

## ANALISA PERUBAHAN CUACA DI PULAU SUMATERA AKIBAT KEBAKARAN HUTAN DENGAN DATA *WATER VAPOR* DARI CITRA SATELIT TERRA MODIS

Oktalia Triananda Lovita<sup>1</sup>, Mokhammad Nur Cahyadi<sup>2</sup>, Muhammad Taufik<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Politeknik Aceh Selatan, Jl. Merdeka Aceh - Indonesia

<sup>2,3</sup>Teknik Geomatika, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 60111 - Indonesia

E-mail: Oktalia.t.lovita@gmail.com

### Abstract

Forest fires in Sumatra lead to a very extreme climate changes around the earth, so there would still be a difficult job for atmosphere researchers. This research was conducted to know the weather conditions by determining the condition of Water Vapor (WV) on the island of Sumatra. Monitoring the condition of WV can be done by using remote sensing techniques, by processing the image satellite data namely Terra Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Data calculation condition WV, as one of the parameters of dynamic atmosphere. The data comes from Terra Modis satellite image, the data on Canal 2, 5, 17, 18 and 19 with a wavelength range; 0,865 $\mu$ m, 1.24  $\mu$ m, 0.905  $\mu$ m, 0.936  $\mu$ m and 0,940  $\mu$ m. From these results obtained from the average value of Water Vapor before and after fires in 2012. Water Vapor taken from TERRA MODIS satellite imagery (y) with a correction factor of 0.9865. Although the correlation (r) between Water Vapor from MODIS data is high, it can be seen that between Water Vapor in 2012 ranged between 3-8 cm. 82%, however only about 68% of Water Vapor MODIS diversity that can be presented by the equation model to approach the actual value of Water Vapor. With these data will greatly affect the weather cycle in Indonesia.

**Keywords:** Climates, Water Vapor, TERRA MODIS

### 1. Pendahuluan

Dalam mencapai keasrian kawasan hutan pemerintah terus berupaya untuk meningkatkan Upaya intensifikasi dapat dilakukan diantaranya dengan pengaturan pemberian pupuk, pengendalian hama penyakit tanaman, dan pengaturan pemberian air irigasi sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Sedangkan ekstensifikasi dilakukan dengan memperluas areal tanaman. Sementara itu pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman dipengaruhi oleh faktor internal (genetik) dan faktor eksternal, yaitu kondisi tanah dan iklim setempat. Faktor iklim merupakan faktor yang sulit dikendalikan karena bersifat dinamis dari waktu ke waktu. Oleh karenanya diperlukan pemantauan kondisi cuaca yang intensif guna mengantisipasi adanya gangguan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman di suatu areal perhutanan.

Pemantauan kondisi tanaman dan kondisi cuaca dalam skala luas dan real time dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, salah satunya dengan satelit Terra/Aqua yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spektoradiometer*). 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 Hutan di Pulau Sumatera. Sedangkan penelitian mengenai pemantauan kondisi cuaca dari data MODIS di Indonesia belum banyak dilakukan. Salah satu kondisi atmosfer yang dapat diturunkan dari data MODIS adalah precipitable water Melalui pendekatan jumlah *Water Vapor* di atmosfer<sup>[3]</sup>.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengkaji *Water Vapor* dari data MODIS di wilayah Pulau Sumatera. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi awal kondisi cuaca secara spasial untuk kemudian dianalisis dan dikembangkan lebih lanjut oleh instansi pemerintah terkait (Departemen Kehutanan) dalam upaya-upaya penyelamatan tanaman flora dan fauna khususnya di Pulau Sumatera.

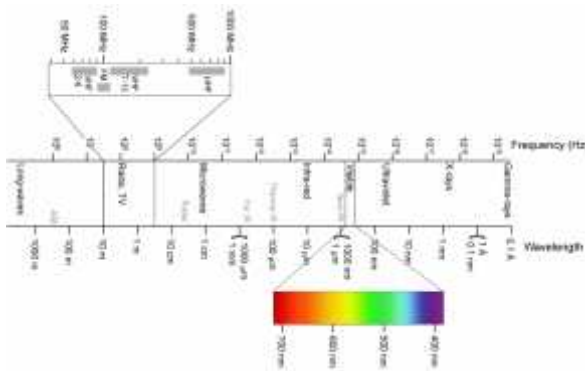
### *Konsep Dasar Penginderaan Jauh*

Penginderaan jauh adalah pengetahuan dan seni untuk mendapatkan informasi tentang obyek, area atau fenomena dengan analisis dari data yang diperoleh dengan peralatan tanpa melakukan kontak langsung dengan obyek, area atau fenomena yang diamati. Data yang diperoleh dari penginderaan jauh dapat berbentuk hasil dari variasi daya, gelombang bunyi atau energi elektromagnetik. Sebagai contoh

grafimeter memperoleh data dari variasi daya tarik bumi (gravitasi), sonar pada sistem navigasi memperoleh data dari gelombang bunyi dan mata memperoleh data dari energi elektromagnetik.<sup>[7]</sup>

### Prinsip Gelombang Elektromagnetik dan Sumber Energi

Spektrum radiasi elektromagnetik merupakan rentang menyeluruh dari radiasi gelombang elektromagnetik, mulai dari panjang gelombang yang terpanjang (gelombang radio) sampai yang terpendek (sinar gamma) yang merupakan produk dari atom-atom radioaktif. Perbedaan mendasar dari gelombang – gelombang ini terletak pada panjang gelombangnya yang berhubungan langsung dengan energi yang dibawa oleh gelombang tersebut. Semakin pendek panjang gelombang dari suatu radiasi, akan semakin tinggi energinya<sup>[1]</sup>.



Gambar 1. Panjang Gelombang pada Spektrum Elektromagnetik

### Satelit TERRA MODIS

Satelit EOS AM, yang akhir-akhir ini dinamakan TERRA, diluncurkan pada Desember 1999. TERRA membawa lima instrumen *remote sensing* yang mencakup MODIS dan ASTER. (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflectance Radiometer*) ASTER adalah sebuah spektrometer citra beresolusi tinggi. Instrumen ASTER didesain dengan tiga *band* pada *range* spektral (*visible* dan *near-infrared*) VNIR dengan resolusi 15 m, enam *band* pada (*spektral short-wave infrared*) SWIR dengan resolusi 30 m dan lima *band* pada *thermal infrared* dengan resolusi 90 m. *Band* VNIR dan SWIR mempunyai lebar *band* spektral pada orde 10. Dengan penempatan (*pointing*) pada target yang sama dua kali, ASTER dapat mendapatkan citra stereo beresolusi tinggi. Cakupan *scan* dari citra adalah 60 km dan *revisit time* sekitar lima hari. MODIS mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1 sampai 2 kali dalam sehari dengan *whisk-broom scanning imaging radiometer*.

Tabel 1. *Band* MODIS dan Kegunaannya

Kn1	Spektrum	Kegunaan
1	620 - 670 nm	Lahan/ Awan/ Aerosol Boundaris
2	841 - 876 nm	
3	459 - 479 nm	
4	545 - 565 nm	
5	1230 - 1250 nm	
6	1628 - 1652 nm	
7	2105 - 2155 nm	Lahan/ Awan/ Aerosol Boundaris
8	405 - 420 nm	
9	438 - 448 nm	Ocean color/ Fitoplankton/ Biogeokimia
10	483 - 493 nm	
11	526 - 536 nm	
12	546 - 556 nm	
13	662 - 672 nm	
14	673 - 683 nm	
15	743 - 753 nm	Uap Air Atmosfir
16	862 - 877 nm	
17	890 - 920 nm	
18	931 - 941 nm	Surface/ Temperatur Awan
19	915 - 965 nm	
20	3.660-3.840 um	
21	3.929-3.989 um	Temperatur Atmosfir
22	3.929-3.989 um	
23	4.020-4.080 um	Awan Cirrus/ Uap Air
24	4.433-4.498 um	
25	4.482-4.549 um	Sifat Awan
26	1.360-1.390 um	
27	6.535-6.895 um	Ozone
28	7.175-7.457 um	
29	8.400-8.700 um	Surface/ Temperatur Awan
30	9.580-9.880 um	
31	10.780-11.280 um	Cloud Top Altitude
32	11.770-12.270 um	
33	13.185-13.485 um	
34	13.485-13.785 um	
35	13.785-14.085 um	
36	14.085-14.385 um	

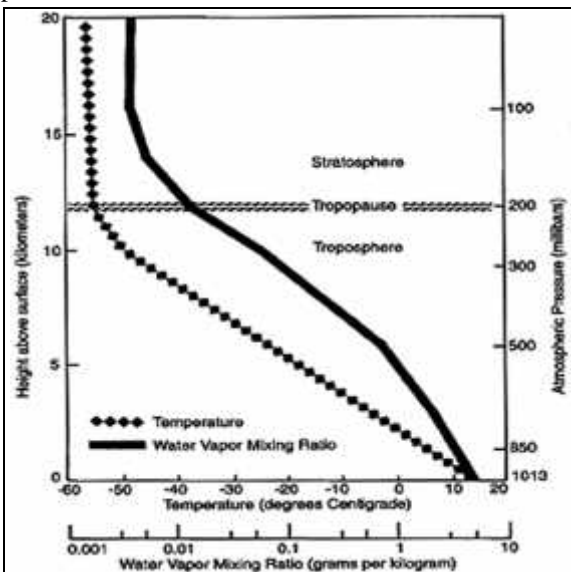
### Precipitable Water Vapor

Uap air merupakan perwujudan air dalam bentuk gas. Jumlah kandungan uap air di udara dapat disebut dengan kelembaban udara yang dapat diekspresikan dalam jumlah aktualnya, atau konsentrasinya di udara, serta dari rasio jumlah actual. Jika semua uap air di udara pada suatu waktu terkondensasi dan

jatuh sebagai hujan, maka uap air tersebut dapat dinyatakan sebagai precipitable water Vapor. Jumlah uap air yang terkandung pada mass udara merupakan indikator potensi atmosfer untuk terjadinya presipitasi

Keberadaan uap air di atmosfer dapat dijelaskan dari siklus hidrologi yang terdiri uap air di atmosfer dapat dijelaskan pada Gambar 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 [2]

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.



Gambar 2. 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).

#### Penurunan Nilai Water Vapor dari Data MODIS

Metoda penginderaan jauh pada prinsipnya didasarkan pada pendeteksian absorpsi radiasi matahari oleh uap air. Radiasi matahari adalah radiasi

matahari yang direfleksikan setelah ditransmisikan ke permukaan bumi [7].

MODIS kanal 2, 5, 17, 18 dan 19 dengan tengah panjang gelombang 0.865, 1.24, 0.905, 0.936 dan 0.940  $\mu\text{m}$  digunakan dalam mengungkap jumlah kandungan uap air (Tabel 1). Kanal 0.865  $\mu\text{m}$  dan 1.24  $\mu\text{m}$  merupakan kanal yang tidak diserap oleh uap air, sedangkan kanal 0.905  $\mu\text{m}$ , 0.935  $\mu\text{m}$ , dan 0.940  $\mu\text{m}$  merupakan kanal yang diserap oleh uap air [6]

Tabel 2. Posisi dan rentang kanal (bandwidth) dari kanal IR MODIS yang digunakan dalam mengungkap uap air.

Kanal MODIS	Posisi ( $\mu\text{m}$ )	Bandwith ( $\mu\text{m}$ )	Sifat
2	0.865	0.040	Non absorpsi
5	1.240	0.020	Non absorpsi
17	0.905	0.030	Absorpsi
18	0.936	0.010	Absorpsi
19	0.940	0.050	Absorpsi

Transmitans uap air atmosfer yang tepat dapat diturunkan dengan melakukan perbandingan reflektansi 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  $\mu\text{m}$ ) dapat diperoleh dengan menggunakan Pers (1) berikut:

$$T_{\text{abs}}(0.94 \mu\text{m}) = \frac{T_{\text{non-abs}}(0.94 \mu\text{m})}{R_{\text{abs}}(0.865 \mu\text{m})} \quad (1)$$

dimana  $T_{\text{abs}}$  adalah transmitans pada kanal absorpsi;  $R_{\text{abs}}$  adalah reflektansi terukur pada sensor. Sebagian besar permukaan daratan 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  $\mu\text{m}$ . Sehingga, persamaan (1) 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:

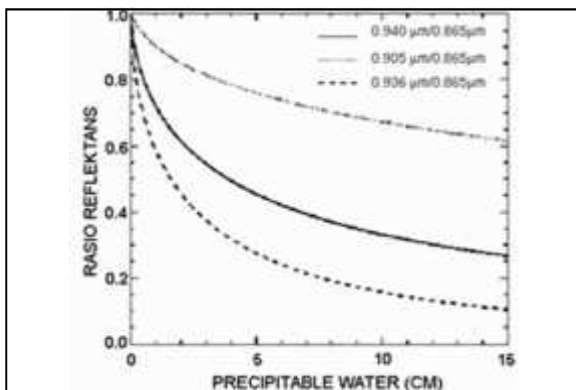
$$T_{\text{air}}(\lambda_0) = \frac{p^*(\lambda_0)}{C_1 p^*(\lambda_1) + C_2 p^*(\lambda_2)} \quad (2)$$

$$C_1 = \frac{\lambda_2 - \lambda_0}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad \text{dan} \quad C_2 = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

dimana  $T_{abs}$  adalah transmitansi pada kanal absorpsi;  $R^*$  adalah reflektansi terukur pada sensor;  $\lambda_0$  adalah nilai tengah panjang gelombang kanal absorpsi (kanal 17, 18, 19);  $\lambda_1, \lambda_2$  adalah nilai tengah panjang gelombang kanal non-absorpsi (kanal 2, 5).

Teknik perbandingan 3 kanal dapat digunakan untuk menurunkan jumlah kandungan uap air di atmosfer pada daerah permukaan daratan yang bebas awan, sedangkan teknik perbandingan 2 kanal digunakan pada wilayah *sun glint* di laut, serta di awan. Wilayah laut yang bebas dari awan dan *sun glint* menyerap kuat spektral radiasi pada panjang gelombang yang lebih dari  $0.8 \mu m$ , 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<sup>[7]</sup>.

Kaufman dan Gao dalam penelitiannya pada tahun 1992 dan 2003 mengenai penurunan uap air dari satelit, juga menganalisis korelasi antara nilai transmitansi uap air dengan jumlah *Water Vapor*. Korelasi tinggi hubungan antara transmitansi uap air pada kanal 19 ( $0.940 \mu m$ ) dengan *Water Vapor* didapatkan dalam bentuk eksponensial ( $r^2 = 0.999$ ). Adapun grafik hubungan antara transmitansi uap air yang diperoleh dari metode perbandingan 2 kanal, dengan *Water Vapor* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Simulasi nilai rasio reflektansi dari 2 kanal (kanal absorpsi/ kanal non-absorpsi) sebagai fungsi dari jumlah *Water Vapor* (*precipitable water*) pada jalur matahari-permukaan-sensor.

Dalam kondisi atmosferik yang sama, serapan spektral radiasi oleh uap air pada 3 kanal absorpsi masing-masing mempunyai sensitivitas yang berbeda-beda. Rata-rata jumlah *Water Vapor* pada suatu kondisi atmosfer dapat diturunkan berdasarkan Pers (3) berikut<sup>[10]</sup>.

$$W = f_1 W_1 + f_2 W_2 + f_3 W_3 \quad (3)$$

dimana  $W_1, W_2$ , dan  $W_3$  adalah *Water Vapor* yang diturunkan dari kanal 17 ( $0.905 \mu m$ ), kanal 18 ( $0.936 \mu m$ ), dan kanal 19 ( $0.940 \mu m$ ). Sedangkan  $f_1, f_2$ , dan  $f_3$  merupakan fungsi pembobot masing-masing kanal berdasarkan sensitivitas transmitansi ( $T_i$ ) di setiap kanal ( $i$ ) terhadap *Water Vapor* ( $W$ ), dapat digambarkan dalam Pers (4) berikut:

$$f_i = \frac{T_i}{T_1 + T_2 + T_3}; \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

## 2. Metode dan Peralatan

Metode yang digunakan untuk verifikasi hasil pengolahan *Water Vapor* dari data MODIS adalah dengan menggunakan metode regresi dan korelasi terhadap hasil estimasi *Water Vapor* dari data MODIS dengan acuan hasil perhitungan *Water Vapor* dari data Citra Satelit TERRA MODIS. Selain itu juga dilakukan analisis *Water Vapor* di wilayah Pulau Sumatera.

Agar dapat diaplikasikan dalam bidang Kehutanan, maka jumlah kandungan uap air di atmosfer yang diestimasi dari data satelit perlu direpresentasikan dalam nilai uap air pada citra satelit TERRA MODIS. Melalui analisis korelasi maka dapat diketahui besarnya kandungan uap air di atmosfer. Metode ini dilakukan untuk menghasilkan nilai uap yang didapat dari nilai citra satelit terra modis.

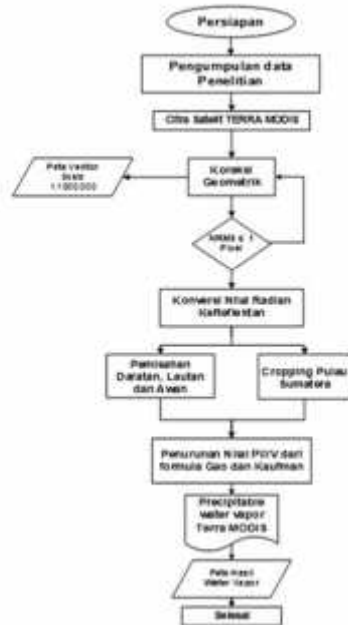
### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Hardware (Perangkat Keras)
  - Perangkat PC
  - Notebook
  - Printer
- b. Software (Perangkat Lunak)
  - Microsoft Excel 2013
  - Microsoft Word 2013
  - Microsoft Visio 2007
  - Arc Gis 10.3
  - ENVI 5.1



Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah:



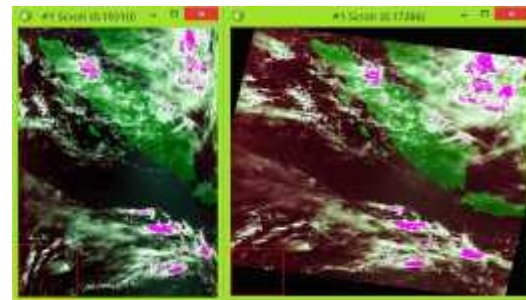
Gambar 4. Diagram Alir Tahapan Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengolahan Data Citra

##### 3.1.1 Koreksi Geometrik

Pada penelitian ini, koreksi geometrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta dengan membuat GCP pada citra. Pada koreksi geometrik langkah yang dilakukan adalah penentuan titik kontrol tanah (ground control point atau GCP) dengan menggunakan peta yang telah disiapkan sebelumnya, kemudian dilakukan transformasi koordinat dengan menggunakan titik kontrol tanah tersebut. Dalam proses transformasi digunakan 20 titik kontrol (GCP) yang memiliki RMS error  $< 1$  piksel. Proses koreksi geometrik dilakukan dengan meletakkan sejumlah titik sesuai dengan koordinat citra dan koordinat geografis. Akurasi tergantung pada orde polinomial, jumlah dan distribusi titik kontrol tanah. Akurasi koreksi geometrik biasanya disajikan oleh standar deviasi (Root Mean Square = RMS) per unit piksel pada citra. Akurasi tersebut seharusnya bernilai  $\pm 1$  piksel. Dari proses koreksi bowtie yang telah dilakukan untuk semua data citra modis dapat dilihat pada gambar berikut:



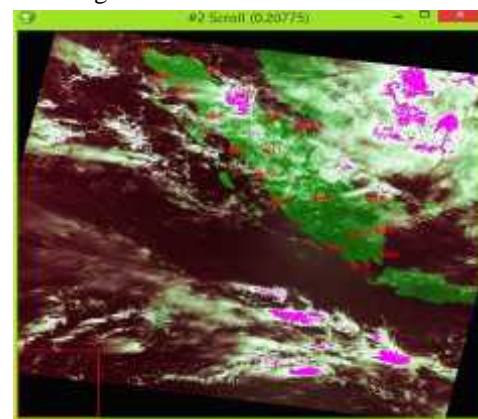
(a) (b)

Gambar 5. (a) Hasil sebelum koreksi Bowtie, (b) Hasil Sesudah koreksi Bowtie Citra Satelit TERRA MODIS, MOD L1b 10 Februari 2012.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa citra sebelum dan sesudah koreksi berbeda posisi dan bentuknya, tujuan dari koreksi *bowtie* dilakukan untuk menghilangkan duplikasi data pada baris-baris tertentu, terutama yang jauh dari nadir. Pada proses georeferensi ini dilakukan pemilihan band yang akan kita gunakan dalam pengolahan algoritma untuk menghitung nilai *precipitable water vapor*. Sehingga data yang digeoreferensi tidak memilih semua band. Kanal yang digunakan pada citra satelit Terra MODIS untuk menurunkan transmittan uap air antara lain kanal 2 dan kanal 5 sebagai kanal non-absorbs dengan nilai panjang gelombang masing-masing yaitu  $0.865 \mu\text{m}$  dan  $1.240 \mu\text{m}$ . Kanal 17, 18 dan 19 digunakan sebagai kanal absorpsi dengan nilai panjang gelombang masing-masing kanal sebesar  $0.905 \mu\text{m}$ ,  $0.936 \mu\text{m}$  dan  $0.940 \mu\text{m}$ . akan tetapi masih ada penyimpangan dari piksel yang menunjukkan posisi sehingga perlu dilakukan proses selanjutnya, yaitu koreksi geometrik.

##### 3.1.2. Hasil Uji Ketelitian RMSE

Dari proses koreksi geometrik yang telah dilakukan untuk semua data citra modis dapat dilihat pada keterangan dibawah ini:



Gambar 6. (a) Hasil GCP Pada Citra Sateli TERRA MODIS, MOD L1b 10 Februari 2012.

Hal ini dilakukan dikarenakan adanya titik yang mengalami pergeseran dimana titik sampel di laut yang masuk ke dalam piksel. Proses geometrik pada citra pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peta administrasi Indonesia skala 1:1.000.000. Batas toleransi untuk kesalahan RMSe adalah = 1 piksel, sehingga jika nilai RMSe saat pengolahan koreksi geometrik lebih besar dari 1 piksel maka harus diulang dalam peletakan titik-titik GCP sampai RMSe dalam koreksi geometrik ini bernilai kurang dari 1 piksel.

Tabel 4. Hasil ERMS Error Citra satelit Terra Modis

Titik	Titik GCP Peta		Titik GCP MOD L1B (10/8/2012)		Error X (Pixel)	Error Y (Pixel)	RMS (Pixel)
	X (Pixel)	Y (Pixel)	X (Pixel)	Y (Pixel)			
1	1448.00	953.00	1448.00	953.00	0.00	0.00	0.20
2	1395.00	1156.00	1395.00	1156.00	0.00	0.00	0.34
3	1700.25	987.50	1700.25	987.50	0.00	0.00	0.07
4	1775.25	1331.00	1775.25	1331.00	0.00	0.00	0.00
5	1875.75	1167.50	1875.75	1167.50	0.00	0.00	0.06
6	1885.00	1305.50	1885.00	1305.50	0.00	0.00	0.00
7	1889.50	1543.50	1889.50	1543.50	0.00	0.00	0.12
8	2005.00	1484.50	2005.00	1484.50	0.00	0.00	0.01
9	2365.00	1439.75	2365.00	1439.75	0.00	0.00	0.11
10	2187.00	1678.75	2187.00	1678.75	0.00	0.00	0.00
11	2097.00	1846.50	2097.00	1846.50	0.00	0.00	0.23
12	2369.00	1833.75	2369.00	1833.75	0.00	0.00	0.04
13	2383.25	2122.50	2383.25	2122.50	0.00	0.00	0.05
14	2663.75	1749.00	2663.75	1749.00	0.00	0.00	0.09
15	2471.50	2059.75	2471.50	2059.75	0.00	0.00	0.43
16	2509.25	2239.00	2509.25	2239.00	0.00	0.00	0.00
17	2644.00	2077.25	2644.00	2077.25	0.00	0.00	0.60
18	2571.75	2185.75	2571.75	2185.75	0.00	0.00	0.00
19	2643.75	2129.50	2643.75	2129.50	0.00	0.00	0.00
20	2620.75	2238.25	2620.75	2238.25	0.00	0.00	0.00
Total RMS Error							2.37
Rata-rata RMS Error							0.12

Sumber: Hasil Analisis, 2012

error Proses koreksi geometrik pada citra ini sudah memenuhi toleransi yang batas kesalahan koreksi geometrik kurang dari 1 piksel. Dari hasil koreksi geometrik citra satelit TERRA MODIS diperoleh nilai rata-rata RMS Error untuk citra tahun 2010 sebesar 0.08, tahun 2011 sebesar 0.06, dan tahun 2012 sebesar 0.12. Dalam pengolahan koreksi geometrik di anggap benar apabila nilai dari  $RMS_{error}$  1 pixel yang mana nilai tersebut bertujuan untuk mengurangi kesalahan pada titik kontrol. Apabila nilai dari RMS 1 pixel maka titik tersebut harus dikoreksi kembali. Hasil  $RMS_{Error}$  dari keenam citra satelit TERRA MODIS yang digunakan dalam penelitian memiliki nilai 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasilnya telah memenuhi kriteria dari koreksi geometrik. Sehingga citra tersebut telah menjadi citra yang terkoreksi secara geometrik.

### 3.2 Hasil Precipitable Water Vapor (PWV) dari Citra Satelit Terra MODIS

Secara umum *precipitable water vapor* (PWV) yang diestimasi dari data Terra MODIS dengan menggunakan kanal absorpsi (17, 18 dan 19) dan non-

absorpsi (2 dan 5) dapat digunakan untuk memonitoring kondisi cuaca di beberapa wilayah yang tersebar di Pulau Sumatera. Pola distribusi PWV pada lokasi penelitian dapat dilihat pada table berikut ini:

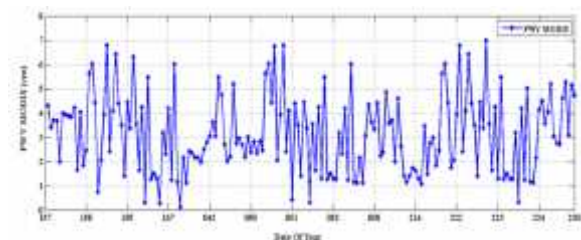
Tabel 3.2 Hasil PWV dari Citra Satelit Terra Modis

Doy	Mfin	Max	Std	Nilai Rerata PWV (cm)	Tanggal	Keterangan
214	1,146	3,469	0,813	1,917	01 Agustus 2012	Sebelum
222	1,747	6,786	1,883	3,985	09 Agustus 2012	
223	1,280	7,000	1,810	3,466	10 Agustus 2012	Kebakaran
224	0,310	5,015	1,645	1,870	11 Agustus 2012	
230	2,711	5,271	0,984	4,051	17 Agustus 2012	Sesudah

Sumber: Data pengolahan Citra Satelit TERRA MODIS

Hasil yang diperoleh terhadap penyebaran *precipitable water vapor* (PWV) dari pengolahan data citra satelit Terra MODIS, berdasarkan variasi waktu pada Juni 2010 – Agustus 2012 semenjak sebelum, sesudah atau pada saat terjadi keakaran hutan menunjukkan nilai *water vapor* yang tidak jauh berbeda (lihat Tabel 4.2). Pada tanggal 10 Agustus 2012 aktivitas kebakaran hutan mengalami peningkatan, rerata sebaran jumlah *water vapor* semakin tinggi dengan kisaran nilai rata-rata *water vapor* adalah 7,000 cm dibandingkan dengan nilai PWV harian lainnya. Hal ini mungkin disebabkan kebakaran hutan yang menyebar ke lapisan atmosfer masih memengaruhi proses radiasi matahari ke permukaan bumi.

Selain nilai *precipitable water vapor* (PWV) dari masing-masing stasiun, perlu juga dibuatkan grafik gabungan nilai *precipitable water vapor* (PWV) yang diperoleh dari Citra satelit TERRA MODIS untuk mengetahui total nilai *precipitable water vapor* secara pasti (Gambar 3.2).

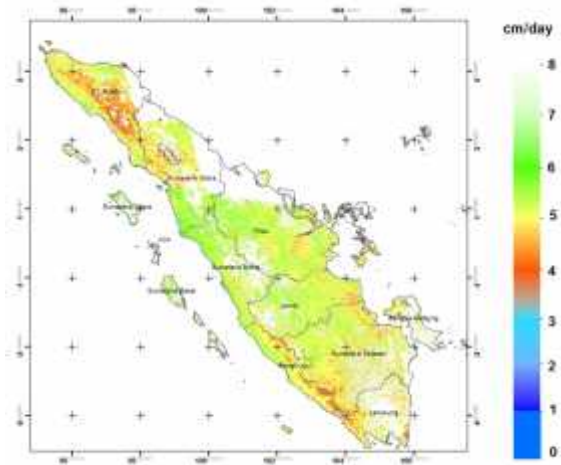


Gambar 7. Grafik Nilai PWV dari pengolahan data dari citra satelit TERRA MODIS

Dari gambar 7 diatas dapat disimpulkan bahwa nilai rerata *precipitable water vapor* di Pulau Sumatera pada saat kebakaran hutan yang diukur dengan menggunakan teknik Penginderaan jauh, didapatkan nilai minimal PWV adalah 0,121 cm, nilai maksimal PWV adalah 7,000 cm, nilai reratanya adalah 2,308 cm dan standar deviasi (std) adalah 1.325 cm.

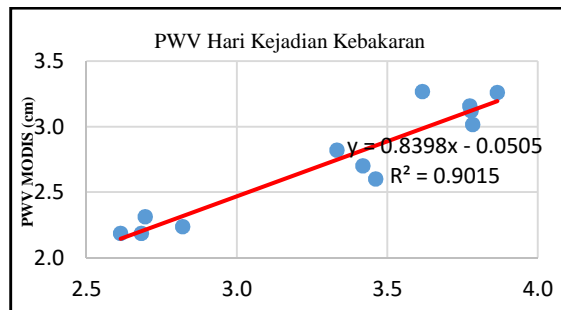
### 3.3 Hasil Verifikasi PWV dari Data MODIS dan Data GPS

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, 2002; Butler, 1998). Sehingga dalam verifikasi nilai PWV dari MODIS terhadap PWV dari GPS digunakan asumsi bahwa hasil estimasi PWV dari MODIS



Gambar 8. Peta Informasi Spasial Water Vapor (cm/day) dari data Terra MODIS tanggal 10 Agustus 2012 di wilayah Pulau Sumatera.

Maka analisis WATER VAPOR dari data Citra Satelit TERRA MODIS. Berkisar Antara 3 – 8 cm. Hasil verifikasi Water Vapor di Pulau Sumatera pada periode tahun 2012 menunjukkan bahwa Water Vapor yang diestimasi dari data MODIS rata-rata mempunyai nilai simpangan baku sebesar  $\pm 1.6$  cm.



Gambar 9. Hasil perbedaan Antara PWV GPS dan PWV Citra Sateli Terra Modis dipulau Sumatera pada tahun 2012.

Dari grafik diatas menunjukkan hasil rentang kisaran *water vapour* pada tahun 2012, Analisis ini dilakukan dengan melihat pola distribusi harian. Nilai variasi spasial PWV ini didapatkan dari nilai rerata

PWV, maka diasumsikan bahwa efek dari interpolasi karena sebaran *water vapour* yang kurang rapat dianggap tidak berpengaruh. Pada (Gambar 3.4) dapat dilihat bahwa pada peta spasial yang ditampilkan memiliki pola distribusi PWV yang cukup rendah, yaitu  $\pm 3 - 8$  cm. untuk mengetahui besar korelasi antara dua variable ini. Dari hasil perhitungan menggunakan *regression Linier* didapatkan nilai korelasi 7,04%. Hal ini karena proses pergerakan kandungan uap air yang dipengaruhi oleh fenomena siklus Monsun Asia-Australia juga karena perbedaan kondisi topografi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keadaan topografi mempengaruhi pola distribusi PWV

### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa informasi yang penting, yaitu antara lain:

1. Secara umum *Precipitable Water Vapor* (PWV) yang diestimasi dari data MODIS Penyebaran PWV dari MODIS mempunyai korelasi sangat tinggi ( $r^2 = 0.2714$ ), dimana PWV cenderung menurun dengan semakin tingginya topografi suatu wilayah. Maka semakin meningkat suhu dipermukaan ketika kebakaran hutan melanda. MODIS mengestimasi kelembaban sekitar  $\pm 54-77\%$ . Secara umum kondisi yang dapat diterima oleh manusia sekitar 30-54%, dimana manusia merasakan kenyamanan nya. Oleh karena itu kebakaran hutan yang melanda pulau sumatera sangat mengganggu aktifitas manusia.
2. Variasi temporal kandungan uap air di Bakosurtanal, Jakarta, Nayang *Tecnological University*, Singapura, Air Bangis Sumatera, Padang, Jambi, Lunnang, Sumatera Barat, Lampung, Manna, Bengkulu, Biouti, Nias, Kp. Mentawai, Sampali Medan dan ujung muloh banda aceh. Pada tahun 2012 berkisar antara  $\pm 3-8$  cm/day (42-98%).

### Daftar Pustaka

- [1] Abidin, H., Jones, A., Kahar, J 2011. *Survey dengan GPS*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [2] 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
- [3] Butler, B., 1998. *Precipitable Water at KP 1993 – 1998*. National Radio Astronomy Observatory
- [4] Gao, B.C. and Y. J. Kaufman, 2003. Water vapor retrievals using moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) near-infrared channels. *J. Geophys Research*. Vol. 108, No. D13,4389: 1 – 10
- [5] 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
- [6] 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
- [7] Lillesand dan Kiefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Dulbahri (Penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [8] Lillesand, Kiefer, dan Chipman,. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. University of Wisconsin, Madison.
- [9] 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
- [10] 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