

PENENTUAN NILAI AMBANG BATAS UNTUK POTENSI RAWAN BANJIR DARI DATA MTSAT DAN QMORPH (STUDI KASUS: BANJIR BENGAWAN SOLO 2007)

Parwati, Suwarsono, Fajar Yullianto, Totok Suprpto
 Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN
 e-mail: parwati_s@yahoo.com

ABSTRACT

The relationship between the cloud top temperature from MTSAT-1R and the rainfall from QMorph data in Bengawan Solo water catchment area have been analyzed in this research. The analysis was done using data during 21 – 30 December, 2007 (00 – 23 UTC) for 240 data sets. The result shows that the cloud top temperature which have been potential to be high rain is around $195^{\circ} - 235^{\circ}$ K, whereas the cloud top temperature is greater than 235° K related to the low rainfall. Meanwhile, there was a logarithmic relationship between the rainfall from QMorph data and the cloud top temperature of MTSAT-1R (infrared 1 channel) with the coefficient correlation 0.78. The threshold of the cloud top temperature for the flash flood in Bengawan Solo is lower than 215° K at least lasting for 4 days. The heavy rainfall which occurred intensively could be a triggered for the flood disaster around Bengawan Solo water catchment area.

Key word: *Brightness temperature of cloud, Rainfall, MTSAT, QMorph, Correlation*

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan analisis kondisi awan yang berpotensi menyebabkan curah hujan tinggi pemicu terjadinya banjir di wilayah DAS Bengawan Solo. Parameter yang digunakan adalah suhu kecerahan awan dari data MTSAT dengan curah hujan dari data Qmorph periode tanggal 21 – 30 Desember 2007 (00 – 23 UTC) sebanyak 240 set data. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu kecerahan awan yang berpotensi menimbulkan hujan tinggi berkisar antara $195^{\circ} - 235^{\circ}$ K, sedangkan suhu kecerahan awan di atas 235° K berpotensi menimbulkan hujan yang rendah. Terdapat hubungan logaritmik antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R kanal IR1 dengan nilai korelasi sebesar 0.78. Salah satu kemungkinan alat prediksi banjir untuk daerah penelitian adalah bila telah terjadi suhu kecerahan MTSAT di bawah 215° Kelvin selama empat hari berturut-turut. Kondisi curah hujan yang cukup tinggi dan terjadi secara intensif ini menyebabkan terjadinya bencana banjir di sebagian wilayah DAS Bengawan Solo.

Kata kunci: *Suhu kecerahan awan, Curah hujan, MTSAT, Qmorph, Korelasi*

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana banjir pada umumnya terjadi akibat curah hujan yang tinggi pada daerah yang berpotensi terjadi bencana. Kondisi relief yang landai-datar disertai curah hujan yang tinggi menjadikan daerah tersebut rawan terhadap banjir. Untuk mengantisipasi terjadinya bencana banjir/longsor

dibutuhkan pemantauan curah hujan secara *up to date* di wilayah-wilayah yang rawan banjir/longsor. Teknologi penginderaan jauh dengan satelit lingkungan dan cuaca mampu untuk mengatasi kebutuhan pemantauan kondisi cuaca secara intensif dan terkini. Salah satu data satelit yang dapat digunakan untuk memantau kondisi keawanan dan curah hujan

antara lain adalah MTSAT-1R (*Multifunction Transport Satellite 1 Replacement*), dan data QMorph. Data MTSAT-1R mampu memberikan informasi keawanan melalui kanal inframerah setiap jam dengan resolusi spasial 5 km, sedangkan data QMorph dapat merepresentasikan parameter curah hujan yang diperoleh dari sensor microwave dan inframerah setiap jam dengan resolusi spasial 8 km. Data MTSAT yang setiap jam dapat menginformasikan kondisi awan di Indonesia berpeluang besar untuk dimanfaatkan sebagai penentu kejadian banjir di Indonesia.

Penelitian mengenai estimasi curah hujan berdasarkan data satelit telah dilakukan di antaranya oleh Vicente (2001), Hong et al. (2006, 2007), dan Naranjo (2007), serta Tahir et al. (2009) Estimasi curah hujan dapat dilakukan berdasarkan suhu awan, dimana pembentukan hujan terjadi pada awan-awan yang mempunyai suhu rendah (Handoko, 1994). Hujan konvektif merupakan tipe hujan yang menyebabkan terjadinya banjir. Hujan konvektif dapat terjadi saat udara panas naik ke atmosfer, kemudian mendingin dan mengalami kondensasi sehingga jatuh sebagai hujan. Semakin tinggi partikel udara naik ke atmosfer, maka semakin dingin suhu awannya. Semakin dinginnya suhu awan dapat direpresentasikan dengan semakin terangnya tingkat keabuan di citra inframerah satelit. Sehingga dapat dinyatakan bahwa ada korelasi antara suhu kecerahan awan di puncak atmosfer dengan awan penghasil hujan. Awan *cumulonimbus* yang tebal dan tinggi yang menyebabkan banjir dapat diidentifikasi dengan citra inframerah yang mempunyai resolusi spasial tinggi (Van Hees et al., 1999).

Griffith et al (1978), Tahir et al. 2009 yang mengestimasi curah hujan dari data satelit dengan teknik the Griffith-Woodley menyatakan 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 pad 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.

Kidder and Vonder Haar (1995) menyatakan ada dua cara untuk verifikasi hasil estimasi curah hujan dari data satelit, yaitu (i) membandingkan dengan curah hujan dari stasiun pengamatan, (ii) membandingkan dengan hasil estimasi curah hujan dari radar. Kondisi keterbatasan jumlah stasiun pengamatan di lapangan memberikan nilai tambah bagi radar untuk memberikan informasi curah hujan di lokasi yang tidak ada stasiun curah hujan. Walaupun dari sisi akurasi hasil pengukuran curah hujan dari stasiun pengamatan lebih tinggi dibandingkan hasil estimasi curah hujan dari satelit.

Data MTSAT-1R yang setiap jam dapat menginformasikan kondisi awan di Indonesia berpeluang besar untuk dimanfaatkan sebagai penentu kejadian banjir di Indonesia. Oleh karenanya perlu dilakukan analisis kondisi awan di

wilayah Indonesia yang menyebabkan curah hujan tinggi yang memicu terjadinya banjir. Diharapkan kajian ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan potensi rawan banjir di seluruh Indonesia melalui data satelit khususnya dari parameter suhu kecerahan awan dari MTSAT-1R terhadap curah hujan dari data QMorph.

1.2 Tujuan

Mengkaji hubungan antara suhu kecerahan awan dari kanal inframerah 1 data MTSAT-1R dengan curah hujan dari data QMorph yang berpotensi menyebabkan banjir.

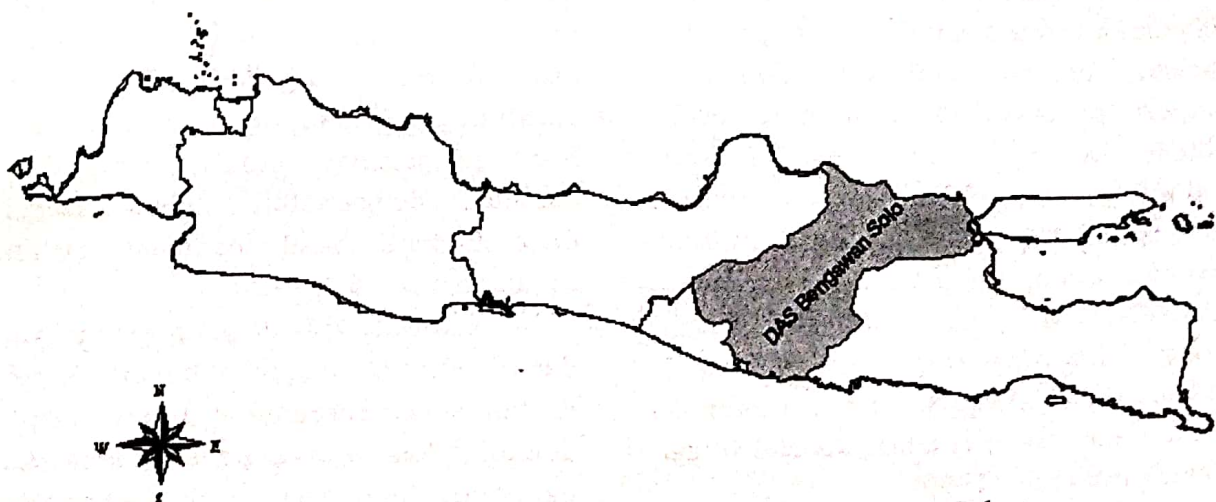
2 METODOLOGI

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, yaitu IR1 (10.8 μm). Data MTSAT-1R dengan kanal inframerah mempunyai resolusi spasialnya 5 km, dan mampu memberikan informasi setiap 1 jam.

Selain itu digunakan data curah hujan yang diperoleh dari QMorph yang merupakan hasil estimasi dari beberapa satelit orbit rendah atau LEO (*Low Earth Orbit*) *passive microwave* serta dari data satelit geostasioner IR (inframerah). Data inframerah dari satelit geostasioner digunakan jika data *microwave* tidak tersedia. Jenis satelit orbit rendah dengan sensor *passive microwave* yang digunakan adalah TRMM TMI rainfall, AQUA AMSR-E rainfall, DMSP-13,14,15 SSMI rainfall, NOAA-15,16,17 AMSU-B rainfall. Sedangkan jenis satelit geostasioner IR adalah GOES-12 East, GOES-10 West, GOES-9 GMS, METEOSAT-7, dan METEOSAT-5. Data QMorph mempunyai resolusi spasial 8 km dan mampu memberikan informasi curah hujan setiap 30 menit (Joyce *et al*, 2004). Pada penelitian ini informasi curah hujan dari QMorph yang digunakan adalah setiap 1 jam.

Periode analisis data yang digunakan adalah tanggal 21 - 30 Desember 2007 selama 24 jam dari pukul 00 - 23 UTC (*Universal Time Zone*). Daerah kajian analisis adalah DAS (Daerah Aliran Sungai) Bengawan Solo (Gambar 2-1). Batas wilayah DAS Bengawan Solo yang digunakan bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum.



Gambar 2-1: Daerah kajian analisis DAS Bengawan Solo

2.2 Pengolahan dan Analisis

Tahapan pengolahan dan analisis data dapat diuraikan sebagai berikut:

- Pengolahan suhu kecerahan awan dari data MTSAT setiap jam (00 – 23 UTC) selama 10 hari dari tanggal 21 – 30 Desember 2007 (sebanyak 240 set data). Adapun rumus konversi data nilai digital ke dalam nilai suhu kecerahan dapat dilihat dari persamaan Planck dalam *The Meteorological Satellite Center Technical Note-JMA* (2009).

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

dimana:

- Bi = sensor Planck Function dari kanal i,
- Tb = suhu kecerahan,
- vi = panjang gelombang tengah dari kanal i,
- a1i dan a2i = koefisien koreksi untuk kanal I,
- h = konstanta Planck,
- k = konstanta Boltzman,
- c = kecepatan cahaya.

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

- Kroping data suhu kecerahan awan MTSAT-1R (sebanyak 240 set data) untuk wilayah DAS Bengawan Solo.

- Ekstraksi nilai maksimum, minimum, dan rata-rata wilayah DAS Bengawan Solo untuk data suhu kecerahan awan MTSAT-1R (sebanyak 240 set data).
- Pengolahan curah hujan dari data QMorph setiap jam sebanyak 240 data untuk wilayah DAS Bengawan Solo.
- Kroping data curah hujan QMorph (sebanyak 240 set data) untuk wilayah DAS Bengawan Solo.
- Ekstraksi nilai maksimum, minimum, dan rata-rata wilayah DAS Bengawan Solo untuk data curah hujan QMorph (sebanyak 240 set data).
- Analisis data deret waktu antara suhu kecerahan awan MTSAT-1R dan curah hujan QMorph di wilayah DAS Bengawan Solo.
- Analisis regresi dan korelasi antara suhu kecerahan awan MTSAT-1R dan curah hujan QMorph di wilayah DAS Bengawan Solo.

Koefisien korelasi dapat diperoleh dengan formula sebagai berikut:

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

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

Dimana:

- x = data suhu kecerahan,
- y = data curah hujan,
- ρ = koefisien korelasi (atau biasa ditulis dalam notasi huruf kecil r),
- n = jumlah data, i= data ke-,
- μx μy = nilai rata-rata (mean) dari x dan y.

Tabel 2-1: FAKTOR KOREKSI DAN PANJANG GELOMBANG TENGAH KANAL MTSAT-1R (SUMBER: THE METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER TECHNICAL NOTE-JMA, 2009)

MTSAT-1R Channel	Wavenumber	Band correction coef.	
	v (cm ⁻¹)	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

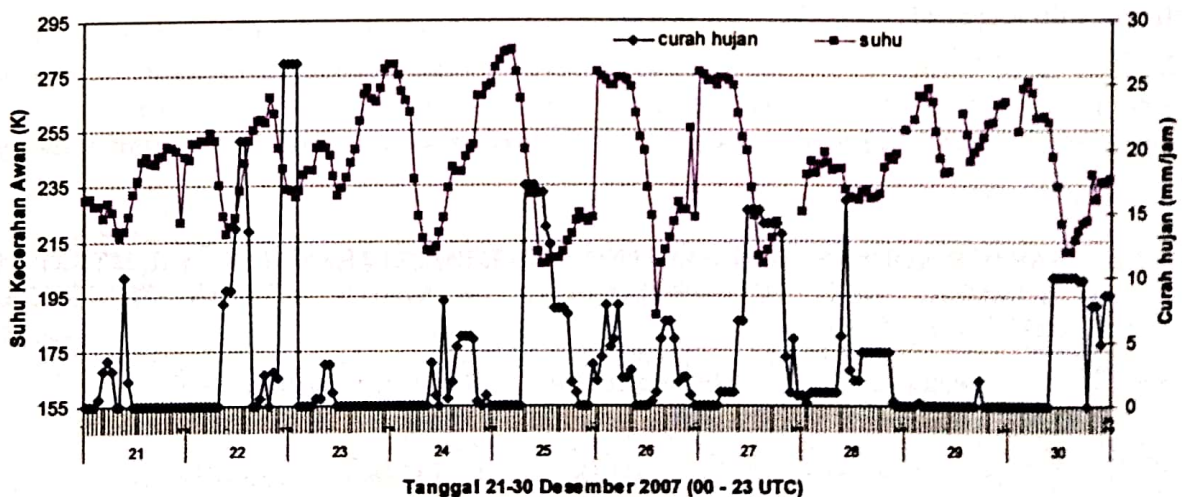
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data Deret Waktu Suhu Kecerahan Awan dan Curah Hujan

Hasil analisis data deret waktu MTSAT dan QMorph tanggal 21 – 30 Desember 2007 (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. Terlihat 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 21-30 Desember 2007 (pukul 00 – 23 UTC) rata-rata berkisar antara 187° – 284° K atau setara dengan -87° – 10° C, sedangkan curah hujan rata-rata berkisar antara 0 – 26.6 mm/jam. Pada Gambar 3-1 juga terlihat bahwa suhu kecerahan awan yang berpotensi tinggi menimbulkan hujan berkisar antara

195° – 235° K, sedangkan suhu kecerahan awan di atas 235° K berpotensi rendah menimbulkan hujan.

Berkaitan dengan kejadian banjir di wilayah DAS Bengawan Solo yang terjadi di penghujung tahun 2007 dapat dilihat bahwa kondisi hujan yang cukup tinggi dan intensif telah terjadi sejak tanggal 25 Desember dengan intensitas curah hujan antara 7 – 17 mm/jam dalam kurun waktu 10 jam. Curah hujan secara intensif masih terus terjadi pada tanggal 26 Desember dengan intensitas di bawah 10 mm/jam, berlanjut ke tanggal 27 Desember dimana terjadi hujan yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 6 – 15 mm/jam selama 10 jam, kemudian curah hujan cenderung menurun pada tanggal 28 hingga 29 Desember 2007. Curah hujan cenderung menaik kembali pada tanggal 30 Desember 2008 yang berkisar antara 5 – 10 mm/jam hampir selama 13 jam. Kondisi curah hujan yang cukup tinggi dan terjadi secara intensif ini menyebabkan terjadinya bencana banjir di sebagian wilayah DAS Bengawan Solo.



Gambar 3-1: Deret waktu suhu kecerahan awan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph periode tanggal 21-30 Desember 2007 jam 00-23 UTC di wilayah DAS Bengawan Solo

3.2 Pengamatan Deret Waktu Suhu Kecerahan

Dari Gambar 3-1 untuk suhu kecerahan di bawah 215° Kelvin dalam selang waktu tanggal 21 – 30 Desember 2007 telah terjadi lima kali, empat di antaranya berturut-turut dari 24 s.d 27 Desember dan satu kali pada tanggal 30 Desember. Dari informasi publik diketahui bahwa terjadi hujan lebat antara tanggal 24 s.d 27 dan pada tanggal 30 Desember dan menyebabkan banjir. Hal ini dapat dijadikan indikator sementara yaitu bila telah terjadi suhu kecerahan di bawah 215° Kelvin sebanyak empat kali atau empat hari berturut-turut diprediksi akan banjir. Namun prediksi hanya berlaku di daerah penelitian ini saja karena hal ini akan tergantung dari penutup lahan, jenis tanah dan sifat geografis lain yang unik dari daerah ke daerah.

3.3 Korelasi Suhu Kecerahan Awan dan Curah Hujan

Hubungan antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R di wilayah Bengawan Solo periode 21- 30 Desember 2007 (pukul 00- 23 UTC) dinyatakan dalam persamaan logaritmik, seperti yang terlihat pada Gambar 3-2. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya korelasi yang cukup baik antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R, dimana koefisien korelasi (r) tertinggi adalah 0.7816 (Gambar 3-2b). Nilai koefisien determinasi (R²) tertinggi adalah 0.611 yang berarti bahwa dari

seluruh populasi data hanya sekitar 61 % yang dapat direpresentasikan oleh persamaan antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R dalam bentuk logaritmik. Sedangkan 39 % dari data tidak dapat direpresentasikan, hal ini dapat disebabkan oleh adanya kesalahan nilai pada data QMorph (data error) dimana sering terdapat *stripping* pada citra QMorph. Adapun persamaan antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R di DAS Bengawan Solo untuk periode tanggal 21 – 30 Desember 2007 adalah sebagai berikut:

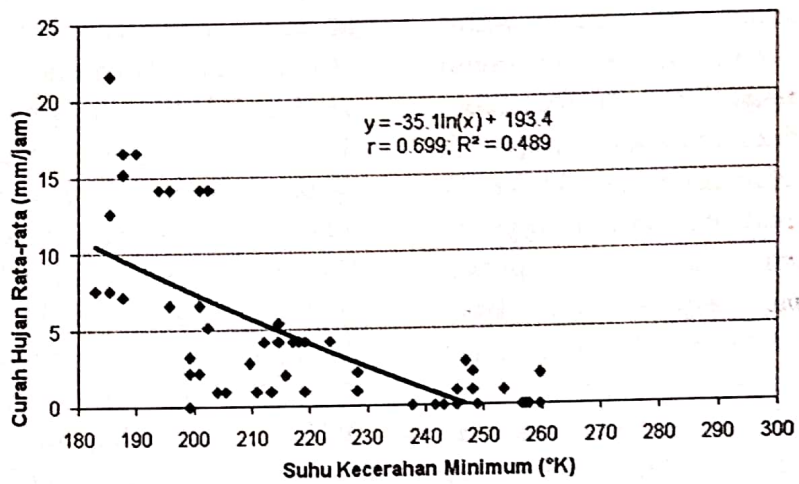
$$y = -38.7\ln(x) + 217.5 \quad (3-1)$$

dimana:

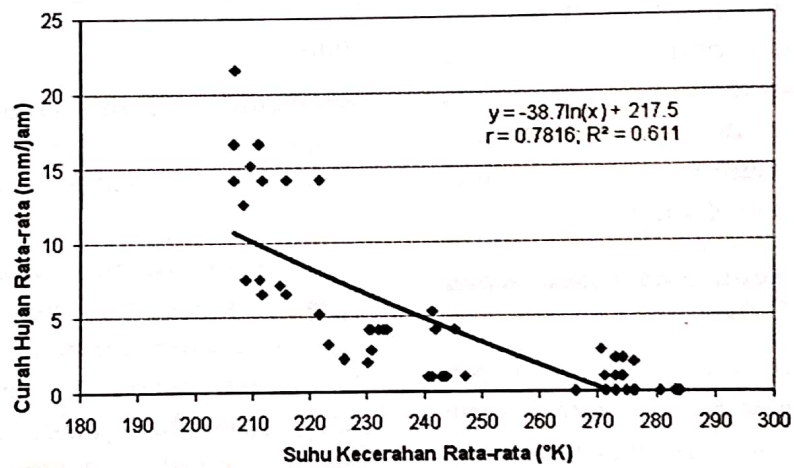
y=adalah curah hujan QMorph (mm/jam), x adalah suhu kecerahan MTSAT-1R kanal IR1 (°K)

Pada Gambar 3-2 ditunjukkan juga adanya hubungan berbanding terbalik antara curah hujan dan suhu kecerahan awan, dimana pada saat suhu kecerahan awan bernilai tinggi maka curah hujannya rendah, sebaliknya jika suhu kecerahan awan bernilai rendah maka curah hujannya tinggi.

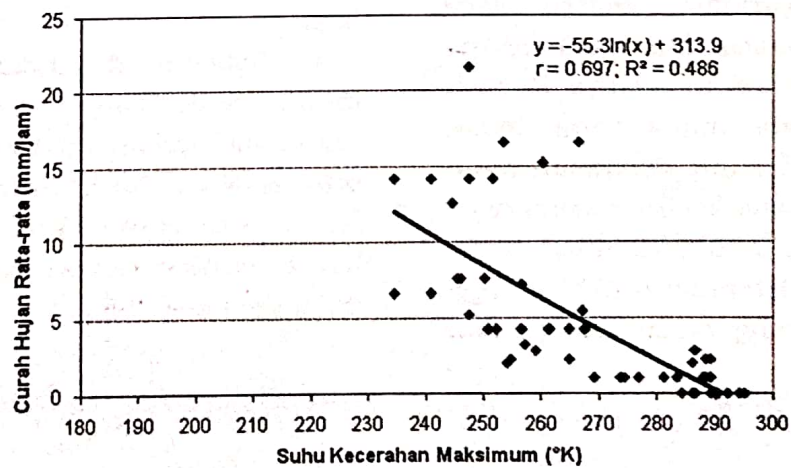
Selain itu dapat dipertimbangkan untuk penelitian di kemudian hari untuk melakukan uji korelasi berbasis pixel antara suhu kecerahan awan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph hanya untuk data yang curah hujannya tidak kecil atau nol.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3-2: Hasil analisis regresi dan korelasi antara data curah hujan dari QMorph dan suhu kecerahan awan dari MTSAT (a) nilai minimum, (b) nilai rata-rata, (c) nilai maksimum periode 21 – 30 Desember 2007 (00-23 UTC) di wilayah DAS Bengawan Solo

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis suhu kecerahan awan dari MTSAT dan curah hujan dari QMorph periode tanggal 21 – 30 Desember 2007 (00 – 23 UTC) di wilayah DAS Bengawan Solo dapat disimpulkan bahwa:

- Suhu kecerahan awan yang berpotensi menimbulkan hujan tinggi berkisar antara 195° – 235° K, sedangkan suhu kecerahan awan di atas 235° K berpotensi menimbulkan hujan yang rendah.
- Terdapat hubungan logaritmik antara curah hujan QMorph dengan suhu kecerahan awan MTSAT-1R kanal IR1 dengan nilai korelasi sebesar 0.78.
- Salah satu kemungkinan alat prediksi banjir untuk daerah penelitian adalah bila telah terjadi suhu kecerahan MTSAT dibawah 215° Kelvin selama empat hari berturut-turut.

4.2 Saran

Perlu dilakukan analisis di lokasi banjir yang lain untuk mendapatkan hasil yang komprehensif terutama untuk mendapatkan korelasi yang signifikan antara suhu kecerahan awan dan curah hujan yang menimbulkan banjir di wilayah Pulau Jawa.

Perlu pula dilakukan uji korelasi antara data suhu kecerahan awan MTSAT dan data curah hujan Qmorph hanya pada data curah hujan Qmorph yang tidak nol.

DAFTAR RUJUKAN

- 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, 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.
- 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.
- John E. Janowiak, Pingping Xie, Jian-Yin Liang, and Robert. J. Joyce, 2004. *Rain Gauge Data Merged With CMORPH Yields: RMORPH*. Climate Prediction Center/ NCEP/ NWS/NOAA, Camp Springs, MD USA and China Meteorological Agency, Guang Dong Province, China.
- Joyce, R., J. Janowiak, and M. Zhang, 2004. *Algorithm Inventory-CMORPH*.
- Kidder, S. Q., and Vonder Haar, T.H., 1995. *Satellite Meteorology, An Introduction*, Academic Press.
- Naranjo, L., 2007. *Satellite Monitors Rains that Trigger Landslides*. Earth Observatory. NASA.
- QMorph Data. ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min_8km.
- Vicente, G.A., 2001. *Satellite Rainfall Estimation for Flash Flood Application*. European basic Auto Estimator within the frame of the SAFNWC. Visiting Scientist's Report.
- 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.