

# PENENTUAN HUBUNGAN ANTARA SUHU KECERAHAN DATA MTSAT DENGAN CURAH HUJAN DATA QMORPH

Parwati, Suwarsono<sup>\*)</sup>, Kusumaning Ayu DS<sup>\*)</sup>, Mahdi Kartasamita<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup>Peneliti Bidang Pemantauan Sumberdaya Alam dan Lingkungan-Pusbangja LAPAN

<sup>\*\*)</sup>Peneliti Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN

e-mail: parwati\_s@yahoo.com

## ABSTRACT

The relationship analysis between the brightness temperature from MTSAT-1R and the rainfall from Qmorph have been conducted in this research. The data used in this research are 240 data sets of MTSAT-1R and QMorph for ten days (1-10 February 2009, 00 – 23 UTC). The analysis is based on the MTSAT-1R spatial resolution (5 x 5 km) which covered 621 pixels for Bengawan Solo Water Catchment Area. The statistical analysis used are timeseries, regression-correlation analysis, and marginal analysis. The result showed that there is a significant correlation between the brightness temperature of MTSAT-1R data with the rainfall from QMorph data ( $r \geq 0.80$  or equal to  $R^2 \geq 0.65$ ) for 66 % data or around 410 pixels. The brightness temperature tends to decrease with the higher rainfall, except for the Cirrus cloud which has a cooler temperature but not potential to become rain. Based on the marginal analysis of 410 pixels, we have found a power line regression between the QMorph rainfall (mm/hour) and the MTSAT cloud temperature ( $^{\circ}\text{K}$ ) with  $R^2 = 0.9837$ . The equation is: Qmorph rainfall =  $2 \cdot 10^{25}$  (MTSAT cloud temperature) $^{-10.256}$ . In order to increase the accuracy, the validation of QMorph data needs to be done by comparing the QMorph with other rainfall data sources and also taking the topography of area into consideration.

Key word: *Brighthness temperature, Rainfall, MTSAT, QMorph, Coefficient correlation, Marjinal Analysis*

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hubungan antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT-1R dengan curah hujan dari data QMorph. Data yang digunakan adalah sebanyak 240 set data selama 10 hari (1-10 Februari 2009 pukul 00 – 23 UTC). Analisis didasarkan pada basis pixel MTSAT-1R (5 x 5 km), dan untuk wilayah DAS Bengawan Solo jumlah pixelnya adalah 621 pixel.. Metode analisis statistik yang dilakukan adalah analisis timeseries, analisis regresi-korelasi, dan analisis Marjinal. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang cukup signifikan antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT dan curah hujan dari data Qmorph dengan nilai korelasi ( $r$ ) di atas 0.80 atau setara dengan koefisien determinasi ( $R^2$ )  $\geq 0.65$  sebanyak 410 pixel atau 66 % dari total pixel 621. Semakin turun suhu kecerahan awan maka semakin tinggi curah hujannya, kecuali untuk awan cirus yang bukan awan penghasil hujan namun mempunyai suhu yang rendah. Dari hasil analisis Marjinal terhadap 410 pixel yang mempunyai  $R^2 \geq 0.65$  diperoleh persamaan berbentuk power line antara curah hujan QMorph (mm/jam) dan suhu kecerahan awan MTSAT ( $^{\circ}\text{K}$ ) dengan  $R^2 = 0.9837$ , yaitu : curah hujan QMorph =  $2 \cdot 10^{25}$  (suhu awan MTSAT) $^{-10.256}$ . Untuk meningkatkan akurasi, maka validasi data curah hujan dari QMorph perlu dilakukan dengan membandingkannya dengan sumber data curah hujan lainnya,serta memperhatikan faktor topografi.

Kata kunci: *Suhu kecerahan, Curah hujan, MTSAT, QMorph, Koefisien korelasi, Analisis marjinal*

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Curah hujan merupakan unsur meteorologi yang mempunyai variasi yang besar dalam skala ruang dan waktu sehingga paling sulit untuk diprediksi. Di sisi lain, informasi curah hujan menjadi sangat penting karena dibutuhkan oleh berbagai aspek kehidupan, terutama dalam perencanaan pertanian, transportasi, perkebunan, hingga untuk peringatan dini bencana alam, banjir/longsor serta kekeringan.

Data dan informasi curah hujan dalam skala spasial yang cukup luas, terkini, cepat serta mudah diperoleh masih belum tersedia dari data pengamatan stasiun curah hujan. Adanya keterbatasan tersebut tentu saja menjadi hambatan bagi pengguna dalam memperoleh informasi curah hujan. Satelit penginderaan jauh untuk pemantauan cuaca dan lingkungan mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi cuaca setiap jam dalam cakupan yang cukup luas. Data satelit lingkungan dan cuaca ini dapat diperoleh secara *up to date* dan tidak dikenakan biaya, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas di kalangan masyarakat luas.

Penelitian mengenai curah hujan berdasarkan data satelit terutama di negara subtropis telah banyak dilakukan di antaranya oleh Hong *et al* (2006, 2007), dan Naranjo (2007), namun belum banyak dilakukan di negara tropis terutama di Indonesia yang juga merupakan negara kepulauan. Estimasi curah hujan dapat dilakukan berdasarkan suhu awan, dimana pembentukan hujan terjadi pada awan-awan yang mempunyai suhu rendah (Handoko, 1994). Griffith *et al* (1978) dalam Tahir *et al* (2009) mengemukakan bahwa adanya hubungan antara curah hujan dari data radar dengan suhu kecerahan awan yang lebih rendah dari 235° K. Vicente (2001) dalam penelitiannya mengemukakan adanya hubungan antara curah hujan dari radar dengan suhu kecerahan awan

pada TOA (*Top of The atmosphere*) dari kanal infra merah satelit GOES-8. Curah hujan rata-rata dari radar dihubungkan dengan nilai suhu kecerahan awan setiap 1 derajat antara 195° K – 260° K. Pixel hujan maupun tidak hujan diplotkan dalam hubungan antara curah hujan dari radar dan suhu kecerahan awan dari GOES-8 dalam persamaan eksponensial. Sementara Tahir *et al* (2009) merumuskan hubungan curah hujan dari radar dengan suhu kecerahan awan dalam persamaan logaritmik.

Salah satu data satelit yang mampu memberikan informasi curah hujan adalah data Qmorph. Data curah hujan QMorph diperoleh berdasarkan gabungan antara satelit *Low Earth Orbit* (LEO) dan satelit Geostationer. Satelit LEO yang berbasis *passive microwave* (PMW) sangat baik digunakan untuk pengukuran curah hujan, namun dilihat dari temporalnya yang hanya 1-2 kali meliputi dalam sehari maka kurang memberikan informasi curah hujan secara total dalam sehari. Sementara satelit Geostationer dengan kanal infra merah mempunyai resolusi temporal yang baik untuk memberikan informasi cuaca setiap satu jam, namun secara spektral hanya mampu mengukur temperatur awan di puncak atmosfer (TOA). Data QMorph menggabungkan keunggulan yang dimiliki oleh data satelit LEO dan satelit Geostationer untuk memberikan informasi curah hujan (Joyce *et al*, 2004).

Studi ini ditujukan untuk menganalisis korelasi antara suhu kecerahan awan (MTSAT-1R) dengan curah hujan (QMorph) pada 621 pixel (wilayah DAS Bengawan Solo) dalam 240 titik waktu pengamatan (1-10 Februari 2009). Studi ini dilakukan atas dasar adanya hubungan antara suhu awan dengan curah hujan. Data curah hujan QMorph mempunyai keunggulan yaitu dari sensor PMW yang sangat baik untuk pengukuran curah hujan dari data satelit, namun dari sisi temporalnya kurang baik sehingga data

curah hujan QMorph merupakan data sekunder. Sementara itu data inframerah MTSAT mampu memberikan informasi suhu awan dengan resolusi temporal yang tinggi (setiap 1 jam), dan suhu awan dari MTSAT merupakan data primer. Secara operasional, data MTSAT dapat diperoleh dari stasiun bumi LAPAN, sedangkan data QMorph diperoleh secara *download* di internet sehingga terdapat kemungkinan data rusak pada QMorph akibat proses *download* yang terganggu. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pemanfaatan dan aplikasi data MTSAT-1R yang diterima oleh stasiun bumi LAPAN dalam memberikan informasi cuaca harian.

**1.2 Hipotesa**

Semakin turun suhu kecerahan awan maka semakin tinggi curah hujannya sehingga ada hubungan antara data suhu kecerahan dari MTSAT-1R dan curah hujan dari QMorph.

**2 DATA DAN METODOLOGI**

**2.1 Data**

Data satelit yang digunakan pada penelitian ini yaitu data MTSAT-1R (*Multifunction Transport Satellite-1 Replacement*) dan QMorph. Data MTSAT-1R terdiri dari 4 kanal, yaitu kanal inframerah (IR)1 (10.8 μm), IR2 (12.0 μm), IR3 (6.8 μm) dan IR4 (3.8 μm). Kanal MTSAT-1R yang digunakan pada penelitian ini adalah kanal 1.

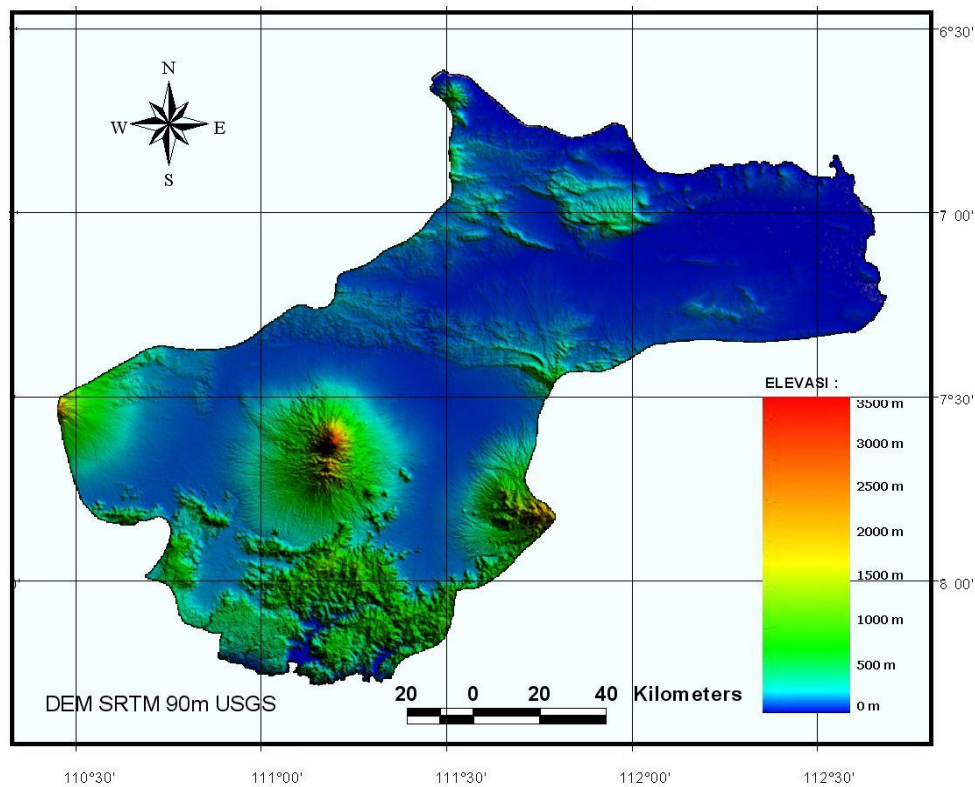
Sedangkan data curah hujan yang diperoleh dari QMorph merupakan hasil estimasi dari beberapa satelit rendah orbit (*low orbit*) *passive microwave* serta dari data satelit geostasioner IR (inframerah). Data inframerah dari satelit geostasioner digunakan jika data *microwave* tidak tersedia. Satelit *passive microwave* yang digunakan adalah TRMM TMI rainfall, AQUA AMSR-E rainfall, DMSP-13,14,15 SSMI rainfall, sedangkan satelit geostasioner IR adalah GOES-12 East, GOES-10 West, GOES-9 GMS, METEOSAT-7, dan METEOSAT-5 (Joyce *et al*, 2004). Spesifikasi data MTSAT-1R dan QMorph yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2-1.

**2.2 Lokasi Kajian**

Daerah kajian penelitian adalah DAS Bengawan Solo yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur serta memanjang dari Pantai Utara hingga Pantai Selatan Pulau Jawa. Karakteristik wilayah DAS Bengawan Solo bervariasi berdasarkan topografinya, dari dataran rendah di wilayah utara hingga perbukitan dan pegunungan di wilayah selatan (Gambar 2-1). Saat ini wilayah DAS Bengawan Solo merupakan wilayah rawan banjir, hal ini disebabkan oleh adanya kerusakan ekosistem di daerah hulu serta dipicu oleh tingginya intensitas curah hujan sehingga sungai Bengawan Solo sering tidak mampu menampung air hujan.

Tabel 2-1: JENIS DAN SPESIFIKASI DATA SATELIT MTSAT-1R DAN QMORPH YANG DIGUNAKAN

Data Satelit	MTSAT-1R	QMORPH
Panjang Gelombang	10.3 - 11.3 micrometers, kanal inframerah-1	sensor microwave dan inframerah
Resolusi Spasial	0.05 derajat ≈ 5 km	0.0727 derajat atau 8 km di ekuator
Periode waktu	1-10 Februari 2009 setiap jam (00 – 23 UTC) atau sebanyak 240 set data	1-10 Februari 2009 setiap jam (00 – 23 UTC) atau sebanyak 240 set data
Sumber Data	Kochi University <a href="http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html">http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html</a>	<a href="ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min_8km">ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min_8km</a> .



Gambar 2-1: Topografi DAS Bengawan Solo dari data DEM SRTM 90m (USGS)

## 2.3 Metodologi

### • Pengolahan Data MTSAT

Pengolahan data MTSAT meliputi pengolahan koreksi geometrik dan konversi nilai digital ke suhu kecerahan (*brightness temperature*). Sebelum mendapatkan nilai suhu kecerahan, nilai digital pada data MTSAT dikonversi terlebih dulu ke dalam nilai radian melalui persamaan linier yang dihasilkan dari analisis interkalibrasi antara kanal inframerah MTSAT dengan *high spectral resolution sounders (hyper sounders)* dari satelit orbit rendah. Hubungan antara radian MTSAT dan radian *hyper sounder* dalam The Meteorological Satellite Center Technical Note-JMA (2009), Kurino (2008) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\text{Radiance (MTSAT)} = C_0 + C_1 \times \text{Radiance (hyper sounder)} \quad (2-1)$$

dimana  $C_0$  dan  $C_1$  adalah koefisien regresi, Radians dalam satuan  $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{cm}$ . Setelah itu mengubah nilai radian menjadi suhu kecerahan dengan menggunakan rumus *Planck* sebagai berikut:

$$B_i(T_b) = \frac{2hc^2v_i^3}{\exp\{hcv_i/k(a_{1i} + a_{2i}T_b)\} \dots 1} \quad (2-2)$$

dimana:

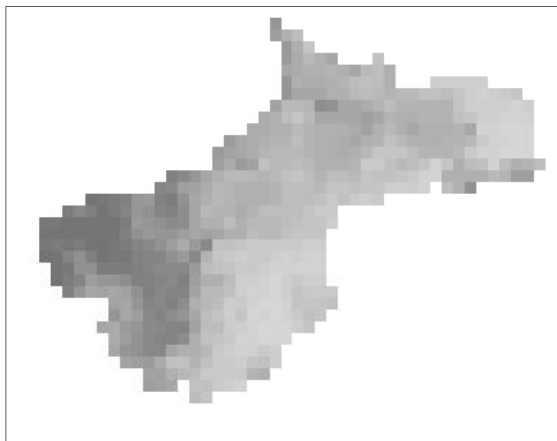
- $B_i$  : sensor *Planck Function* dari kanal  $i$ ;
- $T_b$  : suhu kecerahan,
- $v_i$  : panjang gelombang tengah dari kanal  $i$ ;
- $a_{1i}$  dan  $a_{2i}$  : koefisien koreksi untuk kanal  $i$ ;
- $h$  : konstanta *Planck*;
- $k$  : konstanta *Boltzman*,
- $c$  : kecepatan cahaya.

Tabel 2-2 berikut adalah koefisien koreksi dan panjang gelombang tengah untuk setiap kanal MTSAT-1R.

Tabel 2-2: FAKTOR KOREKSI DAN PANJANG GELOMBANG TENGAH KANAL MTSAT-1R (Sumber: The Meteo-Rological Satellite Center Technical Note-Jma, 2009)

MTSAT-1R Channel	Wavenumber	Band correction coef.	
	v (cm <sup>-1</sup> )	a1	a2
IR1 (10.8 μm)	926.6118	0.3592380	0.9987587
IR2 (12.0 μm)	833.1675	0.1968675	0.9992525
IR3 (6.8 μm)	1482.2068	0.3785336	0.9991187
IR4 (3.8 μm)	2652.9316	2.3473427	0.9969755

Selanjutnya data suhu kecerahan MTSAT dikropping untuk wilayah DAS Bengawan Solo, dengan sumber data batas DAS dari Dinas Pekerjaan Umum. Berdasarkan data MTSAT-1R dengan resolusi spasial 5 km, maka wilayah DAS Bengawan Solo memiliki 621 pixel. Selanjutnya cakupan analisis data satelit MTSAT dan QMorph dilakukan berdasarkan basis pixel 5 km, seperti yang terlihat pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Cakupan analisis data satelit MTSAT dalam ukuran pixel 5 x 5 km sebanyak 621 pixel

• Pengolahan Data Qmorph

Data curah hujan dari QMorph mempunyai satuan mm/jam. Peng-

olahan data awal yang dilakukan berupa *resampling* data dari resolusi spasial 8 km menjadi 5 km, sehingga diperoleh ukuran pixel yang sama dengan data suhu kecerahan dari MTSAT. Selanjutnya dilakukan proses *kropping* data dengan wilayah batas DAS Bengawan Solo untuk diekstrak nilainya per-pixel sebanyak 621 pixel untuk 240 set data per jam (selama 10 hari).

• Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis regresi digunakan untuk mendapatkan persamaan antara suhu kecerahan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph. Persamaan regresi yang digunakan adalah regresi linier  $y = a + bx$ ; dengan peubah bebas  $x$  variabel adalah suhu kecerahan dan peubah tak bebas  $y$  adalah curah hujan. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara data suhu kecerahan dari MTSAT terhadap curah hujan dari QMorph. Koefisien korelasi dapat diperoleh dengan formula sebagai berikut:

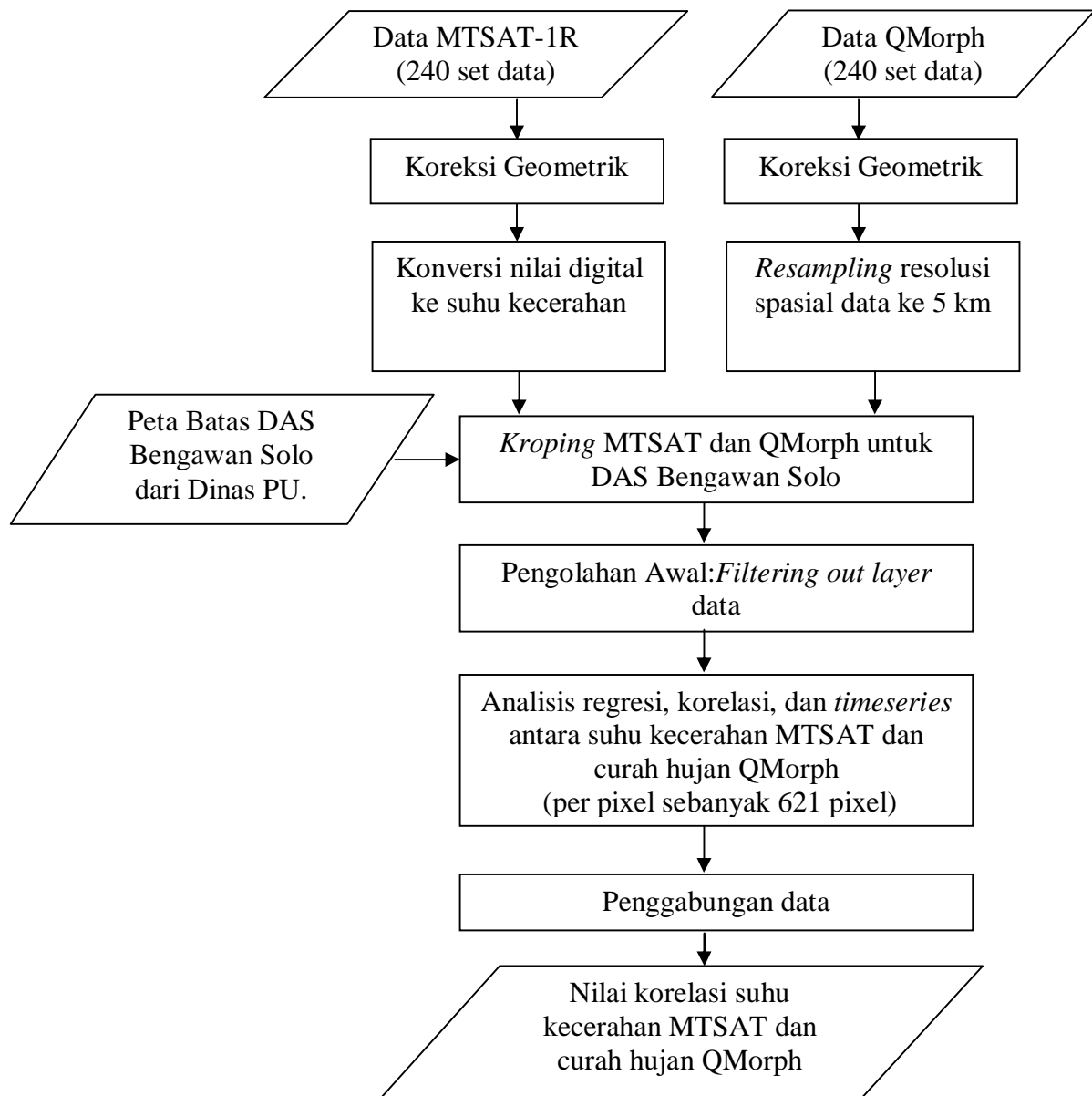
$$\rho_{x,y} = \text{Cov}(x,y) / (\sigma_x, \sigma_y) \tag{2-3}$$

dimana

$$-1 \leq \rho_{x,y} \leq 1, \text{ dan } \text{Cov}(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y),$$

dalam hal ini  $x$  = data suhu kecerahan,  $y$  = data curah hujan,  $\rho$  = koefisien korelasi (atau biasa ditulis dalam notasi huruf kecil  $r$ ),  $n$  = jumlah data,  $i$  = data ke- $i$ ,  $\mu_x \mu_y$  = nilai rata-rata (mean) dari  $x$  dan  $y$ .

Selain analisis regresi dan korelasi antara data curah hujan dan suhu kecerahan juga dilakukan analisis *timeseries* dalam bentuk grafik. Secara umum, diagram alir pengolahan data dan analisis dapat dilihat pada Gambar 2-3.



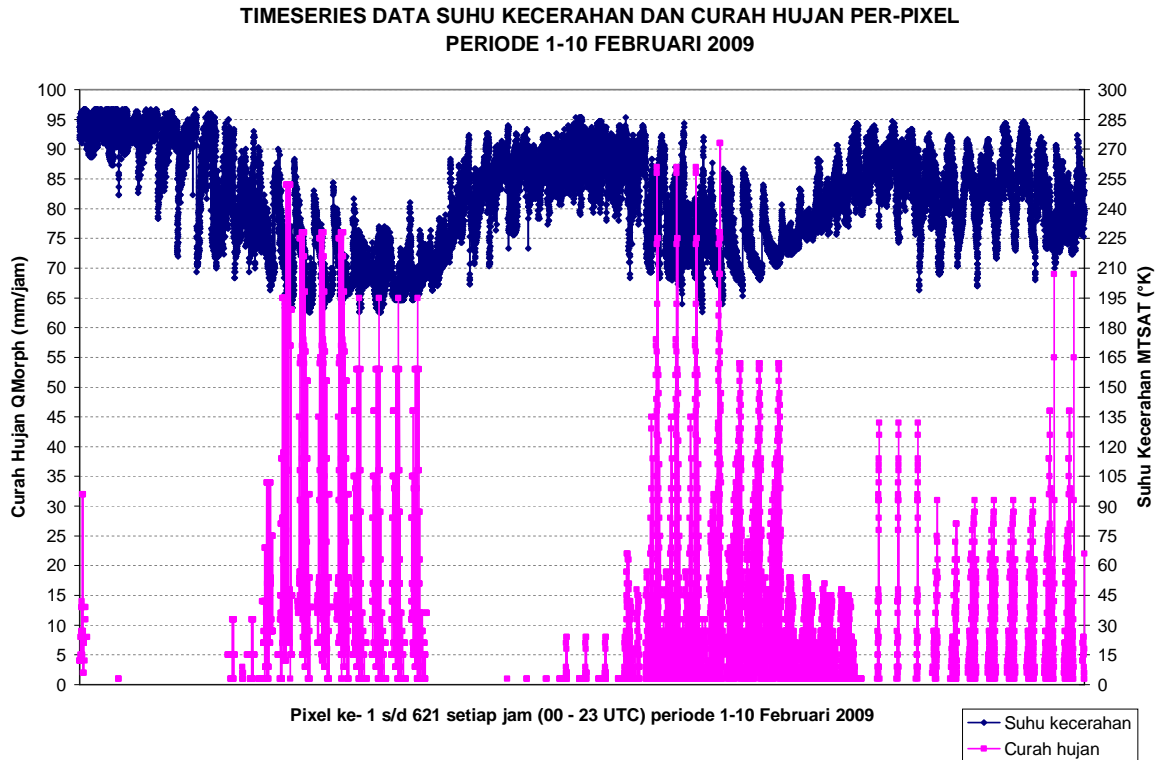
Gambar 2-3: Diagram alir pengolahan data dan analisis

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis *Time series* Suhu Kecerahan Awan dan Curah Hujan

Hasil analisis data MTSAT dan QMorph secara *time series* tanggal 1 – 10 Februari 2009 (00 – 23 UTC) di wilayah DAS Bengawan Solo. Pada Gambar 3-1 menunjukkan adanya hubungan yang terbalik antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT dengan curah hujan dari data QMorph, dimana pada saat suhu kecerahan awan bernilai rendah maka curah hujannya

tinggi dan sebaliknya saat suhu kecerahan awan bernilai tinggi maka curah hujannya rendah. Rendahnya suhu awan akan menyebabkan terjadinya proses kondensasi yang dapat menimbulkan hujan. Nilai suhu kecerahan awan periode 1-10 Februari 2009 (jam 00 – 23 UTC) berkisar antara  $188^{\circ}$  hingga  $294^{\circ}$  K dengan nilai rata-rata sebesar  $246^{\circ}$  K, sedangkan curah hujan berkisar antara 0 – 96 mm/jam dengan nilai rata-rata sekitar 13 mm/jam.



Gambar 3-1: Time series suhu kecerahan awan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph per pixel periode tanggal 1-10 Februari 2009 jam 00-23 UTC di wilayah DAS Bengawan Solo

### 3.2 Analisis Regresi dan Korelasi antara Suhu Kecerahan Awan dan Curah Hujan Per-pixel

Pada tahap ini diawali dengan pengolahan data awal yang terdiri dari 3 tahap pemilihan data, yaitu (i) setiap pixel dengan nilai suhu kecerahan awan di bawah  $225^{\circ}\text{K}$  dan curah hujannya di bawah  $5 \text{ mm/jam}$  tidak disertakan dalam analisis, hal ini didasarkan pada asumsi bahwa awan yang mempunyai suhu rendah namun menghasilkan hujan adalah tipe awan cirrus. Tipe awan cirrus ini umumnya mempunyai suhu yang rendah dan merupakan awan tinggi sehingga tidak berpotensi menghasilkan hujan. Selanjutnya tahap (ii) adalah membuang pixel yang mempunyai suhu kecerahan yang mempunyai nilai tinggi (di atas  $260^{\circ}\text{K}$ ) namun curah hujannya tinggi (di atas  $50 \text{ mm/jam}$ ), kondisi ini dianggap tidak mengikuti kondisi alam dimana semakin

tinggi suhu awan maka proses pengembunan sulit terjadi sehingga awan tidak dapat menghasilkan hujan. Adanya nilai curah hujan yang tinggi pada saat suhu awan tinggi kemungkinan disebabkan oleh kualitas data Qmorph sedang tidak bagus (data error). Tahap (iii) adalah membuang deret data (minimal 3 data) yang mempunyai nilai suhu berbeda namun curah hujannya tetap. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh rusaknya data QMorph.

Hasil analisis regresi dan korelasi terhadap 621 pixel dengan 240 set data menunjukkan bahwa umumnya terdapat hubungan yang signifikan antara curah hujan dari data QMorph dan suhu kecerahan dari data MTSAT dengan nilai koefisien korelasi lebih dari 0.7. Hubungan antara ke dua variabel tersebut adalah berbanding terbalik suhu kecerahan awan bernilai tinggi

maka curah hujannya rendah, sebaliknya jika suhu kecerahan awan bernilai rendah maka curah hujannya tinggi. Beberapa contoh persamaan regresi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3-2. Perbedaan *slope* pada garis regresi dan nilai koefisien korelasi dapat disebabkan oleh adanya pengaruh topografi setempat yang turut mempengaruhi hujan lokal terutama di daerah pegunungan yang hujannya dipengaruhi oleh efek orografis, dimana uap air di sisi salah satu lereng gunung akan terdorong naik dan membentuk awan kemudian terjadi kondensasi dan menurunkan hujan di sisi lereng gunung yang lain. Efek orografis terhadap suhu kecerahan awan serta curah hujannya perlu dikaji lebih mendalam pada penelitian selanjutnya.

### 3.3 Analisis Regresi dan Korelasi antara Suhu Kecerahan Awan dan Curah Hujan (Gabungan 621 pixel)

Pada tahap ini, penggabungan data diawali dengan cara memilih pixel yang mempunyai nilai koefisien determinasi  $R^2 \geq 0.65$  atau setara dengan koefisien korelasi ( $r$ ) di atas 0.80, kemudian akan diketahui jumlah pixel yang mempunyai  $R^2$  yang lebih dari 0.65. Data suhu dan curah hujan dari pixel-pixel tersebut kemudian digabung dengan menggunakan metode statistik yaitu Analisis Marjinal atau analisis rata-rata. Pada penelitian ini analisis Marjinal ditujukan untuk mewakili populasi pixel yang  $R^2 \geq 0.65$ . Estimasi

rata-rata model Marjinal dapat dituliskan sebagai berikut (Janes et al 2006, Fitzmaurice et al 2004):

$$E(Y_{it}|X_{it}) = \hat{Y}_{it} = 1/n \sum_{i=1}^n Y_i = \beta_o + \beta_i^M X_{it} \quad (3-1)$$

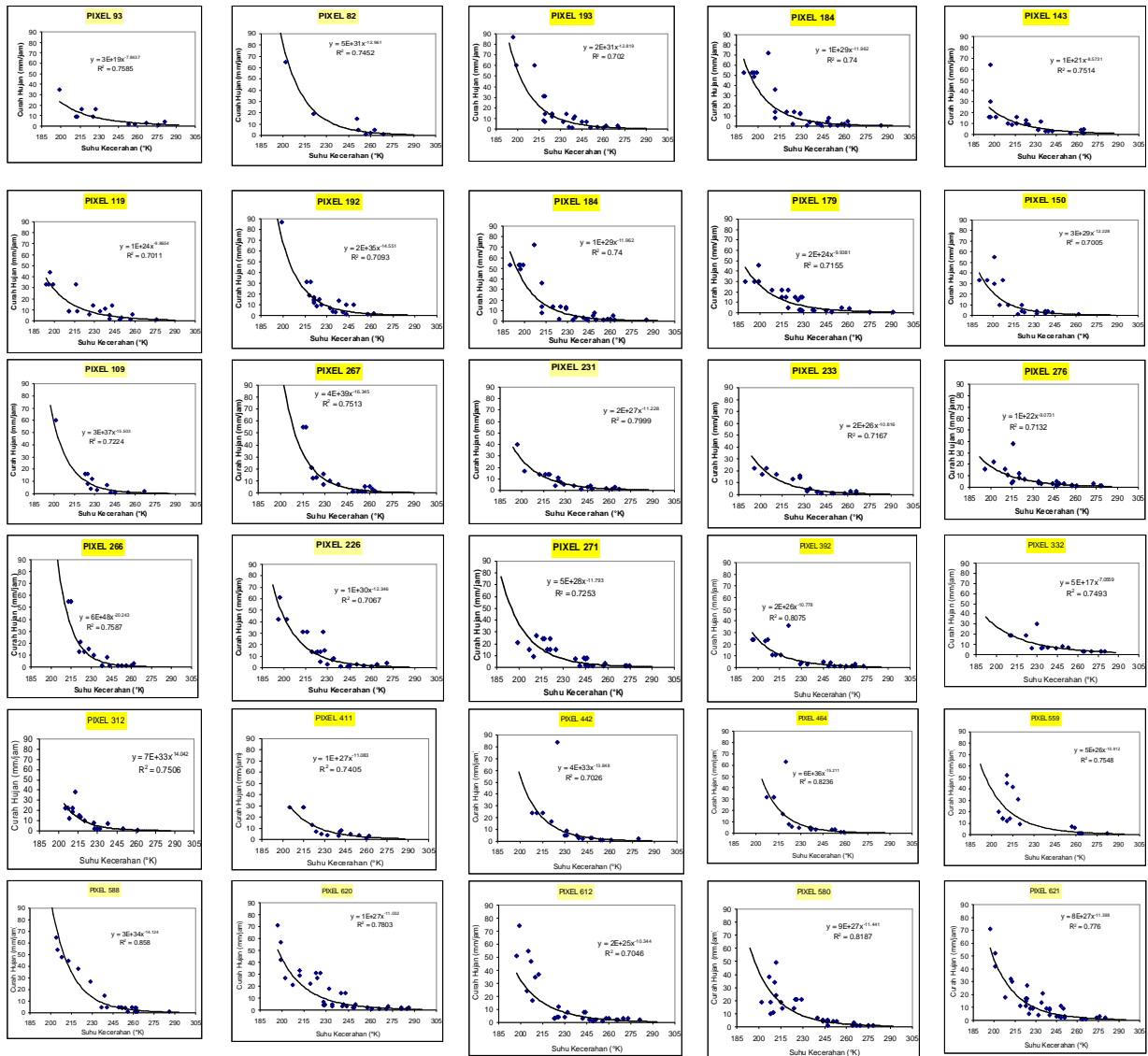
dimana  $Y_i$  adalah fungsi hasil regresi pada pixel  $i$  yang mempunyai  $R^2 \geq 0.65$ .

Hasil pemilihan pixel yang mempunyai  $R^2 \geq 0.65$  terhadap total 621 pixel pada penelitian ini adalah sebanyak 410 pixel atau sekitar 66 % dari total data. Ada sebanyak 5933 set data suhu kecerahan awan MTSAT dan curah hujan Qmorph yang dianalisis dengan metode analisis Marjinal. Struktur rata-rata dari model Marjinal antara suhu kecerahan awan MTSAT dan curah hujan Qmorph diplotkan dalam garis persamaan *power line* yang dapat dilihat pada Gambar 6. Suhu kecerahan awan mulai dari 199° K hingga 293° K dihubungkan dengan curah hujan Qmorph yang berkisar antara 0 – 44 mm/jam. Pada Gambar 3-3 dapat dilihat bahwa batas tidak terjadinya hujan adalah pada suhu kecerahan awan MTSAT mencapai 280°K. Persamaan regresinya adalah sebagai berikut:

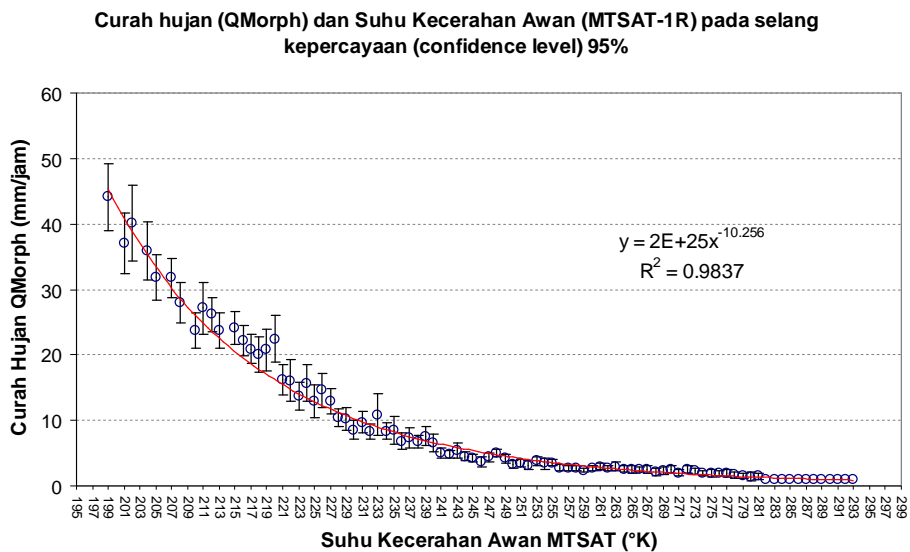
$$y = 2.10^{25} x^{-10.256} \quad (3-2)$$

dengan  $R^2 = 0.9837$ , dimana  $y$  adalah curah hujan Qmorph (mm/jam),  $x$  adalah suhu kecerahan awan dari MTSAT (°K).





Gambar 3-2: Contoh hasil analisis regresi dan korelasi antara data curah hujan dari QMorph dan suhu kecerahan awan dari MTSAT untuk pixel tertentu



Gambar 3-3: Struktur rata-rata model Marjinal antara curah hujan Qmorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis suhu kecerahan awan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph periode tanggal 1 – 10 Februari 2010 (00 – 23 UTC) dapat disimpulkan bahwa:

- Ada korelasi yang cukup signifikan antara suhu kecerahan awan dari data MTSAT dan curah hujan dari data Qmorph dengan nilai korelasi ( $r$ ) di atas 0.80 atau setara dengan koefisien determinasi ( $R^2$ )  $\geq 0.65$  sebanyak 410 pixel atau 66 % dari total pixel.
- Semakin turun suhu kecerahan awan maka semakin tinggi curah hujannya, kecuali untuk awan cirrus yang bukan awan penghasil hujan namun mempunyai suhu yang rendah.
- Dari hasil analisis Marjinal terhadap 410 pixel yang mempunyai  $R^2 \geq 0.65$  diperoleh persamaan berbentuk *power line* antara curah hujan QMorph (mm/jam) dan suhu kecerahan awan ( $^{\circ}\text{K}$ ) MTSAT dengan  $R^2 = 0.9837$ , yaitu: curah hujan Qmorph =  $2 \cdot 10^{25}$  (suhu awan MTSAT) $^{-10.256}$

#### 5 SARAN

Perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang efek topografi terhadap hubungan antara curah hujan dari QMorph dengan suhu kecerahan awan dari MTSAT. Selain itu perlu juga dilakukan perbandingan dengan menggunakan sumber data curah hujan lain, seperti data TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*) dan data stasiun untuk validasi lapangan.

#### DAFTAR RUJUKAN

Anderson, C.J. Linear Mixed Models for Longitudinal Data. EdPsych/ Psych/ Stat 587. www.ed. uiuc. edu/courses/.../lectures/longitudinal-updated\_online.pdf.

Fitzmaurice, G.M., Laird, N.M. and Ware, J.H., 2004. *Applied Longitudinal Analysis*. Hoboken, New Jersey: Wiley. (Chapters 10,

11, 12, 13). Tersedia di website [www.familymed.uthscsa.edu](http://www.familymed.uthscsa.edu).

GMS/GOES9/MTSAT Data Archive for Research and Education. Kochi University. <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html>.

Handoko, 1994. *Klimatologi Dasar*. Pustaka Jaya.

Hong, Yang, R.F. Adler, A. Negri, and G.J. Huffman, 2007. *Flood and Landslide Applications of Near Real-time Satellite Rainfall Estimation*, Journal of Natural Hazards, DOI: 10.1007/s11069-006-9106-x.

Hong, Y., Adler, R., and Huffman, G., 2006. *Evaluation of the Potential of NASA Multi-satellite Precipitation Analysis in Global Landslide Hazard Assessment*. Geophysical Research Letters, 33, L22402, doi:10.1029/2006GL028010.

Janes. H., L. Sheppard, and K. Shepherd, 2006. *Statistical Analysis of Air Pollution. Panel Studies: An Illustration*. UW Biostatistics Working Paper Series. University of Washington. <http://www.bepress.com/uwbiostat/paper300/>.

Joyce, R., J. Janowiak, and M. Zhang, 2004. *Algorithm Inventory – CMORPH*.

Joyce, R. J., J. E. Janowiak, P. A. Arkin, and P. Xie, 2004. *CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal resolution*. J. Hydromet., 5, 487-503.

The Meteorological Satellite Center Technical Note-JMA., 2009. GSICS MTSAT Infrared Intercalibration Guide. <http://mscweb.kishou.go.jp/monitoring/gsics/ir/techinfo.htm>.

Meteorological Satellite MTSAT series. Japan Meteorological Agency. <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/index.html>.

- Naranjo, L., 2007. *Satellite Monitors Rains that Trigger Landslides*. Earth Observatory. NASA.
- Wardah Tahir, Zaidah Ibrahim, and Suzana Ramli, 2009. *Geostationary Meteorological Satellite-Based Quantitative Rainfall Estimation (GMS-Rain) For Flood Forecasting*. Malaysian Journal of Civil Engineering 21(1) : 1- 16.
- Yoshihiko Tahara and Nozomu Ohkawara. Status of MTSAT-1R and Recent Activities in MSC. Meteorological Satellite Center/ Japan Meteorological Agency 3-235 Nakakiyoto, Kiyose, Tokyo 204-0012, Japan.
- QMorph Data. [ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min\\_8km](ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min_8km).
- Kurino, T., 2008. JMA/MSAT's Status Report as the GPRC for a series of GMS/MTSAT satellites. Presentation Document of GSICS EP4 Meeting 10-11 July 2008, Geneva.