

# ESTIMASI AIR MAMPU CURAH MENGUNAKAN DATA MODIS SEBAGAI INFORMASI CUACA SPASIAL DI PULAU JAWA

Panvati Setiawan, Agus Hidayat, Totok Sugiharlo, Hasnaeni  
PendiH Pusbangja - LAPAN

## ABSTRACT

Study on the utilization of satellite data for precipitable water vapor over Java Island has been done. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data of TERRA/AQUA satellites are used to estimate the precipitable water. As one of the dynamic atmospheric parameters, the precipitable water data is able to indicate the dryness or wetness of a certain region. Such data can be derived from MODIS data at the wavelength range of 0.865, 1.24, 0.905, 0.936 and 0.940  $\mu\text{m}$ .

*Verification* of precipitable water from MODIS data is done by using radiosonde data at 2 climatology stations in Java island (Jakarta and Surabaya). The verification results illustrate that the standard deviation between MODIS precipitable water and radiosonde data for the period of August - October 2004, the standard deviation is  $\pm 1.6$  cm and the correlation coefficient is 0.88. In addition, it is found that the correlation between the MODIS precipitable water and the altitude is significantly polynomial model. Besides that, the precipitable water tends to decrease along with the increase of the altitude at 0-2000 m above the sea level. The precipitable water in West Java is higher than in East Java, both in dry season and in rainy season. This condition can explain why the climate in West Java is more wet than in East Java. We hope this research can be useful for spatial weather information in large area and in real time.

## ABSTRAK

Penelitian mengenai pemanfaatan data satelit untuk *precipitable water vapor* (Air Mampu Curah) di Pulau Jawa telah dilakukan. Data satelit yang digunakan adalah Terra/Aqua dengan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spektrometri*). Air Mampu Curah (AMC) sebagai salah satu parameter atmosferik dinamis dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat kekeringan atau kebasahan suatu daerah; diturunkan dari MODIS dengan menggunakan panjang gelombang 0.865, 1.24, 0.905, 0.936 dan 0.940  $\mu\text{m}$ .

Verifikasi AMC MODIS dilakukan dengan menggunakan data radiosonde di 2 stasiun yang ada di Pulau Jawa (Cengkareng dan Juanda-Surabaya). Hasil verifikasi AMC MODIS periode Agustus - Oktober 2004 mempunyai nilai simpangan baku sebesar  $\pm 1.6$  cm dan korelasi sebesar 0.88 terhadap AMC radiosonde. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara AMC terhadap ketinggian sangat baik dipresentasikan dalam bentuk model polinomial dengan korelasi lebih dari 0.9, baik di Jawa Barat maupun di Jawa Timur, dimana AMC cenderung menurun dengan semakin tingginya topografi wilayah (0-2000 m dpl). Selain itu ternyata AMC di Jawa Barat lebih tinggi dibandingkan dengan AMC di Jawa Timur baik pada musim kering maupun musim hujan. Hal ini dapat menjelaskan kondisi iklim Jawa Barat yang memang lebih basah dibandingkan Jawa Timur. Informasi AMC dari data MODIS ini diharapkan bermanfaat sebagai informasi spasial mengenai kondisi tingkat kering dan basahnya suatu daerah secara *real time* dalam cakupan wilayah yang luas.

*Kata kunci:* Air Mampu Curah, MODIS, Radiosonde, Verifikasi

## 1. PENDAHULUAN

Pemantauan kondisi cuaca dalam sekala luas dan real time dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, salah satunya dengan satelit Terra/Aqua yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spektroradiometer*). Satelit ini mampu meliputi areal dengan luasan 2330 km. Selain itu satelit ini dilengkapi dengan 36 kanal dan mempunyai tiga jenis resolusi spasial, yaitu 250 m, 500 m, dan 1000 m. Satelit ini mempunyai kemampuan meliputi tempat yang sama setiap 1-2 hari. Pemanfaatan data MODIS untuk pemantauan kondisi cuaca di Indonesia belum banyak dilakukan. Salah satu kondisi atmosfer yang dapat diturunkan dari data MODIS adalah *precipitable water* (Kaufman and Gao, 1992; Lim, et At, 2002; Gao and Kaufman, 2003; Gao, et AX 2003; Sobrino, et At, 2003;). Melalui pendekatan nilai *precipitable water* (Air Mampu Curah) di atmosfer dapat diketahui kondisi kelembaban udara dan potensi terjadinya curah hujan di suatu daerah.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengkaji nilai Air Mampu Curah (AMC) dari data MODIS sebagai salah satu informasi cuaca atmosfer di wilayah Pulau Jawa. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi awal kondisi cuaca secara spasial untuk kemudian dianalisis dan dikembangkan lebih lanjut guna memudahkan perencanaan, pelaksanaan, dan pendugaan hasil pada berbagai kegiatan, khususnya di Pulau Jawa.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Uap air dan Kelembaban Udara

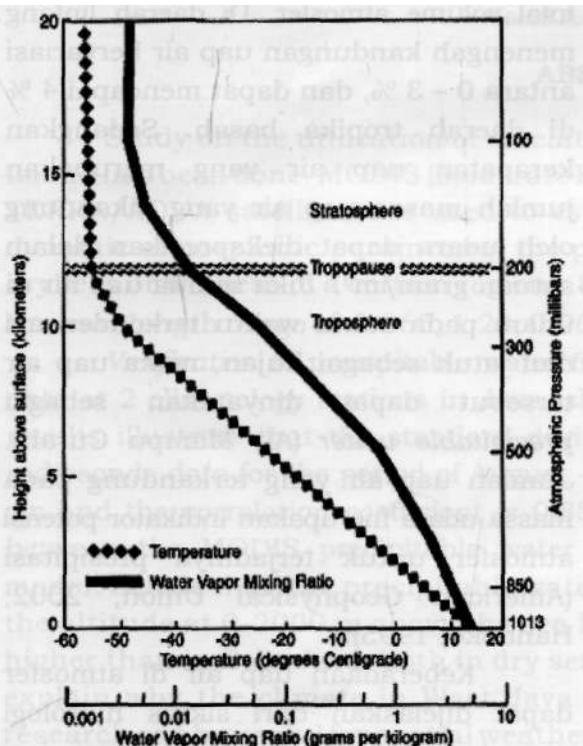
Uap air merupakan perwujudan air dalam bentuk gas. Jumlah kandungan uap air di udara dapat disebut dengan kelembaban udara yang dapat diekspresikan dalam jumlah/kandungan aktualnya di atmosfer, atau konsentrasinya di

udara, serta dari rasio jumlah aktual uap air terhadap jumlah uap air yang dapat membuat jenuh udara (kelembaban nisbi). Kandungan uap air di atmosfer rata-rata hanya kurang dari 2 % dari total volume atmosfer. Di daerah lintang menengah kandungan uap air bervariasi antara 0 - 3 %, dan dapat mencapai 4 % di daerah tropika basah. Sedangkan kerapatan uap air yang merupakan jumlah massa uap air yang dikandung oleh udara dapat diekspresikan dalam satuan gram/m<sup>3</sup>. Jika semua uap air di udara pada suatu waktu terkondensasi dan jatuh sebagai hujan, maka uap air tersebut dapat dinyatakan sebagai *precipitable water* (Air Mampu Curah). Jumlah uap air yang terkandung pada massa udara merupakan indikator potensi atmosfer untuk terjadinya presipitasi (American Geophysical Union, 2002; Handoko, 1995).

Keberadaan uap air di atmosfer dapat dijelaskan dari siklus hidrologi yang terdiri dari proses evaporasi dari permukaan, proses kondensasi menjadi bentuk awan, kemudian jatuh ke bumi melalui presipitasi. Jumlah uap air di atmosfer dipengaruhi oleh variasi suhu dari ketinggian, dan kondisi geografis setempat. Dengan kata lain kandungan uap air di atmosfer dapat dilihat dari penyebarannya secara vertikal atau horizontal. Sebaran vertikal dari suhu udara dan uap air di atmosfer dapat dijelaskan pada Gambar 2-1. Uap air akan menurun terhadap ketinggian atmosfer, dimana suhu udara menjadi rendah. Semakin tinggi suhu udara, maka kapasitas untuk menampung uap air semakin besar. Sebaliknya, ketika udara bertambah dingin, kapasitas untuk menampung uap air semakin rendah, gumpalan awan semakin besar, dan kemudian akan jatuh sebagai hujan (American Geophysical Union, 2002; Asdak, 2002; Handoko, 1995).

Sebagian besar dari total uap air di atmosfer terdapat di antara permukaan laut hingga 1.5 km di atas permukaan

laut, kemudian sebanyak 5 - 6 % uap air terdapat di atas ketinggian 5 km dari permukaan laut, 1 % di stratosfer sekitar 12 km di atas permukaan laut (American Geophysical Union, 2002).



Gambar 2-1:Skema lapisan troposfer, stratosfer, dan tropopause. Penyebaran suhu ( C) dan uap air (gr/kg) secara vertikal di atmosfer. Skala nilai uap air adalah logaritmik, sedangkan skala vertikal merupakan nilai tekanan atmosfer (milibar) dan ketinggian atmosfer (km), (American Geophysical Union, 2002).

**2.2 Penurunan Nilai Air Mampu Curah dari Radiosonde**

Radiosonde merupakan seperangkat alat elektronik yang terdiri dari sensor-sensor pengukur tekanan udara (barometer arenoid), suhu (termistor) dan kelembaban (*hygrometer*) yang diterbangkan oleh balon seberat 500 gram dengan kecepatan 0.5 m/s. Unsur cuaca yang dapat diketahui dari radiosonde adalah tekanan udara, suhu udara, kelembaban udara, arah angin, kecepatan angin, dan suhu titik embun. Data-data tersebut diturunkan berdasarkan ketinggian

an lapisan tekanan udara, yaitu 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 150, 100, 50, 40, 30, 20, dan 10 mb (Prasasti, 2004). Pada penelitian ini digunakan data radiosonde di Pulau Jawa, yaitu stasiun Cengkareng-Jakarta (6.117° LS, 106.65° BT) dan stasiun Juanda-Surabaya (7.367° LS, 112.77° BT).

Unsur cuaca yang digunakan dalam perhitungan AMC dari radiosonde adalah suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara melalui persamaan Butler (1998) sebagai berikut:

$$h = m_w Po H / p k To \dots \dots \dots (2-1)$$

dengan

h adalah jumlah AMC (mm)

$m_w$  adalah massa uap air ( $m_w = 18.016$ )

$Po$  adalah tekanan uap air di permukaan (mb)

H adalah ketinggian uap air ( diasumsikan 1.5 km)

p adalah massa jenis air ( $p = 1000 \text{ kg/m}^3$ ),

k adalah konstanta Boltzmann ( $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2$ )

$To$  adalah suhu permukaan (K)

persamaan (2-1) dapat disederhanakan menjadi persamaan (2-2) berikut:

$$h \ll Po / 3 To \dots \dots \dots (2-2)$$

Tekanan uap air di permukaan dapat diturunkan dari nilai kelembaban nisbi di permukaan dengan Persamaan (2-3) (Liebe, 1989 dalam Butler, 1998).

$$Po = 2.409 \cdot 10^{12} RH \cdot 04 \cdot e^{-22.64e} \dots \dots \dots \wedge^{-3}$$

dengan

RH adalah kelembaban nisbi (%)

0 adalah invers suhu ( $0 = 300 / To$ ,  $To$  dalam K)

**2.3 Penurunan Nilai Air Mampu Curah dari Data MODIS**

Metoda penginderaan jauh pada prinsipnya didasarkan pada pendeteksian absorpsi radiasi matahari oleh uap air. Radiasi matahari yang dimaksud adalah radiasi matahari yang direfleksikan setelah ditransmisikan ke permukaan bumi dan dipantulkan kembali ke atmosfer. Total jumlah uap air vertikal dari data satelit dapat diturunkan dari

Tabe12-1: POSISI DAN RENTANG KANAL (BANDWIDHT) DARI KANAL IR MODIS YANG DIGUNAKAN DALAM MENGUNGKAP UAP AIR

Kanal MODIS	Posisi (µm)	Bandwidht (µm)	Sifat
2	0.865	0.040	Window (non absorbsi)
5	1.240	0.020	Window (non absorbsi)
17	0.905	0.030	absorbsi
18	0.936	0.010	absorbsi
19	0.940	0.050	absorbsi

nilai rasio antara spektral radiasi matahari yang direfleksikan dan diabsorpsi oleh uap air (kanal absorpsi) terhadap spektral radiasi yang direfleksikan dan tidak diabsorpsi oleh uap air (kanal non-absorpsi). Radiasi matahari antara 0.86 dan 1.24 µm pada perlintasan matahari-permukaan bumi-sensor {sun-surface-sensor) ditentukan oleh absorpsi uap air atmosfer, pemencaran aerosol atmosferik dan pantulan permukaan. Pemencaran radiasi akibat aerosol pada wilayah 1 µm dapat diabaikan dan konsentrasi aerosol diasumsikan kecil sehingga tidak diperlukan dalam menurunkan jumlah kolom uap air (Kaufman and Gao, 1992; Gao and Kaufman, 2003).

MODIS kanal 2, 5, 17, 18 dan 19 dengan tengah panjang gelombang 0.865, 1.24, 0.905, 0.936 dan 0.940 µm digunakan dalam mengungkap jumlah kandungan uap air (Tabel 2-1). Kanal 0.865 µm dan 1.24 µm merupakan kanal yang tidak diserap oleh uap air, sedangkan kanal 0.905 µm, 0.935 µm, dan 0.940 µm merupakan kanal yang diserap oleh uap air. Di antara kanal-kanal absorpsi, kanal 18 umumnya kuat diserap uap air, sehingga lebih peka jika diaplikasikan di daerah yang kering. Sedangkan kanal 17 lebih lemah diserap uap air, sehingga lebih peka jika diaplikasikan di daerah basah (Kaufman and Gao, 1992).

Transmitans uap air atmosfer yang tepat dapat diturunkan dengan

melakukan perbandingan reflektans permukaan antara kanal absorpsi dan kanal non-absorpsi, dengan mengabaikan pengaruh variasi reflektansi permukaan. Jika reflektansi permukaan tidak berubah (konstan) dengan berubahnya panjang gelombang, maka perbandingan 2-kanal sudah dapat menurunkan transmitans uap air. Sebagai contoh, transmitans pada kanal 19 (0.94 µm) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$T_{abs}(0.94\mu m) = p^*(0.94\mu m) / p^*(0.865\mu m) \dots \dots \dots (2-4)$$

dengan

Tabs adalah transmitans pada kanal absorpsi

p\* adalah reflektansi terukur pada sensor

Sebagian besar permukaan lahan ditutupi oleh tanah, bebatuan, vegetasi, salju atau es. Reflektansi dari permukaan daratan kebanyakan tidak konstan. Berdasarkan penelitian Condit (1970) dalam Kaufman and Gao (1992) dapat diketahui bahwa permukaan yang bebatuan, tanah-tanah yang kaya ion besi dan tanah yang mengandung mineral mempunyai nilai reflektansi yang semakin linear pada spektral radiasi antara 0.8 dan 1.25 µm. Sehingga, persamaan (2-4) umumnya tidak berlaku dan digunakan nilai perbandingan 3 kanal, dengan kombinasi 1 kanal absorpsi dan 2 kanal non-absorpsi. Adapun nilai transmitans menggunakan perbandingan 3 kanal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T_{abs}(A_0) = p^*(X_0) / C_1 p^*(A_i) + C_2 p^*(M) \dots \dots (2-5)$$

$C_1 = (A_2 - A^0) / (A_2 - A_1)$ , dan  $C_2 = (X_0 - A_1) / (A_2 - A_1)$

dengan

Tab<sub>s</sub> adalah transmitans pada kanal absorbsi

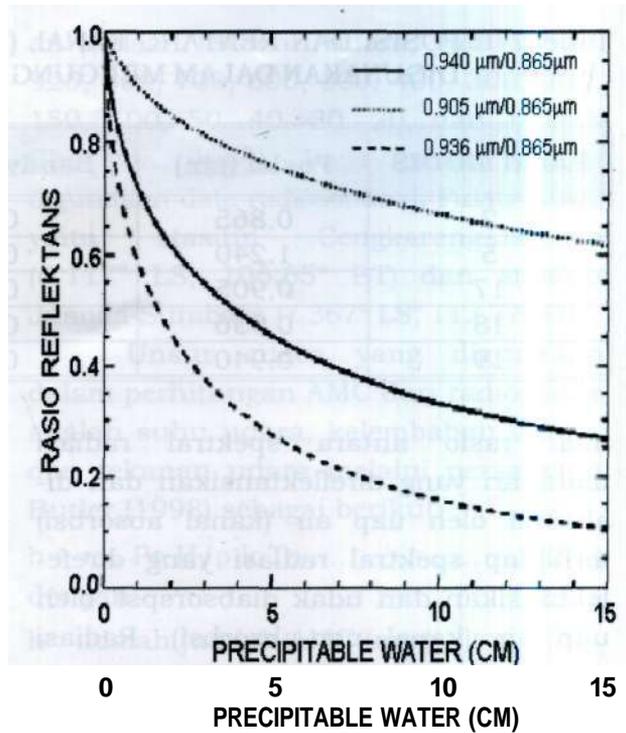
p\* adalah reflektansi terukur pada sensor

X<sub>0</sub> adalah nilai tengah panjang gelombang kanal absorbsi (kanal 17, 18, 19)

A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> adalah nilai tengah panjang gelombang kanal non-absorbsi (kanal 2, 5).

Teknik perbandingan 3 kanal dapat digunakan untuk menurunkan jumlah kandungan uap air di atmosfer pada daerah permukaan lahan yang bebas awan, sedangkan teknik perbandingan 2 kanal digunakan pada wilayah *sunlint* di laut, serta di awan. Wilayah laut yang bebas dari awan dan *sunlint* menyerap kuat spektral radiasi pada panjang gelombang yang lebih dari 0.8 μm, terlebih lagi di laut dalam dimana reflektansi spektral Infra Merah Dekat sangat rendah sehingga dapat diabaikan. Oleh karenanya penurunan jumlah kandungan uap air di laut tidak dapat dilakukan. Pada pendugaan nilai aktual uap air di awan yang berinteraksi dengan radiasi matahari, perlu diketahui ketinggian puncak awan. Penurunan ketinggian awan dengan menggunakan data *remote sensing passive* sangat sulit dilakukan, sehingga untuk menurunkan jumlah kandungan uap air di awan digunakan asumsi ketinggian awan berada pada ketinggian permukaan laut (Gao and Kaufman, 2003).

Kaufman dan Gao dalam penelitiannya tahun 1992 dan 2003 mengenai penurunan uap air dari satelit, juga menganalisis korelasi antara nilai transmitans uap air dengan jumlah AMC. Korelasi tinggi hubungan antara transmitans uap air pada kanal 19 (0.940 μm) dengan Air Mampu Curah didapatkan dalam bentuk eksponensial (Gao and Kaufman, 2003). Adapun grafik hubungan antara transmitans uap air yang diperoleh dari metode perbandingan 2 kanal, dengan AMC dapat dilihat pada Gambar 2-2 berikut.



Gambar 2-2: Simulasi nilai rasio reflektans dari 2 kanal (kanal absorbsi/kanal non-absorbsi) sebagai fungsi dari jumlah Air Mampu Curah (*iprecipitable water*) pada jalur matahari-permukaan sensor (Gao and Kaufman, 2003)

Dalam kondisi atmosferik yang sama, serapan spektral radiasi oleh uap air pada 3 kanal absorbsi masing-masing mempunyai sensitivitas yang berbeda-beda. Spektral radiasi pada kanal 18 umumnya kuat diserap uap air, sehingga lebih peka di daerah yang kering. Sedangkan kanal 17 lebih lemah diserap uap air, sehingga lebih peka di daerah basah. Rata-rata jumlah AMC pada suatu kondisi atmosfer dapat diturunkan berdasarkan persamaan (2-6) berikut (Kaufman and Gao, 1992; Gao and Kaufman, 2003; Sobrino and Li, 2004):

$$W = f_1 W_1 + f_2 W_2 + f_3 W_3 \dots \dots \dots (2-6)$$

dengan

W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, dan W<sub>3</sub> =AMC yang diturunkan dari kanal 17 (0.905 μm), kanal 18 (0.936 μm), dan kanal 19 (0.940 μm).

$f_1, f_2, \text{ dan } f_3$  =merupakan fungsi pembobot masing-masing kanal berdasarkan sensitivitas transmitans ( $T_i$ ) di setiap kanal ( $i$ ) terhadap AMC ( $W$ ), yang dapat digambarkan  $I$  dalam persamaan (2-7)

$$f_i = \frac{T_{ii}}{(m+T_{i2}+T_{iJ})} ; T_{ii} = |AT_i / Aw'| \dots (2-7)$$

### 2.4 Tahapan Proses Pengolahan Data

Adapun tahapan proses pengolahan data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 2-3 sebagai berikut:

#### 2.4.1 Pengolahan awal data MODIS

Koreksi radiometrik yang dilakukan pada data MODIS adalah koreksi duplikasi baris, atau biasa disebut dengan *Bowtie Correction*. Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan duplikasi data pada baris-baris tertentu, terutama yang jauh dari nadir. Koreksi dilakukan dengan menggunakan Modul MODIS (MODIS Tools) pada software ENVI 3.5 terhadap

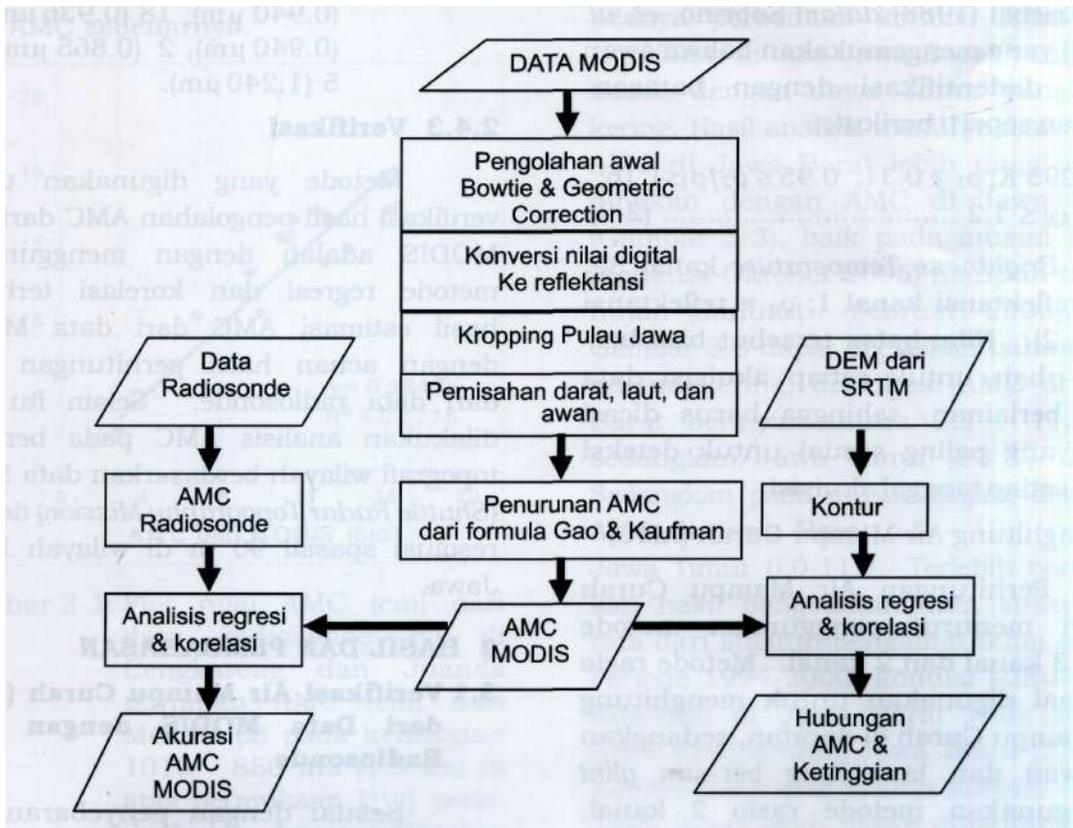
data resolusi 250 m (kanal 1 dan 2), resolusi 500 m, dan resolusi 1000 m (kanal 17, 18, 19).

Koreksi geometrik dilakukan dengan mengekstrak titik kontrol GCP dari data MODIS LIB menggunakan Modul MODIS pada software ENVI 3.5. Karena untuk perhitungan Air Mampu Curah menggunakan 2 resolusi spasial yang berbeda (250 m dan 1000 m), maka digunakan GCP {*Ground Control Point*} dari data 1000 m sebagai acuan. Transformasi koordinat (*Warping*) dilakukan dengan menggunakan metode *Triangulation* dan resampling data dengan metode tetangga terdekat (*Nearest Neighbour*).

#### 2.4.2 Pengolahan lanjut data MODIS

a. Merubah nilai kanal menjadi reflektansi

Tahapan pertama yang dilakukan sebelum mengkalkulasi data dengan algoritma-algoritma untuk menurunkan kandungan uap air di atmosfer dan nilai indeks vegetasi adalah merubah nilai data di setiap kanal menjadi nilai reflek-



Gambar 2-3: Diagram alir pengolahan data

tansi. Metode yang dilakukan untuk membuat reflektansi terkoreksi dari data digital 16 bit adalah dengan metode koreksi atmosfer (*Simplified Atmospheric Correction*) yang dalam prosesnya memerlukan informasi jarak matahari-bumi, posisi sudut matahari (zenith) dan basis data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan resolusi kasar sebesar 5' (8,3333 km). Koefisien-koefisien *Gain* (G) dan *Intercept* (I) setiap kanal untuk transformasi data menjadi radians atau reflektansi dapat dilihat pada atribut data MODIS LIB format HDF dengan menggunakan *software* ENVI. Formula untuk menghitung data 16 bit integer dari *Scaled Integer* (SI) yang mewakili nilai DN (*Digital Number*) di setiap kanal menjadi reflektansi (p) adalah sebagai berikut:

$$p = G \cdot SI + I \dots \dots \dots (2-8)$$

b. Memisahkan darat, laut, dan awan

Pemisahan darat dan laut didasarkan pada reaksi laut yang menyerap tinggi spektrum radiasi pada gelombang Infra Merah Dekat (Gao dan Kaufman, 2003). Sedangkan pemisahan awan dilakukan berdasarkan metoda Saunders dan Kriebel (1988) dalam Sobrino, et al. (2003) yang mengemukakan bahwa awan dapat diidentifikasi dengan batasan-batasan seperti berikut:

$$T_{32} < 295 \text{ K}; p_1 > 0.31; 0.95 < p_2/p_1 < 1.16; |T_{3i} - T_{32}| < 1.2 \dots \dots \dots (2-9)$$

(T<sub>32</sub> : *Brightness Temperature* kanal 32; p<sub>1</sub> = reflektansi kanal 1; p<sub>2</sub> = reflektansi kanal 2). Nilai batas tersebut bisa berubah-ubah untuk setiap akuisisi data yang berlainan, sehingga harus dicari nilai yang paling sesuai untuk deteksi awan setiap tanggal akuisisi.

c. Menghitung Air Mampu Curah (AMC)

Perhitungan Air Mampu Curah dibagi menurut penggunaan metode rasio 3 kanal dan 2 kanal. Metode rasio 3 kanal digunakan untuk menghitung Air Mampu Curah di daratan, sedangkan di awan dan laut yang ber-sun. *glint* menggunakan metode rasio 2 kanal. Adapun formula-formula yang digunakan

untuk memperoleh Air Mampu Curah adalah (Gao dan Kaufman, 2003):

$$T_1 = p_1/p_4; T_2 = P_2/P_4; T_3 = p_3/p_4 \dots \dots (2-10)$$

$$T_1 = p_1 / (0.8933 p_4 + 0.1066 p_5); T_2 = p_2 / (0.8106 p_4 + 0.1893 p_5); T_3 = p_3 / (0.8 p_4 + 0.2 p_5) \dots \dots (2-11)$$

$$W_1 = 14468 e^{-i^{\circ} - 754 T_1} \cdot w_a = 26.306 e^{5.867 T_2}; W_2 = 26.306 e^{-5.867 T_2} \dots \dots (2-12)$$

$$W = f_1 W_1 + f_2 W_2 + f_3 W_3 \dots \dots (2-13)$$

$$f_1 = \frac{P_1}{(P_1 + P_2 + P_3)}; f_2 = \frac{P_2}{(P_1 + P_2 + P_3)}; f_3 = \frac{P_3}{(P_1 + P_2 + P_3)}$$

dengan

W adalah Tinggi kolom Air Mampu Curah (cm)

W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub> adalah Air Mampu Curah kanal 17 (0.905 pm), kanal 18 (0.936 lam), dan kanal 19 (0.940 \xra)

f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> adalah fungsi pembobot masing-masing kanal

W\* adalah Air Mampu Curah dalam *optical path* (matahari-per-mukaan-sensor)

T<sub>i</sub> (1,2, 3) adalah Transmittans kanal 17 (0.940 (am), 18 (0.936 \xm), dan 19 (0.940 im)

P(i, 2, 3,4, 5) adalah reflektans kanal 17 (0.940 urn), 18 (0.936 urn), 19 (0.940 im), 2 (0.865-urn), dan 5 (1.240 im).

2.4.3 Verifikasi

Metode yang digunakan untuk verifikasi hasil pengolahan AMC dari data MODIS adalah dengan menggunakan metode regresi dan korelasi terhadap hasil estimasi AMC dari data MODIS dengan acuan hasil perhitungan AMC dari data radiosonde. Selain itu juga dilakukan analisis AMC pada berbagai topografi wilayah berdasarkan data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan resolusi spasial 90 m di wilayah Pulau Jawa.

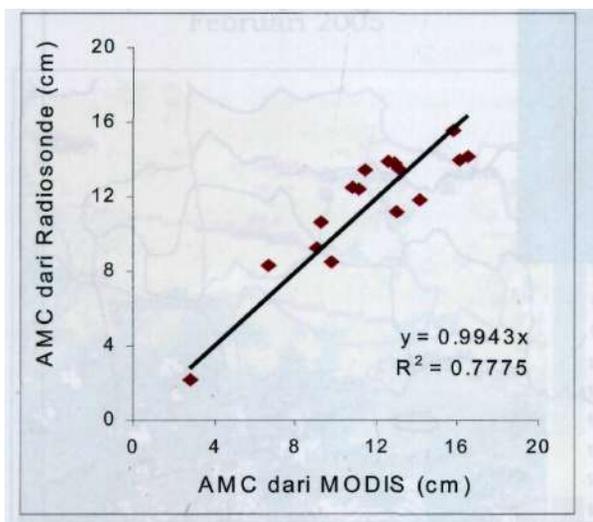
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Verifikasi Air Mampu Curah (AMC) dari Data MODIS dengan Data Radiosonde

Sesuai dengan penyebaran uap air secara vertikal yang lebih banyak

berada pada ketinggian antara permukaan laut hingga 1.5 km di atas permukaan laut, atau pada tekanan atmosfer antara 1013 mb-850 mb (American Geophysical Union, 2000; Butler, 1998), maka analisis AMC dari data radiosonde dilakukan pada ketinggian tersebut. Sehingga dalam analisis verifikasi nilai AMC dari MODIS terhadap AMC dari radiosonde digunakan asumsi bahwa hasil estimasi AMC dari MODIS diperoleh pada ketinggian vertikal antara 1013 mb - 850 mb.

Hasil analisis verifikasi AMC di Pulau Jawa periode Agustus - Oktober 2004 menyebutkan bahwa AMC yang diestimasi dari data MODIS rata-rata mempunyai nilai simpangan baku sebesar ±1.6 cm terhadap AMC dari radiosonde. Gambar 3-1 menunjukkan hubungan linier antara AMC dari MODIS (x) terhadap AMC dari radiosonde (y) dengan faktor koreksi sebesar 0.9943. Meskipun korelasi antara AMC dari data MODIS terhadap AMC dari radiosonde cukup tinggi, yaitu sebesar 88 %, namun hanya sekitar 78 % dari keragaman AMC MODIS yang dapat dipresentasikan oleh model persamaan tersebut untuk mendekati nilai AMC sebenarnya.



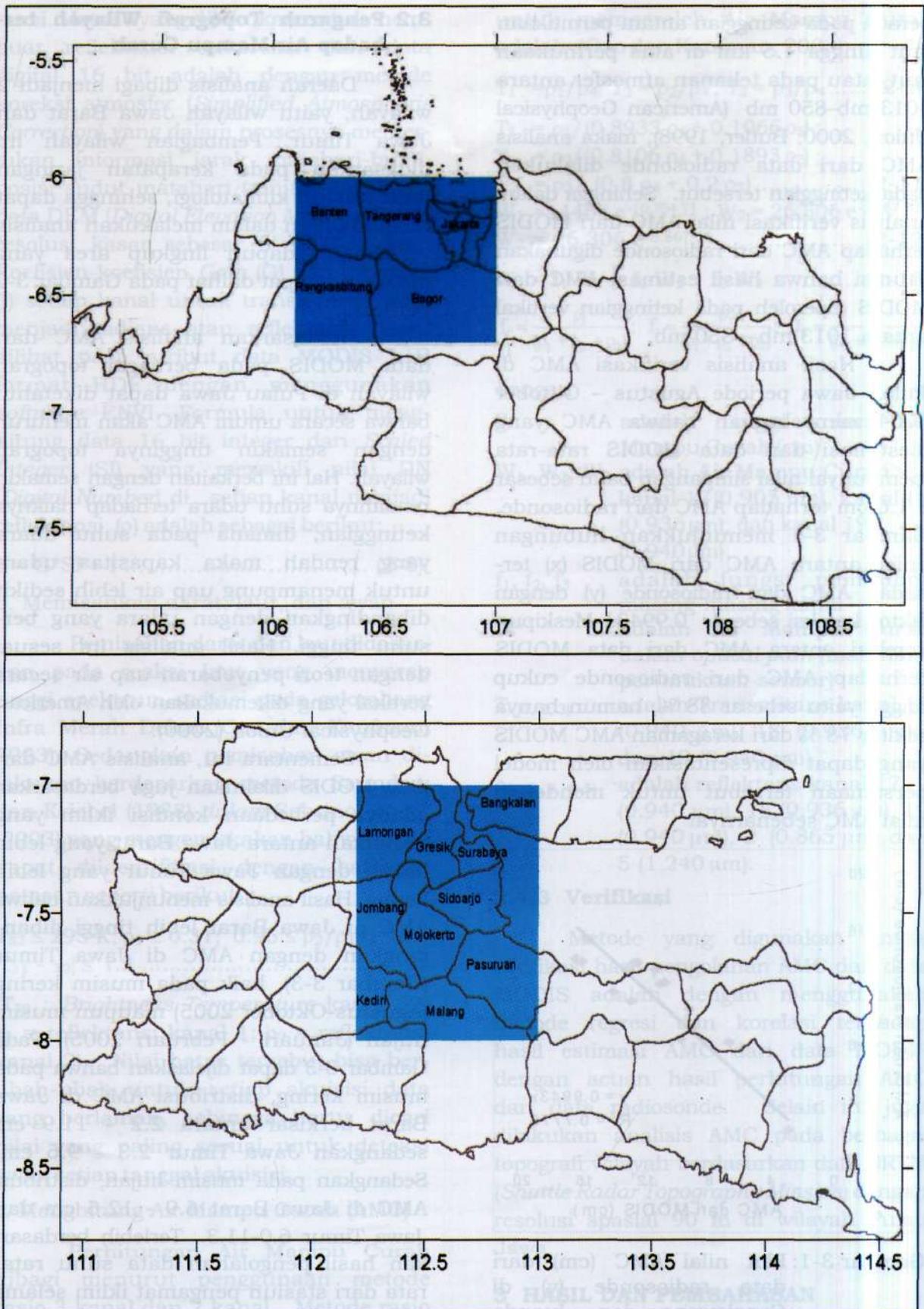
Gambar 3-1: Plot nilai AMC (cm) dari data radiosonde (y) di Cengkareng dan Juanda terhadap AMC (cm) dari MODIS (x) pada ketinggian 1013 - 850 mb (1.5 km di atas permukaan laut) periode bulan Agustus-Oktober 2004

### 3.2 Pengaruh Topografi Wilayah terhadap Air Mampu Curah

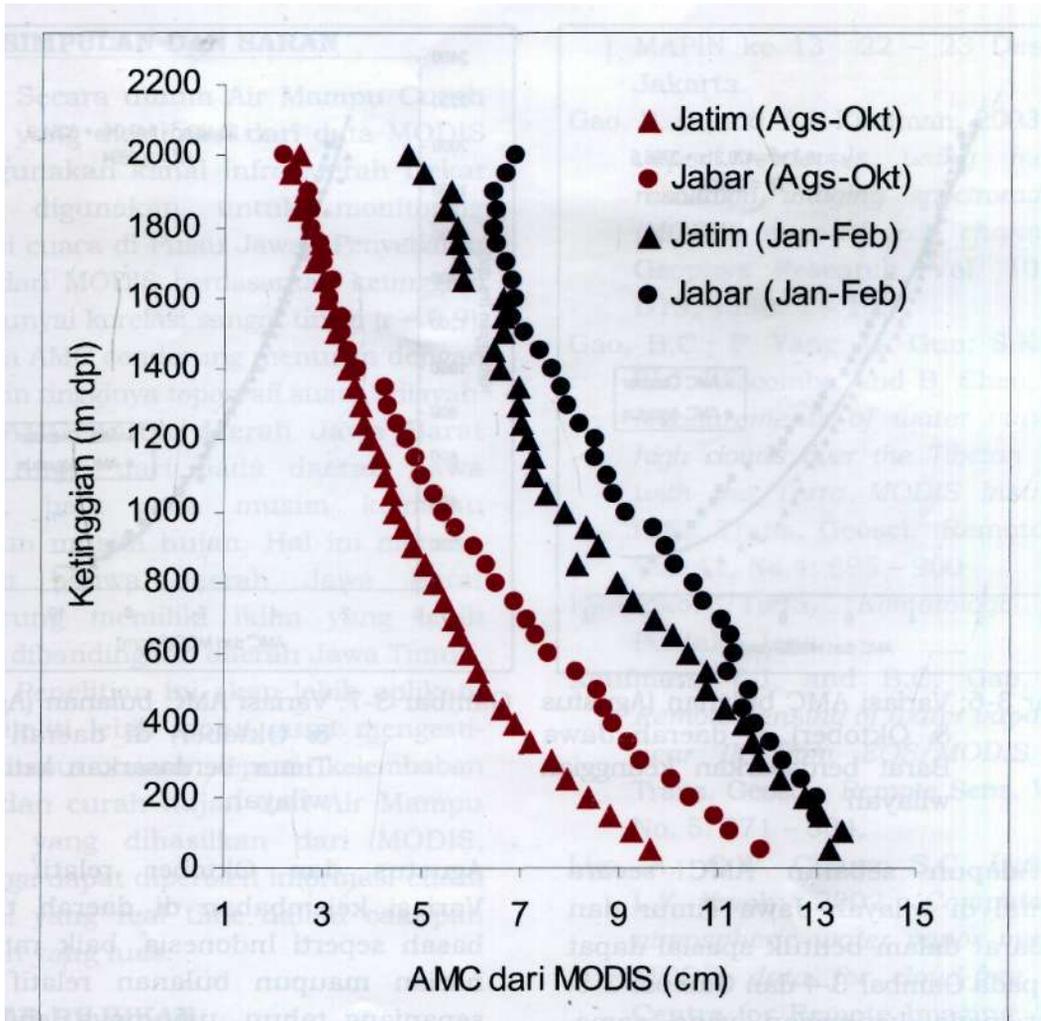
Daerah analisis dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu wilayah Jawa Barat dan Jawa Timur. Pembagian wilayah ini didasarkan pada kerapatan jaringan data stasiun klimatologi, sehingga dapat memudahkan dalam melakukan analisis verifikasi. Adapun lingkup area yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3-2 berikut.

Berdasarkan analisis AMC dari data MODIS pada berbagai topografi wilayah di Pulau Jawa dapat diketahui bahwa secara umum AMC akan menurun dengan semakin tingginya topografi wilayah. Hal ini berkaitan dengan semakin rendahnya suhu udara terhadap naiknya ketinggian, dimana pada suhu udara yang rendah maka kapasitas udara untuk menampung uap air lebih sedikit dibandingkan dengan udara yang bersuhu tinggi. Hasil analisis ini sesuai dengan teori penyebaran uap air secara vertikal yang dikemukakan oleh American Geophysical Union (2000).

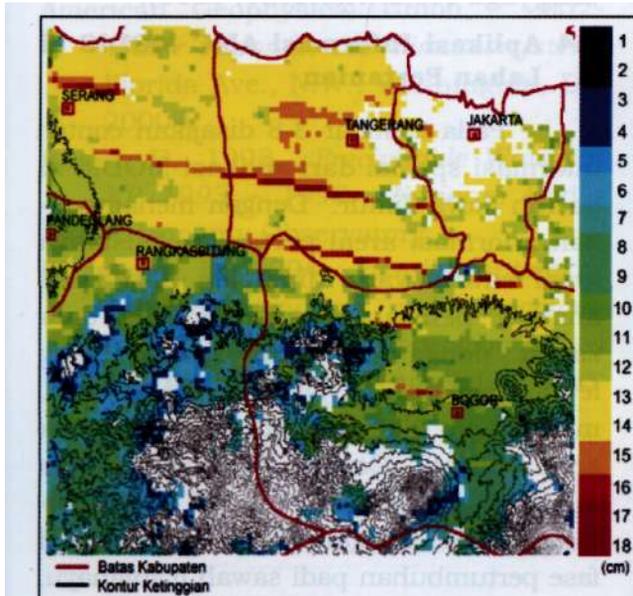
Sementara itu, analisis AMC dari data MODIS dilakukan juga berdasarkan adanya perbedaan kondisi iklim yang signifikan antara Jawa Barat yang lebih basah dengan Jawa Timur yang lebih kering. Hasil analisis menunjukkan bahwa AMC di Jawa Barat lebih tinggi dibandingkan dengan AMC di Jawa Timur (Gambar 3-3), baik pada musim kering (Agustus-Oktober 2005) maupun musim hujan (Januari - Februari 2005). Pada Gambar 3-3 dapat dijelaskan bahwa pada musim kering, distribusi AMC di Jawa Barat berkisar antara 2.2 - 11.9 cm sedangkan Jawa Timur 2.3 - 9.6 cm. Sedangkan pada musim hujan, distribusi AMC di Jawa Barat 6.9 - 12.6 cm dan Jawa Timur 6.0-11.3. Terlebih berdasarkan hasil pengolahan data suhu rata-rata dari stasiun pengamat iklim selama Periode 1994-2000, kondisi suhu udara rata-rata di Jawa Barat lebih rendah (24.7°C) dibanding Jawa Timur (25.7°C). Kondisi demikian menyebabkan daerah Jawa Barat lebih basah dibanding Jawa Timur.



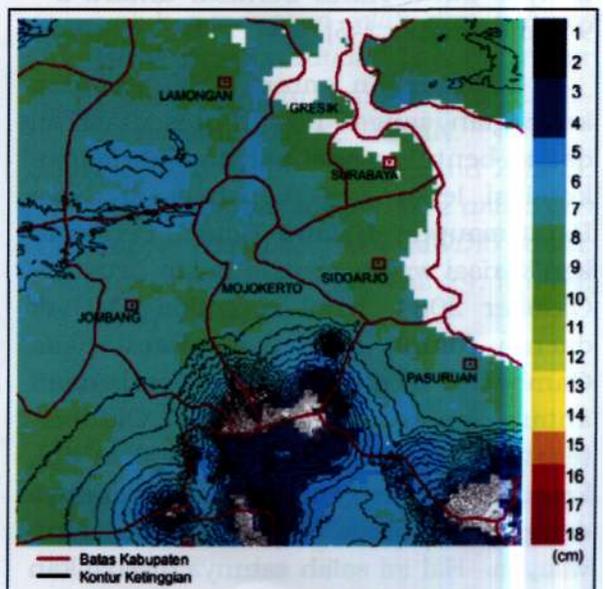
Gambar 3-2: Cakupan daerah penelitian AMC MODIS dalam 2 wilayah: Jawa Barat dan Jawa Timur



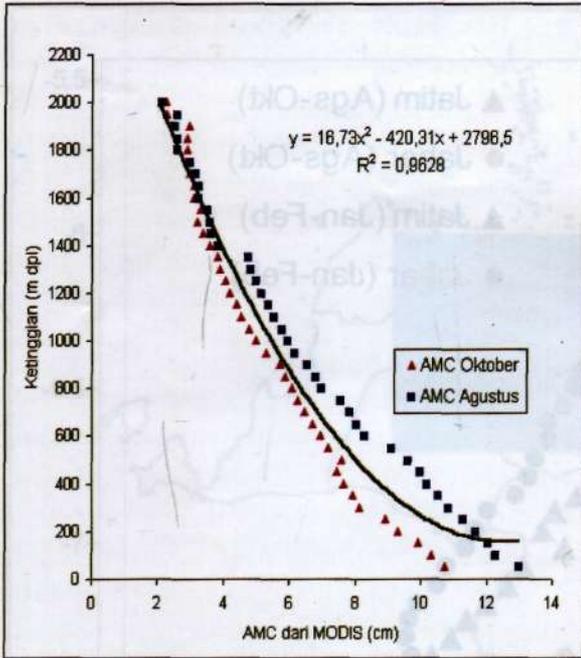
Gambar 3-3: Perbandingan AMC wilayah Jawa Barat dan Jawa Timur pada ketinggian 0 - 2000 m dpi periode bulan Agustus - Oktober 2004 dan Januari-Februari 2005



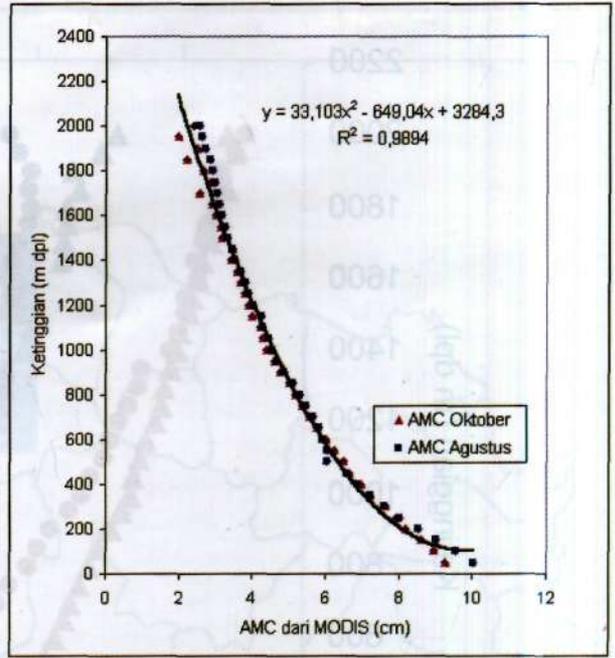
Gambar 3-4: Contoh sebaran AMC (cm) dari data MODIS tanggal 4 Oktober 2004 di wilayah Jawa Barat berdasarkan topografi wilayah



Gambar 3-5: Contoh Sebaran AMC (cm) dari data MODIS tanggal 4 Oktober 2004 di wilayah Jawa Timur berdasarkan topografi wilayah.



Gambar 3-6: Variasi AMC bulanan (Agustus & Oktober) di daerah Jawa Barat berdasarkan ketinggian wilayah



Gambar 3-7: Variasi AMC bulanan (Agustus & Oktober) di daerah Jawa Timur berdasarkan ketinggian wilayah

Adapun sebaran AMC secara horizontal di wilayah Jawa Timur dan Jawa Barat dalam bentuk spasial dapat dilihat pada Gambar 3-4 dan Gambar 3-5. Terlihat pada ketinggian yang sama, yaitu 0 - 200 m dpi, di wilayah Jawa Barat memiliki AMC yang berkisar antara 8-14 cm (Gambar 3-4), sedangkan AMC di wilayah Jawa Timur berkisar antara 5 - 9 cm (Gambar 3-5).

Hubungan antara AMC terhadap ketinggian sangat baik dipresentasikan dalam bentuk model polynomial dengan korelasi lebih dari 0.9, baik di Jawa Barat maupun di Jawa Timur. Berdasarkan variasi waktu periode bulan Agustus-Oktober 2004, hasil ekstraksi AMC di daerah contoh studi Jawa Barat pada Gambar 3-6 menunjukkan perbedaan antara bulan Agustus dan Oktober, terutama pada ketinggian 0-500 m dpi, kemudian cenderung sama nilainya dengan semakin tingginya topografi wilayah. Hal ini salah satunya disebabkan oleh banyaknya variasi jenis penggunaan lahan pada ketinggian 0 - 500 m di daerah Jawa Barat. Sementara itu di wilayah Jawa Timur (Gambar 3-7) terlihat bahwa rata-rata variasi nilai AMC selama bulan

Agustus dan Oktober relatif sama. Variasi kelembaban di daerah tropika basah seperti Indonesia, baik rata-rata harian maupun bulanan relatif tetap sepanjang tahun, umumnya lebih dari 60 %, berbeda dengan variasi kelembaban di daerah lintang tinggi yang relatif lebih besar karena variasi suhu hariannya yang juga besar (Handoko, 1995).

### 3.4 Aplikasi Informasi AMC MODIS di Lahan Pertanian

Pada Gambar 3-8 disajikan contoh informasi spasial dari aplikasi MODIS di daerah Jawa Timur. Dengan menambahkan informasi areal pertanian, misalnya areal sawah yang diperoleh dari hasil analisis penggunaan lahan dari data satelit dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dari MODIS, seperti Landsat, maka dapat diketahui kondisi AMC pada areal sawah. Contoh lain yang lebih aplikatif jika hasil estimasi AMC ditambahkan dengan hasil interpretasi fase pertumbuhan padi sawah (Dirgahayu, 2004), sehingga dapat segera dilakukan upaya-upaya penyelamatan tanaman, misalnya saja pencegahan terhadap kondisi kekeringan pada kondisi AMC tertentu selama beberapa periode waktu.

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum Air Mampu Curah (AMC) yang diestimasi dari data MODIS menggunakan kanal Infra Merah Dekat dapat digunakan untuk monitoring kondisi cuaca di Pulau Jawa. Penyebaran AMC dari MODIS berdasarkan ketinggian mempunyai korlasi sangat tinggi ( $r = 0.9$ ), dimana AMC cenderung menurun dengan semakin ungunya topografi suatu wilayah. Nilai AMC untuk daerah Jawa Barat lebih tinggi dari pada daerah Jawa Timur, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Jawa Barat cenderung memiliki iklim yang lebih basah dibandingkan daerah Jawa Timur.

Penelitian ini akan lebih aplikatif jika diteliti lebih lanjut guna mengestimasi unsur cuaca seperti kelembaban nisbi dan curah hujan dari Air Mampu Curah yang dihasilkan dari MODIS, sehingga dapat diperoleh informasi cuaca spasial yang real time dalam cakupan wilayah yang luas.

## DAFTAR RUKUN

Asdak, C, 2002. *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai* Gadjah Mada University Press.

American Geophysical Union, 2002. *Water vapor in the climate system*. Florida Ave., N.W., Washington, DC 20009.

Butler, B, 1998. *Precipitable Water at KP 1993 - 1998*. National Radio Astronomy Observatory.

Dirgahayu, D, 2004. *Identifikasi tingkat kehijauan tanaman padi menggunakan EVI (Enhanced Vegetation Index) MODIS 250 m*. Proceeding PIT

MAPIN ke 13 22 - 23 Desember, Jakarta.

Gao, B. C. and Y.J. Kaumian, 2003. *Water vapor retrievals using moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) near-infrared channels*. J. Geophys Research. Vol. 108, No. D13, 4389: 1 - 10.

Gao, B.C.; P. Yang; G. Guo; S.K. Park; W.J. Wiscombe; and B. Chen, 2003. *Measurements of water vapor and high clouds over the Tibetan Plateau with the Terra MODIS Instrument* IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Vol. 41, No.4: 895-900

Handoko, 1995. *Klimatologi Duser*. Pustaka Jaya.

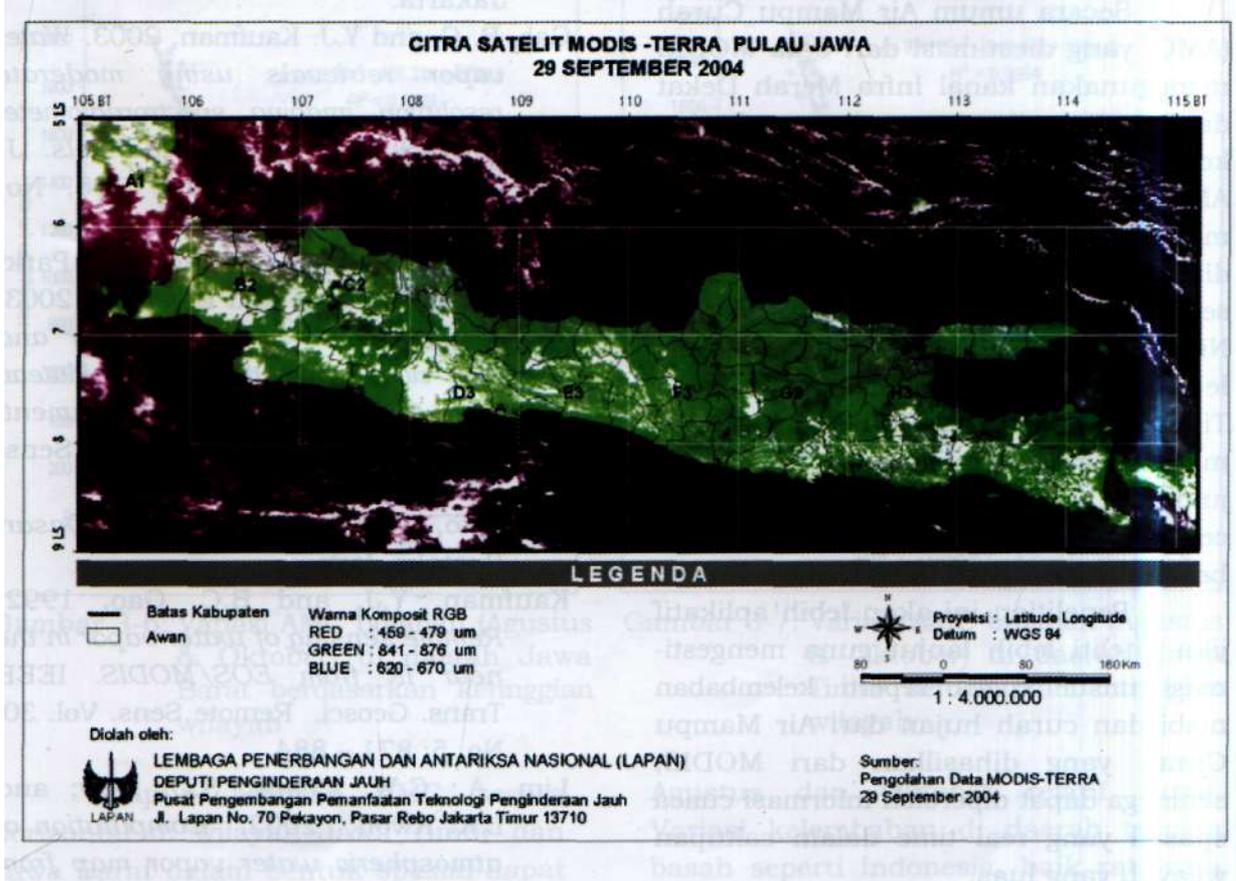
Kaufman, Y.J, and B.C. Gao, 1992. *Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Vol. 30, No. 5: 871-884.

Lim, A.; C.W. Chang; S.C. Liew; and L.K. Kwoh; 2002. *Computation of atmospheric water vapor map from MODIS data for cloud-free pixels*. Centre for Remote Imaging, Sensor and Processing (CRISP). National Univ of Singapore.

Prasasti, I, 2004. *Model ekstraksi data NOAA - TOVS/NOAA - KLM -ATOVS untuk pendugaan jeluk dan peluang curah hujan uMayah*. Laporan Akhir Riset Unggulan Kemandirian Kedirgantaraan (RUKK). LAPAN.

Sobrino, J.A.; J.E. Kharraz; and Z.L. Li, 2003. *Surface temperature and water vapor retrieval from MODIS data*. Int. J. Remote Sens, Vol. 24, No. 24: 5161-5182.

Lampiran 1. Contoh citra satelit MODIS - TERRA yang telah dikroping untuk Pulau Jawa



Lampiran 2. Contoh informasi spasial Air Mampu Curah dan fase pertumbuhan padi di Lahan Sawah dari Data MODIS

