator yang sesuai dengan banyaknya Hari Hujan (HH) pada curah hujan harian aktual yang dicatat pada pengamatan sinoptik.
- Untuk menghitung nilai persentase digunakan persamaan berikut:

$$P_{HH} = \frac{F}{n} \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana: P_{HH} = Persentase akurasi hari hujan pada estimasi curah hujan dengan metode Auto Estimator, F = frekuensi hari hujan pada estimasi curah hujan dengan metode Auto Estimator yang sesuai dengan hari hujan pada pengamatan curah hujan actual, dan n = banyaknya data.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menghitung total curah hujan harian adalah sebagai berikut :

- Mengidentifikasi suhu puncak awan dari citra satelit cuaca MTSAT channel IR-1 dengan bantuan perangkat lunak *SATAID*,
- Menginterpolasi suhu puncak awan luaran perangkat lunak *SATAID* mengacu letak geografis dari stasiun pengamatan hujan dengan metode *IDW*,
- Mengkonversi satuan suhu puncak awan dari derajat Celcius ke dalam derajat Kelvin, dimana °K = t°C + 273,

- Menentukan nilai R (jumlah curah hujan) tiap jam dengan menggunakan persamaan (3.3), kemudian hasil curah hujan perjam dijumlahkan menjadi curah hujan harian,
- Melakukan pembulatan nilai R harian dalam persepuluhan,
- Melakukan validasi nilai R hasil perhitungan tersebut dengan cara membandingkan dengan nilai curah hujan aktual hasil pengamatan stasiun meteorology/ klimatologi,
- Menghitung nilai r, RMSE, dan persentase dari semua data yang diolah,
- Menganalisis dan mengambil kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data curah hujan harian aktual dan nilai estimasi curah hujan harian dengan metode Auto Estimator maka diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

3.1. Stasiun Meteorologi Dok II Jayapura

- Bulan Januari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan harian dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Januari 2010 diperoleh nilai estimasi curah hujan R = 3128.9 mm. Nilai estimasi R ini masih sangat besar dan masih jauh dari nilai aktualnya. Namun demikian, tingkatan kesesuaian antara nilai curah hujan harian estimasi dengan nilai hujan harian observasi masih memiliki kaitan bersamaan fase dengan nilai r = +0.36. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktualnya mempunyai hubungan yang dianggap lemah. Kemudian bila ditinjau dari nilai RMSE = 215.5 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi

antara nilai curah hujan hasil estimasi dengan curah hujan aktual masih sangat besar. Namun bila ditinjau dari persentase akurasi jumlah hari hujan hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan aktual sangat bagus yakni sebesar 90.3%.

- Bulan Februari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan harian dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Februari 2010 didapat nilai estimasi curah hujan R = 614.9 mm. Sementara itu nilai koefisien korelasi Pearson didapat r = +0.68. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan nilai curah hujan harian aktualnya cukup kuat.

Kemudian bila dilihat dari nilai RMSE = 38.8 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktual masih cukup besar. Namun demikian bila ditinjau dari nilai persentase akurasi jumlah hari hujan harian hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan aktual bagus yakni sebesar 71.4%.

3.2. Stasiun Meteorologi Sentani

- Bulan Januari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Januari 2010 diperoleh nilai estimasi curah hujan R = 2752.82 mm. Nilai R hasil estimasi ini nampak masih sangat besar bila dibandingkan dengan nilai aktualnya. Namun demikian, kaitan antara curah hujan harian estimasi terhadap curah hujan harian observasi ditunjukkan oleh nilai r = +0.27. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktualnya dianggap lemah.

Tabel 1. Curah Hujan Aktual, Estimasi, Koefisien Korelasi, RMSE, dan Persentase Akurasi di Jayapura dan sekitarnya (Januari - Februari 2010)

Lokasi	Bulan	CH Aktual	Estimasi CH	Korelasi	RMSE (mm/hari)	Akurasi HH (%)
Stamet Dok II Jayapura (97698)	Januari	473.1	3128.95	+0.36	215.58	90.32
	Februari	242.4	614.96	+0.68	38.84	71.43
Stamet Sentani (97690)	Januari	355.5	2752.82	+0.27	197.40	70.97
	Februari	194.5	521.14	+0.78	26.45	42.86
Staklim Genyem (97692)	Januari	436.5	1886.85	+0.47	117.82	90.32
	Februari	216.7	521.90	+0.52	27.89	85.71

Kemudian bila dilihat dari nilai RMSE = 197.40 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktual sangat besar. Namun bila ditinjau dari persentase akurasi jumlah hari hujan harian hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan harian aktual bagus, yakni sebesar 70.97%.

- Bulan Februari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan harian dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Februari 2010 diperoleh nilai estimasi curah hujan R = 521.14 mm. Sementara itu hubungan antara nilai curah hujan estimasi terhadap nilai curah hujan observasi ditunjukkan oleh nilai $r = +0.78$. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan nilai curah hujan harian aktualnya cukup kuat.

Kemudian bila dilihat dari nilai RMSE = 26.45 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktual cukup besar. Namun demikian bila ditinjau dari persentase akurasi jumlah hari hujan harian hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan harian aktual kurang bagus yakni sebesar 42.86%.

3.3. Stasiun Klimatologi Genyem

- Bulan Januari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Januari 2010 didapat nilai estimasi curah hujan R = sebesar 1886.85 mm. Nilai yang didapat untuk curah hujan harian estimasi ini masih sangat besar terhadap nilai aktualnya. Namun demikian kaitan antara curah hujan harian estimasi dengan curah hujan harian observasi ditunjukkan dengan nilai $r = +0.47$. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktualnya dianggap lemah.

Kemudian bila dilihat dari nilai RMSE = 117.8 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan hasil estimasi dengan curah hujan aktual masih sangat besar. Namun demikian bila ditinjau dari persentase akurasi jumlah hari hujan harian hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan harian aktual sangat bagus yakni sebesar 90.3%.

- Bulan Februari Tahun 2010

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan dengan menggunakan metode Auto Estimator pada bulan Februari 2010 nilai estimasi curah hujan didapat R = 614.9 mm. Sementara itu hubungan antara curah hujan

harian estimasi dengan curah hujan observasi ditunjukkan dengan nilai $r = +0.52$. Kondisi ini menunjukkan bahwa hubungan antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan nilai curah hujan harian aktualnya cukup kuat.

Kemudian bila dilihat dari nilai RMSE = 38.8 mm/hari, menunjukkan besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan harian hasil estimasi dengan curah hujan harian aktual cukup besar. Namun demikian bila ditinjau dari persentase akurasi jumlah hari hujan harian hasil estimasi terhadap jumlah hari hujan aktual bagus yakni sebesar 85.7%.

Secara umum penggunaan data yang terbatas nampak mengakibatkan biasanya hasil penghitungan nilai r dan RMSE. Mengingat dalam pengolahan data hanya digunakan data 2 (dua) bulan, yakni Januari dan Februari 2010 untuk mewakili kondisi musim hujan di daerah studi. Padahal fakta menunjukkan bahwa musim hujan di daerah studi dialami lebih dari 2 (dua) bulan.

Pendeknya series data yang diolah tercermin dari hasil penghitungan nilai r yang memiliki kisaran antara $+0,27 - +0,78$. Sementara itu hasil penghitungan nilai RMSE memiliki kisaran antara 26,4 – 215,5 mm/hari.

Berdasarkan pada hasil perhitungan nilai r terdapat perbedaan yang mencolok sekitar 0,51. Artinya kualitas nilai estimasi curah hujan harian menggunakan metode Auto Estimator menghasilkan memiliki hasil lemah hingga cukup kuat. Sementara itu nilai RMSE yang didapat memiliki perbedaan yang sangat mencolok antara nilai curah hujan estimasi dengan nilai curah hujan hasil observasi dengan kisaran sekitar 189,1 mm/hari.

Kondisi tersebut di atas menunjukkan bahwa metode Auto Estimator yang digunakan dalam pengolahan data belum memberikan konsistensi yang baik berkaitan dengan fluktuasi kejadian curah hujan harian di daerah studi. Untuk itu kelengkapan penggunaan data maupun cara penerapan aplikasi estimasi curah hujan harian dengan metode Auto estimator masih perlu pengkajian lebih lanjut.

4. Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada uraian dalam bab-bab tersebut di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Hubungan antara curah hujan hasil estimasi berdasarkan metode Auto Estimator dengan data observasi di Jayapura dan sekitarnya untuk bulan Januari 2010 umumnya lemah dengan nilai koefisien korelasi yang relatif rendah (+0,27 - +0,47) dan nilai RMSE yang relatif besar (117,8 - 215,6 mm/hari). Sedangkan hubungan antara curah hujan hasil estimasi berdasarkan metode Auto Estimator dengan data observasi untuk bulan Februari 2010 umumnya lebih kuat dengan nilai koefisien korelasi yang relatif lebih tinggi (+0,52 - +0,78) dan nilai RSME yang relatif lebih rendah (26,5 - 38,8 mm/hari).

Estimasi hari hujan dengan menggunakan metode Auto Estimator di Jayapura dan sekitarnya mempunyai tingkat akurasi yang relatif tinggi dengan kisaran 70 - 90 % untuk bulan Januari dan 43 - 90 % untuk bulan Februari.

Dengan demikian metode Auto Estimator yang digunakan dalam penelitian ini secara umum relatif kurang baik untuk estimasi curah hujan di Jayapura dan sekitarnya. Namun demikian, metode ini relatif baik untuk estimasi hari hujan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih Penulis sampaikan kepada Sub Bidang Pengelolaan Citra Satelit, Bidang Pengelolaan Citra Inderaja, Pusat Meteorologi Publik atas perolehan data citra satelit IR-1 MTSAT yang diolah dalam penyiapan tulisan ini. Penulis juga memberikan apresiasi yang tinggi kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyiapan dan dimuatnya tulisan ini dalam penerbitan resmi BMKG.

Daftar Pustaka

- [1] Wirjohamidjojo, S. & Swarinoto, Y.S. (2007). *Praktek Meteorologi Pertanian*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).
- [2] Spiridonov, V. & Curic, M. (2010). *An Introduction to Meteorology*. Cobiss, MK.
- [3] Zakir, A., Sulistya, W. & Khotimah, M.K. (2009). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Jakarta: Pulitbang BMKG.
- [4] Swarinoto Y. S. (2009). Validasi Spasial Data Estimasi Suhu Udara Turunan Dari Citra Satelit Landsat7-ETM+ Terhadap Data Observasi Stasiun Cuaca/Iklim Darat (Kasus Provinsi Jawa Barat Bagian Selatan). *Jurnal Agroklimatologi*, IPB, Bogor.

- [5] Purwadhi, F.S.H. (2001). *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- [6] Anjasman & Swarinoto, Y.S. (2010). Identifikasi Jenis Awan Menggunakan Metode Pikel-Fuzzi. *Bul. Met. Klim. Geo.*, 6 (1), 99-117.
- [7] Citra Satelit, (2012), (www.bmkg.go.id), diakses tanggal 3 Maret 2012.
- [8] Vicente, G.A., R.A. Scofield, & Menzel, W.P. (1998). The Operation GOES Infrared Rainfall Estimation Technique. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 79(9), 1883-1898.
- [9] Haryoko, U., Adriyanto, R., & Khotimah, M. K. (2008). *Manual Pengoperasian SATELIT (Satellite Animation and Interactive Diagnosis)*. BMKG Deputi Bidang Sistem Data dan Informasi.
- [10] Lu, G.Y. & Wong, D.W. (2008). An Adaptive Inverse Distance Weighting Spatial Interpolation Technique. *Computers and Geosciences*, 34 (9), 1044-1056.
- [11] Zimmerman, D., Pavlik, C., Ruggles, A., & Armstrong, M.P. (1999). An Experimental Comparison of Ordinary and Universal Kriging and Inverse Distance Weighting. *Mathematical Geology*, 31 (4), 375-390.
- [12] Pramono, G. H. (2008). Akurasi Metode IDW dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi. *Forum Geografi*, 22, 99-110.
- [13] Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego: Academic Press Inc.
- [14] Swarinoto Y. S. & Sugiyono. (2011). Pemanfaatan Suhu Udara dan Kelembapan Udara Dalam Persamaan Regresi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan di Bandar Lampung. *Jur. Met. Geo.*, 12 (3), 269-279.
- [15] Nazir, M. (2003). *Metode Penelitian*. Jakarta: PTGhalia Indonesia.
- [16] Prihatini, Djatmiko, H.T., & Swarinoto, Y.S. (2000). Kaitan Southern Oscillation Index Dengan Total Hujan Bulanan di Pontianak. *Jur. Met. Geo.*, 1 (1), 18.
- [17] Usman, H., & Akbar, P.S. (2000). *Pengantar Statistik*. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.