

## **UAP AIR SEBAGAI KOMPONEN UTAMA GRK DAN KETERKAITANNYA DENGAN VARIASI SPASIOTEMPORAL TEMPERATUR PERMUKAAN INDONESIA**

**Arief Suryantoro**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

Jl. Dr. Djundjunan 133, Bandung, 40173

email: ariefsurya61@gmail.com; ariefsurya@bdg.lapan.go.id

### **ABSTRACT**

*Water vapor as the main component of greenhouse gases, it has unique properties, which can either absorb solar radiation and radiation from the earth, so it affects the air temperature (especially in the troposphere). This is because water vapor is very influential in adiabatic cooling and warming in the troposphere. The purpose of this study was to determine the behavior of the moisture content and relative humidity at the 850 hPa height and its association with the spatial and temporal variation of surface air temperature in parts of Indonesia. The main data used in this study are the moisture content and relative humidity at the 850 hPa height and surface air temperature from the AIRS Level3V5 sensor of EOS Aqua satellite for the January 2008 - December 2010 period. The results showed that the moisture content at the 850 hPa height in the upper ocean region has a IMC (Indonesian Maritime Continent) greater than the value on the mainland / island. Period of January 2010 have a value of moisture content of most large (37,4 – 62,5 kg/m<sup>2</sup>), followed by a period in January 2009 (38,1 – 57,9 kg/m<sup>2</sup>), and the smallest was in the period of January 2008 (42,3 – 56,8 kg/m<sup>2</sup>). Moisture content at the 850 hPa height does not correlate linearly with the surface temperature.*

*Keywords: vapour, greenhouse gases, temperature, troposphere*

### **ABSTRAK**

Uap air sebagai komponen utama gas rumah kaca (GRK) di lapisan troposfer memiliki sifat yang khas, yaitu dapat menyerap baik radiasi matahari maupun radiasi bumi, sehingga sangat berpengaruh terhadap temperatur udara. Hal ini disebabkan karena uap air sangat berpengaruh pada pendinginan dan pemanasan adiabatik di lapisan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku total kolom uap air dan kelembaban relatif pada ketinggian 850 hPa dan keterkaitannya

dengan variasi spasial dan temporal temperatur permukaan di wilayah Indonesia. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data total kolom uap air dan kelembaban relatif pada ketinggian 850 hPa serta temperatur udara permukaan dari sensor AIRS satelit EOS Aqua Level3V5 periode Januari 2008 – Desember 2010. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa total kolom uap air di atas wilayah lautan Benua Maritim Indonesia (BMI) ini memiliki nilai yang lebih besar dibanding di atas wilayah daratan / pulau. Periode Januari 2010 memiliki nilai total kolom uap air yang paling besar (37,4 – 62,5 kg/m<sup>2</sup>), disusul periode Januari 2009 (38,1 – 57,9 kg/m<sup>2</sup>), dan yang terkecil adalah periode Januari 2008 (42,3 – 56,8 kg/m<sup>2</sup>). Total kolom uap air tidak berkorelasi linier dengan temperatur permukaan.

Kata kunci: uap air, GRK, temperatur, troposfer

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai komponen utama gas rumah kaca (GRK), uap air justru memiliki sifat yang khas, yaitu dapat menyerap baik radiasi matahari (gelombang pendek dengan  $\lambda \approx 0,15 \mu\text{m} - 4,0 \mu\text{m}$ ) maupun radiasi bumi (gelombang panjang dengan  $\lambda \approx 4,0 \mu\text{m} - 13,0 \mu\text{m}$ ), sehingga sangat berpengaruh terhadap temperatur udara. Banyaknya dan distribusi vertikal uap air di dalam atmosfer mempengaruhi kestabilan atmosfer. Hal ini disebabkan karena uap air sangat berpengaruh pada pendinginan dan pemanasan adiabatik. Perhitungan dengan menggunakan model atmosfer standar menunjukkan bahwa nilai pemanasan efek rumah kaca total adalah 33,2 K. Nilai ini merupakan sumbangan dari berbagai komponen gas rumah kaca berikut, H<sub>2</sub>O = 20,6 K; CO<sub>2</sub> = 7,2 K; N<sub>2</sub>O = 1,4 K; CH<sub>4</sub> = 0,8 K; O<sub>3</sub> = 2,4 K; NH<sub>3</sub>+Freon+NO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub> = 0,8 K (Kondratyev, 1987).

Administrator Website Kementerian Negara Lingkungan Hidup, (2009) menyatakan bahwa atmosfer bumi makin panas dengan laju setara dengan laju perubahan konsentrasi gas rumah kaca. Aktivitas manusia (*anthropogenic*), khususnya yang berkaitan dengan pemakaian bahan bakar fosil dan alih guna lahan dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan nitrous oksida (NO<sub>2</sub>). Gas-gas inilah yang selanjutnya menentukan peningkatan temperatur udara, karena sifatnya yang dapat meneruskan radiasi gelombang pendek langsung dari

matahari (pada rentang panjang gelombang  $\lambda = 0,15 \mu\text{m} - 4,0 \mu\text{m}$ ) yang tidak bersifat panas, tetapi menahan radiasi gelombang panjang dari permukaan bumi yang bersifat panas (pada rentang panjang gelombang  $\lambda = 4,0 \mu\text{m} - 13,0 \mu\text{m}$ ). Adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dapat memicu terjadinya perubahan iklim. Sebagaimana diketahui, perubahan iklim adalah perubahan elemen iklim (unsur iklim), khususnya temperatur udara dan curah hujan, yang terjadi secara berangsur-angsur dalam jangka waktu yang panjang, antara 50 sampai 100 tahun (*inter centennial*) yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Perubahan yang disebabkan oleh faktor-faktor alami, seperti tambahan aerosol dari letusan gunung berapi tidak diperhitungkan dalam pengertian perubahan iklim.

Penelitian tentang peranan awan dan uap air didalam berinteraksi dengan radiasi matahari dan radiasi bumi yang dapat memberikan pengaruh umpan balik positif atau negatif terhadap sistem iklim bumi telah banyak menarik perhatian, terutama sejak tahun 1980-an seiring dengan adanya isu pemanasan global, (Koenig, 1987). Pada kejadian ENSO 1987, daerah Pasifik ekuator mengalami pemanasan lebih dari 3 K. Pemanasan ini diiringi oleh kenaikan yang signifikan dari efek rumah kaca atmosfer, efek rumah kaca awan terhadap radiasi gelombang panjang, dan efek rumah kaca awan terhadap radiasi gelombang pendek. Hal ini menunjukkan adanya efek umpan balik positif. Umpan balik positif ini diimbangi oleh penurunan / pengurangan yang signifikan dari energi radiasi yang diserap (Ramanathan 2002).

Peran penting lainnya dari uap air sebagai komponen utama GRK maupun sebagai elemen iklim yang dikenal selama ini adalah : uap air merupakan sumber dari semua bentuk kondensasi dan presipitasi. Uap air mengandung bahang laten, dan energi ini dilepaskan ke sekelilingnya kalau uap air mengondensasi. Bahang laten yang dikandung oleh uap air ini merupakan sumber energi yang penting untuk sirkulasi atmosfer dan perkembangan berbagai gangguan atmosfer (misalnya gangguan tropis, depresi tropis, badai tropis dan siklon tropis). Banyaknya uap air di atmosfer merupakan faktor penting yang mempengaruhi besarnya laju evaporasi dan evapotranspirasi. Uap air dapat berubah bentuk menjadi cair atau padat pada

temperatur atmosfer normal. Hal ini berbeda dengan gas atmosfer yang lain. Banyaknya dan distribusi vertikal uap air di dalam atmosfer mempengaruhi kestabilan atmosfer (Prawirowardoyo, 1996).

Respon sistem iklim terhadap gangguan eksternal, misalnya yang disebabkan oleh adanya perubahan ir-radiansi matahari atau masuknya debu-debu antar planet ke dalam atmosfer sangat bergantung pada proses-proses umpan balik didalam sistem. Proses-proses tersebut bisa memperbesar atau memperkecil efek-efek dari gangguan awal. Proses-proses umpan balik yang secara kanonik diketahui memegang peran sangat penting dalam sistem iklim adalah yang berkaitan dengan awan, albedo permukaan, uap air dan *lapse rate*, siklus biogeokimia, kopling atmosfer tengah dan atas. Meskipun telah lama dikenal, dalam model-model sirkulasi atmosfer yang ada pada saat ini, besar dan tanda (positif atau negatif) dari efek akhir proses-proses umpan balik yang berkaitan dengan awan, albedo permukaan, uap air dan *lapse rate*, siklus biogeokimia, kopling atmosfer tengah dan atas saat ini masih memiliki ketidakpastian yang cukup besar, terutama yang menyangkut awan (Ratag, 2001).

Dari hal-hal tersebut di atas, terlihat bahwa uap air sebagai komponen utama GRK maupun sebagai elemen iklim didalam interaksinya dengan radiasi matahari dan radiasi bumi memainkan peran yang sangat penting dalam kesetimbangan radiasi atmosfer-bumi, sirkulasi atmosfer skala global maupun sistem iklim planet bumi. Untuk skala yang lebih kecil, misalnya wilayah Indonesia, perlu dilakukan penelitian / pengkajian yang serupa, mengingat posisi geografis dan kondisi fisik wilayah ini secara umum kaya akan energi termal dan uap air, serta memiliki aktivitas yang tinggi dalam pembentukan awan-awan konvektif (kumulus, kumulus kongestus bahkan kumulonimbus). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perilaku / karakteristik elemen-elemen sistem interaksi daratan-lautan-atmosfer akibat pengaruh dari radiasi matahari dan radiasi bumi dalam kaitannya dengan karakteristik sirkulasi atmosfer dan kesetimbangan energi / panas permukaan yang terjadi di Indonesia. Sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah diketahuinya perilaku total kolom uap air, kelembaban relatif dan keterkaitannya dengan variasi spasial dan temporal temperatur

permukaan di wilayah Indonesia dan sekitarnya (10 °LU-20 °LS; 90 °BT-150 °BT) berbasis observasi satelit EOS (*Earth Observing System*)-Aqua dalam rentang pengamatan Januari 2008 sampai Desember 2010. Dipilihnya perioda Januari 2008-Desember 2010 dengan pertimbangan bahwa pada perioda 2008 sampai 2010 ini bersesuaian dengan terjadinya fenomena La-Niña kuat, El-Niño kuat dan La-Niña kuat lagi secara berturutan.

## 2. DATA DAN METODA

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari sensor AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*) satelit EOS (*Earth Observing System*) Aqua Level3V5. Data tersebut meliputi data harian total kolom uap air dan kelembaban relatif pada ketinggian 850 hPa, serta data temperatur permukaan. Rentang daerah dan waktu yang dipilih adalah wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) dan sekitarnya (10°LU-20°LS; 90°BT-150°BT) perioda Januari 2008 - Desember 2010. Sumber data: <http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3>. Pertimbangan digunakannya perioda 2008, 2009 dan 2010 ini adalah karena pada perioda tersebut ada kejadian/fenomena yang istimewa secara bertututan yaitu La-Niña yang kuat (dengan nilai indeks ONI (*Oceanic Nino Index*) = - 1,5 dalam perioda DJF dan JFM 2008 (Desember, Januari, Februari dan Januari, Februari, Maret 2008) yang diikuti oleh El-Niño kuat juga (dengan nilai indeks ONI = 1,4 dalam perioda OND 2009 (Oktober, Nopember, Desember 2009), yang diawali dalam perioda JJA (Juni, Juli, Agustus) 2009 pada nilai indeks ONI = 0,5 dan kembali diikuti terjadinya La-Niña yang kuat pula (dengan nilai indeks ONI = - 1,5 dalam perioda SON, OND dan NDJ 2010 (September, Oktober, Nopember 2010; Oktober, Nopember, Desember 2010 dan Nopember, Desember 2010, Januari 2011), CPC-NCEP-NOAA, (2012).

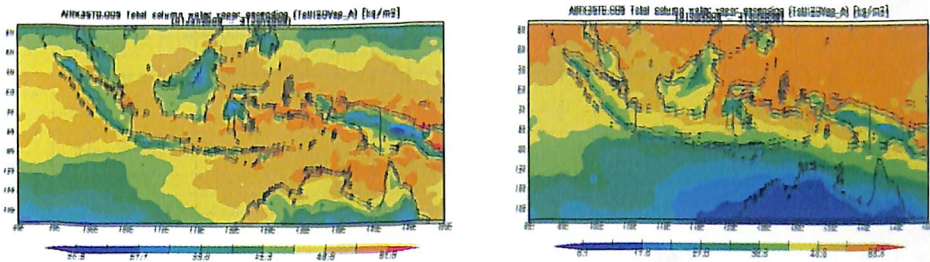
Identifikasi perilaku total kolom uap air dan kelembaban relatif pada ketinggian 850 hPa, dan keterkaitannya dengan variasi spasial dan temporal temperatur permukaan di wilayah Indonesia dan sekitarnya, berbasis observasi satelit EOS (*Earth Observing System*)-Aqua dalam rentang pengamatan Januari 2008 sampai Desember 2010, yang bersesuaian dengan terjadinya fenomena La-Niña kuat yang diikuti dengan El-Niño yang kuat dan kembali diikuti terjadinya La-Niña yang kuat tersebut

dilakukan dengan cara menelusuri nilai-nilai data / parameter secara spasial dan temporal pada rentang daerah dan waktu yang dipilih.

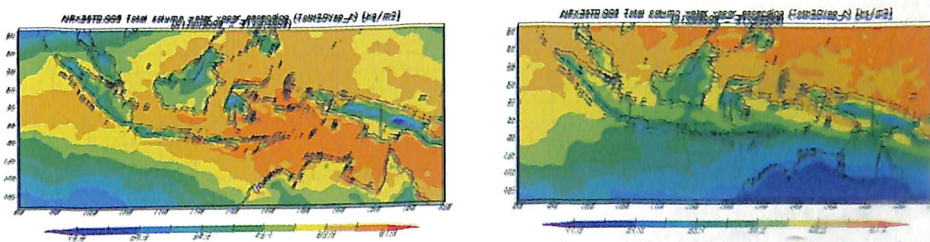
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 HASIL

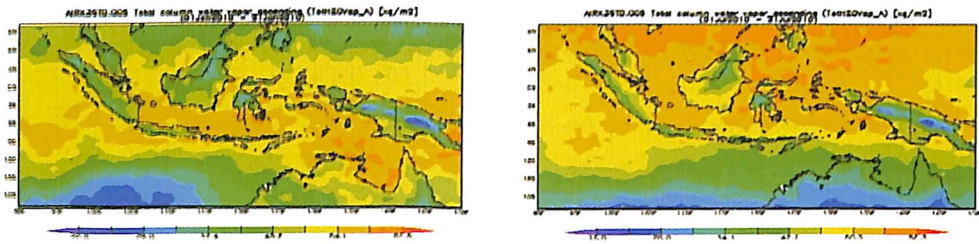
Pola harian total kolom uap air dan kelembaban relatif pada ketinggian 850 hPa, dan temperatur permukaan di wilayah Indonesia dan sekitarnya ( $10^{\circ}\text{LU}$ - $20^{\circ}\text{LS}$ ;  $90^{\circ}\text{BT}$ - $150^{\circ}\text{BT}$ ) periode Januari 2008, Juli 2008, Januari 2009, Juli 2009, Januari 2010 dan Juli 2010 yang bersesuaian dengan kejadian La-Niña kuat, El-Niño kuat dan kembali La-Niña yang kuat lagi, disajikan dalam gambar (1) sampai (18) berikut.



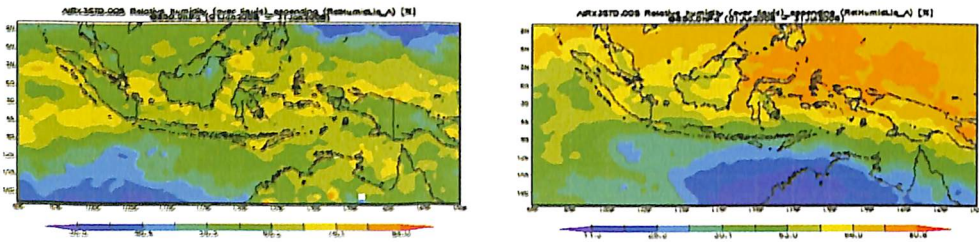
**Gambar 1 dan 2.** Total kolom uap air di Indonesia sampai ketinggian 850 hPa, tahun 2008 untuk Januari (kiri) dan Juli (kanan)



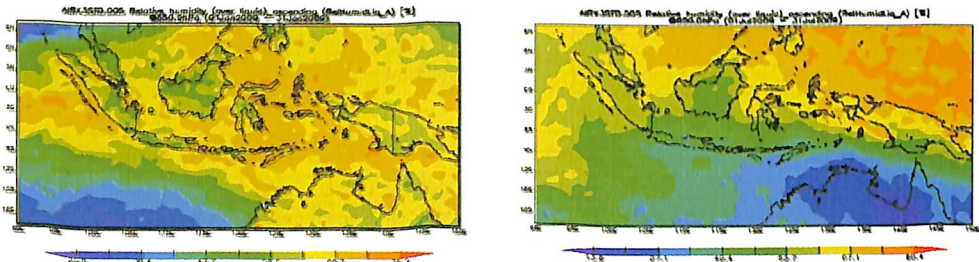
**Gambar 3 dan 4.** Serupa dengan gambar (1), tetapi untuk tahun 2009 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



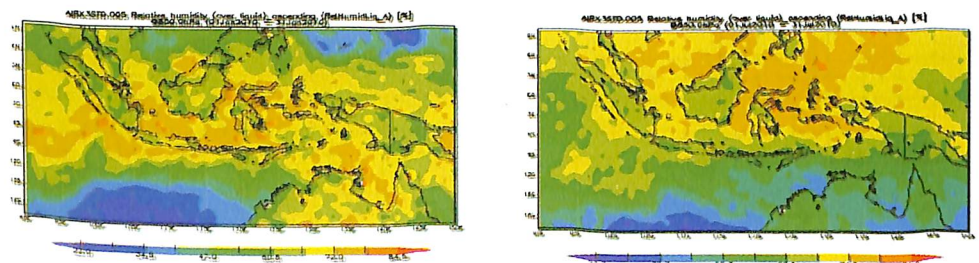
**Gambar 5 dan 6.** Serupa dengan gambar (1), tetapi untuk tahun 2010 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



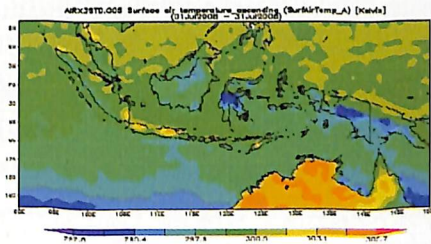
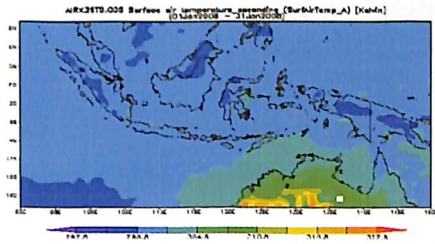
**Gambar 7 dan 8.** Kelembaban relatif di Indonesia ketinggian 850 hPa, tahun 2008 untuk Januari (kiri) dan Juli (kanan)



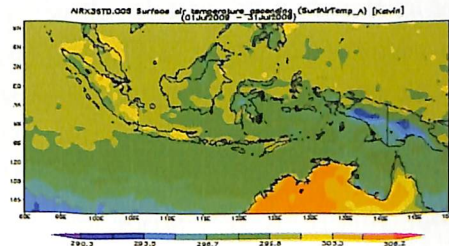
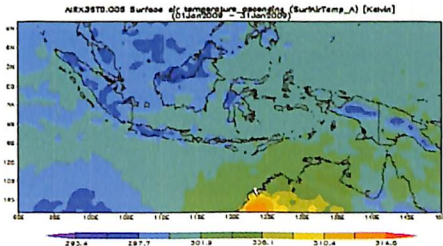
**Gambar 9 dan 10.** Serupa dengan gambar (7) tetapi untuk tahun 2009 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



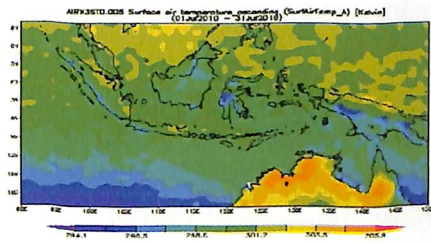
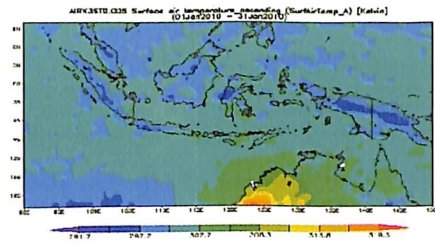
**Gambar 11 dan 12.** Serupa dengan gambar (7) tetapi untuk tahun 2010 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



**Gambar 13 dan 14.** Temperatur permukaan di Indonesia tahun 2008 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



**Gambar 15 dan 16.** Serupa dengan gambar (13), tetapi untuk tahun 2009 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)



**Gambar 17 dan 18.** Serupa dengan gambar (13), tetapi untuk tahun 2010 bulan Januari (kiri) dan Juli (kanan)

### 3.2 PEMBAHASAN

Dari gambar (1), (3) dan (5) terlihat bahwa, total kolom uap air pada periode Januari 2008, 2009 dan 2010, nilai-nilai yang besar berada di hampir seluruh wilayah Indonesia. Wilayah sekitar garis ekuator ( $5^{\circ}\text{LU}-5^{\circ}\text{LS}$ ;  $90^{\circ}\text{BT}-150^{\circ}\text{BT}$ ) secara bercak-bercak (*spotting*) merupakan wilayah yang memiliki total kolom uap air paling besar. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai total kolom uap air yang lebih besar ( $42,3 - 56,8 \text{ kg/m}^2$ ) dibanding daratan / pulau ( $20,5 - 42,3 \text{ kg/m}^2$ ) dalam periode pengamatan 01 - 31 Januari 2008 tersebut (saat La-Niña kuat, dengan indeks ONI = - 1,5 terjadi), sebagaimana disajikan dalam gambar (1) di



atas. Pola (distribusi spasial) total kolom uap air yang serupa juga terjadi pada periode 01 – 31 Januari 2009 (saat masih terjadi La-Niña cukup kuat, dengan indeks ONI = - 0,9). Namun pada periode Januari 2009 ini, bentuk luasan bercaknya lebih besar, meliputi sebagian besar wilayah-wilayah lautan antara Sulawesi dan Papua, dengan nilai total kolom uap air yang lebih besar pula, antara 53,9 – 57,9 kg/m<sup>2</sup>. Pada periode 01 – 31 Januari 2009 ini, sebagaimana disajikan dalam gambar (3) di atas, secara umum total kolom uap air wilayah lautan memiliki nilai yang lebih besar juga (38,1 – 57,9 kg/m<sup>2</sup>) dibanding daratan / pulau (22,4 – 46,0 kg/m<sup>2</sup>). Demikian pula halnya, total kolom uap air yang serupa juga terjadi pada periode 01 – 31 Januari 2010 (saat masih terjadi La-Niña kuat, dengan indeks ONI = - 1,6). Pada periode Januari 2010 ini, bentuk luasan bercaknya lebih besar lagi, meliputi sebagian besar wilayah-wilayah lautan Indonesia antara Sumatera sampai Papua, dengan nilai total kolom uap air yang tertinggi berkisar antara 58,3 – 62,5 kg/m<sup>2</sup>. Pada periode 01 – 31 Januari 2010 ini, secara umum total kolom uap air wilayah lautan memiliki nilai yang lebih besar juga (37,4 – 62,5 kg/m<sup>2</sup>) dibanding daratan / pulau (20,6 – 50,0 kg/m<sup>2</sup>), sebagaimana disajikan dalam gambar (5) di atas.

Sedang dari gambar (2), (4) dan (6) terlihat bahwa pada periode 01 – 31 Juli 2008 (gambar 2), wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki total kolom uap air paling besar. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai total kolom uap air yang lebih besar (36,5 – 55,5 kg/m<sup>2</sup>, bahkan lebih besar dari 55,5 kg/m<sup>2</sup>) dibanding daratan / pulau (17,6 – 36,5 kg/m<sup>2</sup>) dalam periode pengamatan 01 – 31 Juli 2008 tersebut (saat La-Niña lemah, dengan indeks ONI = - 0,3 terjadi), sebagaimana disajikan dalam gambar (2) di atas. Pola (distribusi spasial) total kolom uap air yang serupa juga terjadi pada periode 01 – 31 Juli 2009 (merupakan awal saat terjadi El-Niño, dengan indeks ONI = 0,5). Namun pada periode Juli 2009 ini, bentuk luasan bercaknya lebih besar, meliputi sebagian besar wilayah-wilayah lautan di sebelah utara dari Sumatera sampai Papua, dengan nilai total kolom uap air yang lebih besar pula, antara 48,3 – 57,4 kg/m<sup>2</sup>. Pada periode 01 – 31 Juli 2009 ini,

sebagaimana disajikan dalam gambar (4) di atas, secara umum total kolom uap air wilayah lautan memiliki nilai yang lebih besar juga ( $34,6 - 57,4 \text{ kg/m}^2$ ) dibanding daratan / pulau ( $16,9 - 34,6 \text{ kg/m}^2$ ). Pada perioda 01 - 31 Juli 2010, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar  $6^\circ \text{LS}$ ) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar  $10^\circ \text{LU}$  secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki total kolom uap air paling besar. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai total kolom uap air yang lebih besar ( $46,3 - 58,3 \text{ kg/m}^2$ ) dibanding daratan / pulau ( $18,0 - 46,3 \text{ kg/m}^2$ ) dalam perioda pengamatan 01 - 31 Juli 2010 tersebut (awal saat La-Niña kuat, dengan indeks  $\text{ONI} = -0,8$  terjadi), sebagaimana disajikan dalam gambar (6) di atas.

Secara umum, dari gambar (1) sampai (6) di atas dapat diungkapkan bahwa total kolom uap air di atas wilayah lautan BMI ini memiliki nilai yang lebih besar dibanding di atas wilayah daratan / pulau. Saat La-Niña bulan Juli 2010 memiliki nilai total kolom uap air yang paling besar ( $46,3 - 58,3 \text{ kg/m}^2$ ), disusul pada saat El-Niño Juli 2009 ( $34,6 - 57,4 \text{ kg/m}^2$ ), dan yang terkecil adalah pada saat La-Niña Juli 2008 ( $56,8 \text{ kg/m}^2$ ). Dalam kaitannya dengan terjadinya fenomena El-Niño dan La Niña, maka dapat diungkapkan bahwa saat terjadi fenomena La-Niña total kolom uap air di atas wilayah lautan BMI ini memiliki nilai yang lebih besar ( $36,5 - 55,5 \text{ kg/m}^2$  dan  $46,3 - 58,3 \text{ kg/m}^2$ ), dibanding saat terjadi fenomena El-Niño ( $34,6 - 57,4 \text{ kg/m}^2$ ).

Dari gambar (7) sampai (12) secara umum dapat diungkapkan bahwa untuk elemen iklim kelembaban relatif ini memiliki pola (varasi spasiotemporal) yang serupa dengan total kolom uap air. Dalam rentang pengamatan Januari 2008 sampai Desember 2010, nilai kelembaban relatif di atas wilayah lautan BMI pada umumnya lebih besar dibandingkan di atas daratan / pulau. Pada perioda Januari 2008, nilai kelembaban relatif di atas wilayah lautan berkisar antara  $41,5\% - 81,0\%$ , sedang di atas wilayah daratan / pulau  $51,4\% - 71,2\%$ . Pada perioda ini juga terlihat bahwa sebagian besar wilayah-wilayah lautan di sekitar Sumatera sampai Papua merupakan wilayah dengan nilai kelembaban relatif yang besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (7). Pada perioda Januari 2009, nilai kelembaban relatif di atas wilayah lautan berkisar antara  $25,6\% - 79,5\%$ , sedang di atas wilayah daratan / pulau  $41,5\% - 73,7\%$ . Pada perioda ini

juga terlihat bahwa sebagian besar wilayah-wilayah lautan di sekitar Sumatera sampai Papua merupakan wilayah dengan nilai kelembaban relatif yang besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (9). Demikian pula halnya, pada perioda Januari 2010, nilai kelembaban relatif di atas wilayah lautan berkisar antara 22,0% – 84,5%, sedang di atas wilayah daratan / pulau 47,0% – 72,0%. Pada perioda ini juga terlihat bahwa sebagian besar wilayah-wilayah lautan di sekitar Sumatera sampai Papua merupakan wilayah dengan nilai kelembaban relatif yang besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (11).

Sedang pada perioda 01 – 31 Juli 2008, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10 °LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki kelembaban relatif paling besar. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai kelembaban relatif yang lebih kecil (11,3 – 80,8%, bahkan lebih besar dari 55,5%) dibanding daratan / pulau (39,1 – 88,8%) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2008 tersebut, sebagaimana disajikan dalam gambar (8) di atas. Pada perioda 01 – 31 Juli 2009, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak juga merupakan wilayah yang memiliki kelembaban relatif paling besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (10) di atas. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai kelembaban relatif yang lebih besar (13,8 – 80,4%) dibanding daratan / pulau (33,8 – 73,8%) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2009 tersebut.

Selanjutnya, pada perioda 01 – 31 Juli 2010, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak juga masih merupakan wilayah yang memiliki kelembaban relatif paling besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (12) di atas. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai kelembaban relatif yang lebih besar (29,2 – 81,9%) dibanding daratan / pulau (55,5 – 71,3%) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2008 tersebut.

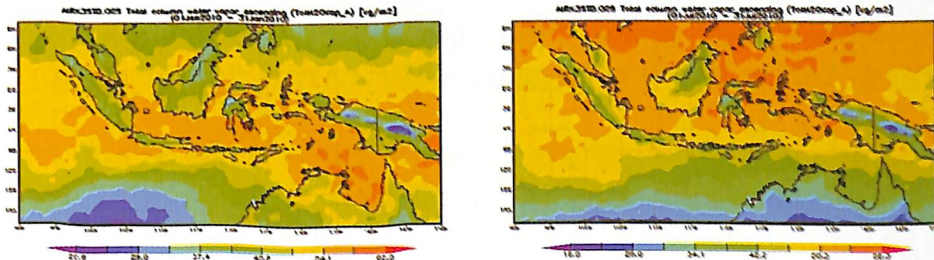
Dari gambar (13) sampai (18) terlihat bahwa, temperatur permukaan di atas wilayah Indonesia dan sekitarnya (10°LU-20°LS; 90°BT-150°BT) pada perioda Januari 2008, terutama di

atas wilayah lautannya tampak lebih seragam pada kisaran temperatur 298,8K – 304,8K dibandingkan di atas daratan / pulau. Wilayah di atas daratan / pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki temperatur permukaan paling besar. Secara lebih rinci wilayah di atas lautan memiliki nilai temperatur permukaan yang lebih besar (298,8K – 304,8K) dibanding di atas daratan / pulau (292,8K – 298,8K) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Januari 2008 tersebut, sebagaimana disajikan dalam gambar (13) di atas. Sedang pada perioda 01 – 31 Juli 2008, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki temperatur permukaan paling besar. Secara lebih rinci wilayah lautan Indonesia memiliki nilai temperatur permukaan yang lebih besar (296,7K – 301,8K), sedangkan daratan / pulau (292,8K – 304,0K) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2008 tersebut, sebagaimana disajikan dalam gambar (14) di atas. Pola (distribusi spasial) temperatur permukaan yang serupa juga terjadi pada perioda 01 – 31 Januari 2009. Namun pada perioda Januari 2009 ini, bentuk luasan bercaknya lebih besar dari pada Juli 2008, meliputi sebagian besar wilayah-wilayah lautan di Indonesia antara Sumatera sampai Papua, dengan nilai temperatur permukaan yang lebih besar pula, antara 295,6K – 304,0K. Pada perioda 01 – 31 Januari 2009 ini, sebagaimana disajikan dalam gambar (15) di atas, secara umum temperatur permukaan wilayah lautan memiliki nilai yang lebih besar (295,1K – 304,6K) dibanding daratan / pulau (293,4K – 304,0K). Pada perioda 01 – 31 Juli 2009, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU dan ke arah timur sampai Papua secara bercak-bercak juga merupakan wilayah yang memiliki temperatur permukaan paling besar, sebagaimana disajikan dalam gambar (16) di atas. Secara lebih rinci wilayah lautan memiliki nilai temperatur permukaan yang lebih besar (295,1K – 303,0K, bahkan ada beberapa wilayah lautan yang memiliki temperatur permukaan lebih besar dari 303,1K) dibanding daratan / pulau (296,6K – 304,3K) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2009 tersebut. Demikian pula halnya, temperatur permukaan pada

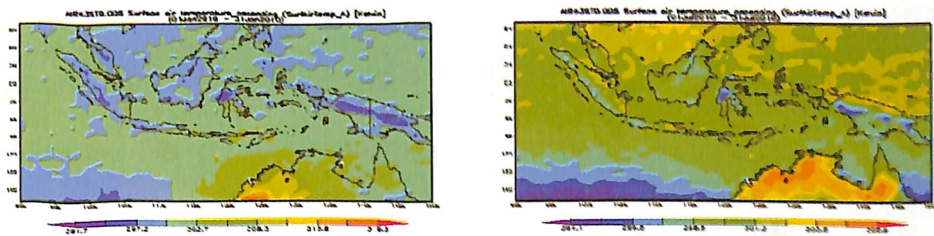
ketinggian 850 hPa yang serupa juga terjadi pada perioda 01 – 31 Januari 2010. Pada perioda Januari 2010 ini, bentuk luasan bercaknya lebih besar lagi, meliputi sebagian besar wilayah-wilayah lautan Indonesia antara Sumatera sampai Papua, dengan nilai temperatur permukaan yang tertinggi berkisar antara 294,5K – 305,5K. Pada perioda 01 – 31 Januari 2010 ini, secara umum temperatur permukaan wilayah lautan memiliki nilai yang lebih besar juga (294,5K – 305,5K) dibanding daratan / pulau (291,7K – 305,5K), sebagaimana disajikan dalam gambar (17) di atas. Selanjutnya, pada perioda 01 – 31 Juli 2010, wilayah sebelah utara Pulau Jawa (sekitar 6°LS) terus meluas ke utara Benua Maritim Indonesia (BMI) sampai sekitar 10°LU secara bercak-bercak merupakan wilayah yang memiliki temperatur permukaan paling besar dibandingkan perioda 01 – 31 Juli 2008 dan 01 – 31 Juli 2009. Secara lebih rinci wilayah lautan di Indonesia memiliki temperatur permukaan yang lebih besar (297,7K – 303,5K) dibanding daratan / pulau (295,3K – 303,5K) dalam perioda pengamatan 01 – 31 Juli 2010 tersebut, sebagaimana disajikan dalam gambar (18) di atas.

Secara umum, hal-hal yang diuraikan dari gambar (1) sampai (18) di atas mengindikasikan bahwa faktor utama penyebab terjadinya variasi spasial (dalam arah utara dan selatan) parameter-parameter total kolom uap air, kelembaban relatif dan temperatur permukaan di atas wilayah Indonesia dan sekitarnya (10°LU-20°LS; 90°BT-150°BT) perioda Januari 2008, Juli 2008, Januari 2009, Juli 2009, Januari 2010 dan Juli 2010 adalah adanya pergerakan semu matahari sepanjang tahunnya, dari *Tropic of Cancer* (23,5°LU) pada 21 Juni menuju ke *Tropic of Capricorn* (23,5°LS) pada 22 Desember yang melewati garis ekuator (°LU/°LS) pada 23 September dan 23 Maret. Selain itu, fenomena monsun Asia yang secara bergantian setiap musim (sekitar 6 bulan) dalam setiap tahunnya, yang membawa massa uap air lebih basah dari Samudera Pasifik Barat (pada perioda DJF), melewati wilayah Benua Maritim Indonesia, kemudian menuju Samudera Hindia di sebelah utara Australia di satu sisi, dan monsun Australia yang membawa massa uap air lebih kering dari Samudera Hindia di sebelah utara Australia (pada perioda JJA), melewati wilayah Benua Maritim Indonesia, kemudian menuju Samudera Pasifik Barat di sisi lain, diduga sebagai

penyebab utama terjadinya variasi temporal (terutama pada periode DJF dan JJA) total kolom uap air, kelembaban relatif dan temperatur permukaan di atas wilayah Indonesia dan sekitarnya, yang secara visual untuk kasus total kolom uap air dan temperatur permukaan Januari dan Juli 2010 dapat dilihat dari gambar (19) sampai (22) berikut.



**Gambar 19 dan 20.** Total kolom uap air di Indonesia sampai ketinggian 850 hPa, tahun 2010 untuk Januari (kiri) dan Juli (kanan)



**Gambar 21 dan 22.** Temperatur permukaan di Indonesia tahun 2010 untuk Januari (kiri) dan Juli (kanan)

#### 4. KESIMPULAN

Selama rentang pengamatan Januari 2008 – Desember 2010, total kolom uap air di atas wilayah lautan BMI ini memiliki nilai yang lebih besar dibanding di atas wilayah daratan / pulau. Periode Januari 2010 memiliki nilai total kolom uap air yang paling besar (37,4 – 62,5 kg/m<sup>2</sup>), disusul pada periode Januari 2009 (38,1 – 57,9 kg/m<sup>2</sup>), dan yang terkecil adalah pada periode Januari 2008 (42,3 – 56,8 kg/m<sup>2</sup>). Dalam kaitannya dengan terjadinya fenomena El-Niño dan La Niña, maka dapat diungkapkan bahwa saat terjadi fenomena La-Niña total kolom uap air di atas wilayah lautan BMI ini memiliki nilai yang lebih besar (36,5 – 55,5 kg/m<sup>2</sup> dan 46,3 – 58,3 kg/m<sup>2</sup>), dibanding saat terjadi fenomena El-Niño (34,6 – 57,4 kg/m<sup>2</sup>). Secara umum variasi spasiotemporal total kolom uap air dan kelembaban relatif

di ketinggian 850 hPa di wilayah BMI ini serupa dengan variasi spasiotemporal temperatur permukaan.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada Drs. Afif Budiyo, M.T. dan Dr. Didi Satiadi atas masukan, saran dan diskusi yang konstruktif dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan implementasi pelaksanaan tugas pokok dan fungsi Bidang Pemodelan Atmosfer - Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN Tahun Anggaran 2013.

### DAFTAR RUJUKAN

- Administrator Website Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009. Perubahan Iklim Global, dari : <http://climatechange.menlh.go.id> diakses 29 April 2009.
- CPC-NCEP-NOAA, 2012, Frequency of El-Nino and La-Nina : Cold and Warm Episodes by Seasons dari [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/en\\_sostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/en_sostuff/ensoyears.shtml). Diakses 13 Agustus 2012.
- Koenig, G., K.N. Liou and M.Griffin, 1987. An investigation of cloud/radiation interactions using three dimensional nephanalysis and earth radiation budget data bases. *J.Geo.Res.*, vol.92, no.D5, pp. 5540-5554.
- Kondratyev, K. Ya., and Moskalenko, 1987. The role of carbon dioxide and other minor gaseous components and aerosols in the radiation budget in *The Global Climate*, Houghton, J.T., (eds), Cambridge University Press, pp. 225-233.
- Prawirowardoyo, S., 1996. Pendinginan dan pemanasan adiabatik dari *Meteorologi*. Penerbit ITB Bandung, pp. 20-34.
- Ramanathan, V. and W. Collins, 2002. Thermodynamic regulation of ocean warming by cirrus clouds deduced from observation of the El-Nino. *Nature*, 351, pp. 27-32.
- Ratag, M.A., 2001. Dinamika sistem matahari-bumi dan perubahan iklim global. *Prosiding Lokakarya Program Nasional Iklim Terpadu*, LAPAN Jakarta, pp. 150-160.