

## KAJIAN GAS RUMAH KACA, GELOMBANG PANJANG DAN SUHU DI JAWA

Toni Samiaji, Tiin Sinatra, Emanuel Aditya dan Mulyono

*Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer*

*Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)*

*Jl. Dr. Junjunan 133 Bandung 40173*

*E-mail : [toni\\_s@bdg.lapan.go.id](mailto:toni_s@bdg.lapan.go.id)*

### Abstract

Greenhouse gas (GHG) play an important role to maintain the temperature of the earth. Generally, greenhouse gases will reflect back longwave radiation (infra red) so that it will make the temperature of the earth becomes warmer, but the extent to which the influence of greenhouse gases to the long-wave radiation, long wave radiation influence on the temperature and the influence of greenhouse gases to the temperature needs to be investigated. Is it true with more and more greenhouse gases in the troposphere and stratosphere the long-wave radiation with a wavelength of 4 micrometers to 0.5 cm will be stronger? Greenhouse gases in this study include CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O. Data concentration of these gases are obtained from sensor measurements of airs and MLS are carried by the Aqua and Aura satellites, then long-wave radiation data obtained from the airs and merra. These data form N<sub>2</sub>O gas concentrations in the stratosphere in the form of profiles, the concentration of CH<sub>4</sub> gas is on 3 levels of altitude in the troposphere while tropospheric CO<sub>2</sub> forms a column, H<sub>2</sub>O and O<sub>3</sub> is the total column. Either GHG data, temperature or infra-red is the data for the island of Java, which is the monthly data from August 2004 to August 2011. As results of this study were obtained that the long wave radiation reflected by Java Island (OLR) during the day is greater than the night, the long-wave radiation received by the island of Java in the presence of clouds will be stronger, Java island surface temperature either day or night from August 2004 to August 2011 tends to rise, generally stratospheric N<sub>2</sub>O strengthens long wave received by the island of Java, except for the layers near the tropopause, increasing the total water vapor appears to be quite influential raising the surface temperature in Java because it increases the intensity of radiation received by surface ground, increasing the total ozone during the day will raise the temperature of the earth's surface, but not at night, increasing tropospheric methane would raise the temperature of the earth's surface for daytime, but not for the night, CO<sub>2</sub> has a positive correlation with surface temperature and longwave radiation received by Earth, but have negative correlation with the OLR.

**Keywords:** greenhouse gases, longwave radiation, temperature

### Abstrak

Gas rumah kaca (GRK) memegang peranan penting untuk memelihara suhu bumi. Umumnya gas rumah kaca akan memantulkan kembali radiasi gelombang panjang (infra merah) sehingga akan menjadikan suhu bumi menjadi hangat, namun sejauh mana pengaruh gas rumah kaca terhadap radiasi gelombang panjang, pengaruh radiasi gelombang panjang terhadap suhu dan pengaruh gas rumah kaca terhadap suhu tersebut perlu diteliti. Apakah memang betul dengan semakin banyak gas rumah kaca di troposfer dan stratosfer maka radiasi gelombang panjang dengan panjang gelombang 4 mikrometer hingga 0.5 cm akan semakin kuat? Gas rumah kaca pada penelitian ini

meliputi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> dan N<sub>2</sub>O. Data konsentrasi gas-gas ini diperoleh dari pengukuran sensor AIRS dan MLS yang ditumpangkan pada satelit AQUA dan AURA, demikian pula data radiasi gelombang panjang diperoleh dari AIRS dan MERRA. Data ini berupa konsentrasi gas N<sub>2</sub>O yang ada di lapisan stratosfer berupa profil. Gas CH<sub>4</sub> dalam bentuk konsentrasi terdapat pada 3 level ketinggian di troposfer sedangkan gas CO<sub>2</sub> merupakan kolom troposfer dan H<sub>2</sub>O serta O<sub>3</sub> merupakan kolom total. Data GRK, suhu maupun infra merah Pulau Jawa dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa radiasi gelombang panjang yang dipantulkan Pulau Jawa (OLR) pada siang hari lebih besar dari pada malam hari. Radiasi gelombang panjang yang diterima Pulau Jawa dengan adanya awan akan semakin kuat. Suhu permukaan pulau Jawa baik siang maupun malam dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011 cenderung naik, umumnya N<sub>2</sub>O stratosfer menguatkan gelombang panjang yang diterima Pulau Jawa, kecuali pada lapisan dekat tropopause, bertambahnya uap air total nampaknya cukup berpengaruh menaikkan suhu permukaan di Pulau Jawa karena ikut menambah intensitas radiasi gelombang yang diterima tanah, bertambahnya ozon total pada siang hari akan menaikkan suhu permukaan bumi, tetapi tidak pada malam hari, bertambahnya metan troposfer akan menaikkan suhu permukaan bumi untuk siang hari, tetapi tidak untuk malam hari, CO<sub>2</sub> mempunyai korelasi positif dengan suhu permukaan (sebesar 0.1124) dan radiasi gelombang panjang yang diterima bumi (sebesar 0.17), tetapi mempunyai korelasi negatif dengan OLR (sebesar -0.2927).

**Kata kunci:** gas rumah kaca, radiasi gelombang panjang, suhu

## 1. PENDAHULUAN

Radiasi gelombang panjang atau disebut juga longwave (LW) radiation adalah radiasi matahari dengan panjang gelombang dari 4 mikrometer sampai 0.5 cm, artinya panjang gelombangnya lebih panjang dari cahaya tampak [[http://en.mimi.hu/meteorology/longwave\\_radiation.html](http://en.mimi.hu/meteorology/longwave_radiation.html)]. Radiasi infra merah yang dipancarkan bumi dan atmosfer mempunyai panjang gelombang 5 hingga 25 mikrometer adalah termasuk gelombang panjang (<http://www.weatherdudes.com/glossary/L.html>). Pemanasan atmosfer itu disebabkan radiasi matahari yang menembus atmosfer dan radiasi gelombang panjang sedikit yang dikeluarkan ke angkasa karena diserap gas rumah kaca dan uap air. Sedangkan pendinginan bumi itu terjadi karena pemancaran radiasi gelombang panjang oleh permukaan bumi dan tidak ada yang menahan radiasi tersebut ke angkasa. Pendinginan

yang paling baik terjadi pada malam hari saat cuaca sedang cerah (langit bersih) (<http://www.channelislandsrestoration.com/weather/jargon.htm>).

Umumnya gas rumah kaca akan memantulkan kembali dan menyerap radiasi gelombang panjang (infra merah) sehingga akan menjadikan suhu bumi menjadi hangat. Namun sejauh mana pengaruh gas rumah kaca terhadap radiasi gelombang panjang, dan suhu serta pengaruh radiasi gelombang panjang terhadap suhu perlu diteliti lebih lanjut. Apakah memang betul dengan semakin banyak gas rumah kaca di troposfer dan stratosfer maka radiasi gelombang panjang dengan panjang gelombang 4 mikrometer hingga 0.5 cm akan semakin kuat? Pada penelitian ini gelombang panjang dibedakan fluks radiasi gelombang panjang yang dipancarkan bumi (tanah) atau disebut juga Outgoing Longwave Radiation (OLR) dan gelombang panjang yang diterima permukaan bumi.

## 2. DATA DAN METODE

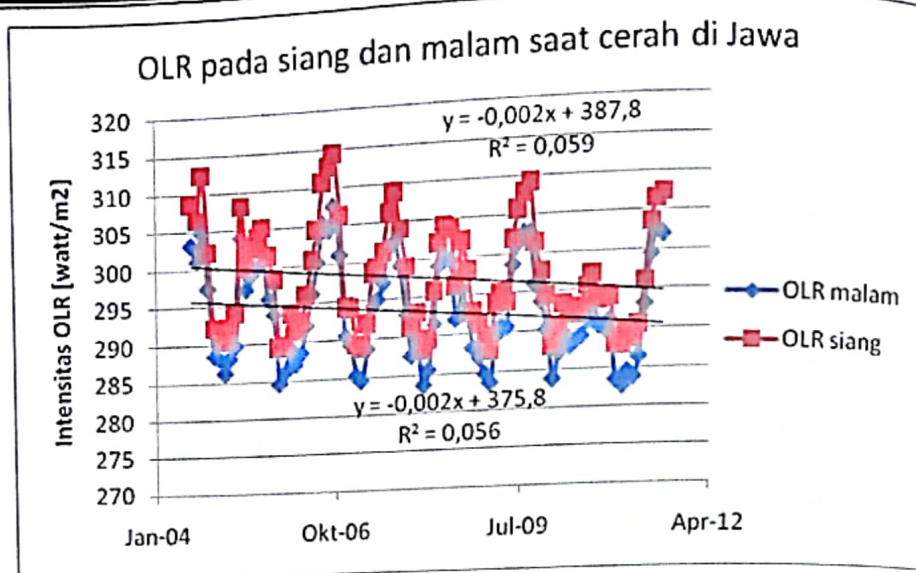
Data yang digunakan pada penelitian ini yang meliputi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$  dan  $\text{N}_2\text{O}$ ), profil suhu stratosfer, suhu permukaan, radiasi gelombang panjang adalah diunduh dari situs NASA (mirador dan Giovanni [<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>]), semua data untuk Pulau Jawa (data bulanan dari Agustus 2004 – Agustus 2011. Data konsentrasi GRK tersebut dan suhu diperoleh dari pengukuran sensor AIRS [[http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance\\_id=AIRS\\_Level3Month](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=AIRS_Level3Month)] dan MLS (<http://mirador.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/mirador/presentNavigation.pl?tree=project&project=MLS>) yang ditumpangkan pada satelit AQUA dan AURA, demikian pula data radiasi gelombang panjang diperoleh dari AIRS dan MERRA ([http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance\\_id=MERRA\\_MONTH\\_2D](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=MERRA_MONTH_2D))

). Data pada penelitian ini berupa konsentrasi gas  $N_2O$  yang ada di lapisan stratosfer berbentuk profil, konsentrasi gas  $CH_4$  ada pada 3 level ketinggian di troposfer sedangkan gas  $CO_2$  merupakan kolom troposfer dan  $H_2O$  serta  $O_3$  merupakan kolom total. Kemudian data radiasi gelombang panjang yang diunduh yaitu yang diterima permukaan bumi (tanah) dan data radiasi gelombang panjang yang keluar dari bumi (tanah). Data untuk Pulau Jawa ini merupakan data yang dirata-rata oleh Giovanni untuk seluruh Pulau Jawa.

Data diolah untuk mencari korelasi antara 2 parameter, kemudian menentukan hubungan 2 parameter tersebut dengan melihat korelasinya, juga membandingkan beberapa korelasi untuk menentukan mana yang dominan pengaruhnya, analisis selain dengan cara-cara seperti yang sudah disebutkan juga dengan membandingkan besarnya nilai data dari beberapa kondisi yang berbeda.

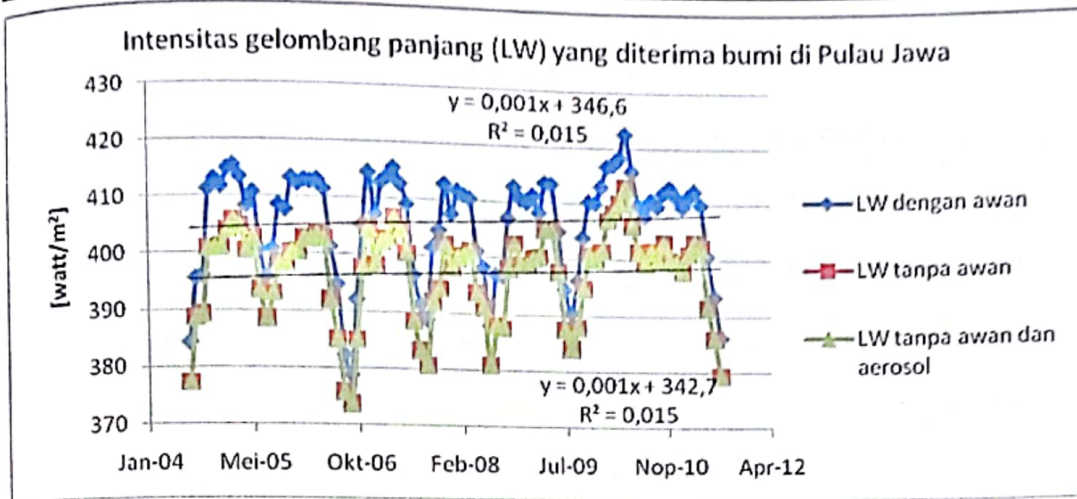
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai hasil dari penelitian ini ditunjukkan oleh beberapa gambar dan tabel berikut ini. Pada Gambar 1 diperlihatkan kecenderungan Outgoing Longwave Radiation pada siang dan malam hari di Pulau Jawa dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011. Dari Gambar ini terlihat bahwa fluks gelombang panjang yang dipancarkan tanah baik siang maupun malam cenderung turun, namun terlihat jelas sekali bahwa OLR siang lebih besar daripada malam, ini dikarenakan pada siang hari bumi menerima gelombang panjang dari matahari sehingga akan menambah intensitas gelombang panjang yang dipancarkannya.



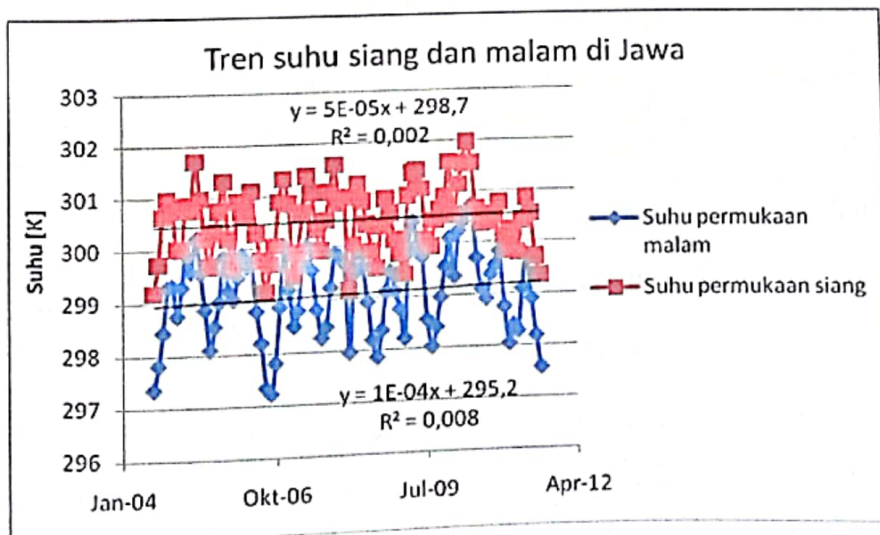
**Gambar 1:** Kecenderungan Outgoing Longwave Radiation pada siang dan malam hari di Pulau Jawa

Pada Gambar 2 ditampilkan kecenderungan intensitas gelombang panjang yang diterima bumi dalam 3 keadaan yakni LW dengan adanya awan, tanpa awan, tanpa awan dan aerosol. Dari gambar ini terlihat bahwa intensitas gelombang panjang yang diterima bumi dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011 cenderung bertambah. Namun walaubagaimanapun dari ke 3 keadaan ini intensitas gelombang panjang yang diterima bumi dalam keadaan ada awan adalah yang paling kuat. Ini dikarenakan pengaruh uap air terhadap penerimaan gelombang panjang adalah cukup kuat seperti diperlihatkan Tabel 2 yang menunjukkan korelasi rerata total H<sub>2</sub>O dengan LW yang ada awannya adalah yang paling besar dibanding dengan LW tanpa awan, LW tanpa awan dan aerosol. Selain itu secara teori uap air adalah termasuk gas rumah kaca yang menguatkan / memantulkan intensitas radiasi gelombang panjang.



**Gambar 2:** Kecenderungan intensitas gelombang panjang yang diterima bumi dalam 3 keadaan yakni LW dengan adanya awan, tanpa awan, tanpa awan dan aerosol

Pada Gambar 3 diperlihatkan kecenderungan suhu permukaan bumi saat siang dan malam. Dari gambar ini terlihat bahwa baik suhu permukaan pada siang hari maupun malam hari di Pulau Jawa dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011 cenderung naik. Ini dikarenakan intensitas gelombang panjang yang diterima bumi di Pulau Jawa cenderung naik seperti yang ditunjukkan Gambar 2 dan gelombang panjang yang keluar dari bumi semakin menurun sehingga menyebabkan suhu permukaan cenderung naik.



**Gambar 3:** Kecenderungan suhu permukaan bumi saat siang dan malam

Khusus untuk gas N<sub>2</sub>O karena yang direkomendasikan untuk penelitian oleh NASA hanya N<sub>2</sub>O stratosfer, maka pada penelitian ini gas N<sub>2</sub>O troposfer tidak dibahas. Pada Tabel 1 diperlihatkan korelasi gas N<sub>2</sub>O stratosfer dengan gelombang panjang dalam 3 keadaan (ada awan, tanpa awan, tanpa awan dan aerosol) dan antara N<sub>2</sub>O dengan rerata OLR. Dari tabel ini kita bisa mengerti bahwa hanya pada tekanan 100 (tropopause) dan 68,1 hPa gas N<sub>2</sub>O mempunyai korelasi negatif dengan intensitas gelombang panjang, sedangkan pada level ketinggian lainnya mempunyai korelasi positif. Ini diduga ada kaitannya dengan profil N<sub>2</sub>O stratosfer yang mana konsentrasi N<sub>2</sub>O mengalami maksimum pada tekanan 68.1 hPa. Lain halnya dengan OLR, yang mana korelasinya semuanya negatif ini menandakan bahwa gas N<sub>2</sub>O stratosfer mengurangi radiasi gelombang panjang yang keluar dari bumi.

**Tabel 1.** Korelasi gas N<sub>2</sub>O stratosfer dengan gelombang panjang dalam 3 keadaan dan OLR

Tekanan [hPa]	Korelasi N <sub>2</sub> O dengan LW ada awan	Korelasi N <sub>2</sub> O dengan LW tanpa awan	Korelasi N <sub>2</sub> O dengan LW tanpa awan dan aerosol	Korelasi N <sub>2</sub> O dengan rerata OLR
100.0	-0.1395	-0.1689	-0.1691	-0.0076
68.1	-0.0508	-0.0372	-0.0371	-0.0251
46.4	0.2919	0.3214	0.3215	-0.1747
31.6	0.2493	0.2907	0.2907	-0.0568
21.5	0.2472	0.2942	0.2940	-0.0313
14.7	0.3831	0.4171	0.4167	-0.2229
10.0	0.4203	0.4116	0.4113	-0.4363
6.8	0.3019	0.2557	0.2557	-0.4680
4.6	0.3296	0.2644	0.2644	-0.5443

3.2	0.3774	0.3024	0.3024	-0.6031
2.2	0.3891	0.3143	0.3143	-0.6006
1.5	0.3107	0.2443	0.2442	-0.4864
1.0	0.2104	0.1534	0.1534	-0.3626

Pada Tabel 2 diperlihatkan korelasi H<sub>2</sub>O (dalam hal ini berbentuk uap air), O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> dengan suhu dan gelombang panjang. Dari Tabel 2 ini kita bisa melihat berbagai korelasi gas rumah kaca terhadap suhu dan gelombang panjang. Terlihat bahwa uap air (H<sub>2</sub>O) mempunyai korelasi positif terhadap suhu permukaan baik pada siang hari maupun pada malam hari, artinya total kolom uap air yang bertambah akan menaikkan suhu permukaan. Masih dari Tabel 2 terlihat pula bahwa total kolom H<sub>2</sub>O mempunyai korelasi yang negatif terhadap fluks OLR, ini artinya dengan semakin banyak uap air maka gelombang panjang yang dipancarkan bumi akan semakin sedikit karena tertahan uap air. Berbeda dengan total H<sub>2</sub>O dengan LW mempunyai korelasi yang positif, karena dengan bertambahnya uap air maka akan menguatkan intensitas gelombang panjang yang diterima bumi dari matahari. Sedangkan O<sub>3</sub> nampaknya melemahkan gelombang panjang yang diterima bumi, karena ozon menyerap radiasi matahari untuk pembentukannya, namun O<sub>3</sub> malah memperkuat gelombang panjang yang dipancarkan bumi, tetapi bila terhadap suhu permukaan didapat 2 korelasi yang berbeda (positif dan negatif) untuk 2 keadaan yang berbeda yakni siang dan malam. Pada siang hari mempunyai korelasi yang positif karena reaksi pembentukan ozon bersifat eksoterm yakni mengeluarkan panas sehingga dengan ozon yang terbentuk semakin banyak akan menaikkan suhu, berbeda dengan malam hari yang mana tidak terjadi reaksi pembentukan ozon. Untuk metan dibagi menjadi 3 level ketinggian yakni 160.5, 260 dan 359 hPa bila masing-masing level ini dikorelasikan dengan gelombang



panjang yang diterima bumi kesemuanya menunjukkan angka negatif. Ini artinya gas metan mengurangi intensitas gelombang panjang yang diterima bumi. Sedangkan ketika dikorelasikan dengan suhu permukaan bumi, nampak bahwa siang hari menunjukkan positif dan malam hari menunjukkan negative. Ini artinya pada siang hari metan menunjukkan sifat sebagai gas rumah kaca, tetapi tidak untuk malam hari, ini dibuktikan dengan korelasi metan terhadap OLR pada malam hari yang menunjukkan nilai positif ini artinya bertambahnya gas metan malah membuat gelombang panjang yang keluar dari bumi semakin banyak, sehingga membuat suhu permukaan bumi menjadi turun. Masih dari Tabel 2 terlihat bahwa korelasi gelombang panjang (LW) terhadap suhu permukaan bernilai positif, ini menandakan bahwa gelombang panjang yang diterima bumi menaikkan suhu permukaan. Sedangkan fluk gelombang panjang yang keluar dari bumi (OLR) mempunyai korelasi negative terhadap suhu permukaan, ini artinya semakin banyak gelombang panjang yang keluar dari bumi, maka suhu permukaan bumi menjadi turun. Untuk gas CO<sub>2</sub> troposfer korelasinya terhadap suhu permukaan bumi menunjukkan nilai yang positif, di sini pun gas CO<sub>2</sub> memperlihatkan sifatnya sebagai gas rumah kaca. Ini dikarenakan gas CO<sub>2</sub> memperkuat intensitas gelombang panjang yang diterima bumi yang diperlihatkan dengan korelasinya terhadap gelombang panjang yang positif, selain itu gas CO<sub>2</sub> mengurangi gelombang panjang yang keluar dari bumi diperlihatkan dengan korelasinya terhadap OLR yang negatif.

Tabel 2. Korelasi H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> dengan suhu dan gelombang panjang

Korelasi total H <sub>2</sub> O malam dg suhu perm malam =	0,6722
Korelasi total H <sub>2</sub> O siang dg suhu perm siang =	0,4181
Korelasi total H <sub>2</sub> O malam dg OLR malam =	-0,9279
Korelasi total H <sub>2</sub> O siang dg OLR siang =	-0,9270
Korelasi rerata total H <sub>2</sub> O dg LW tanpa awan =	0,9352

Korelasi rerata total H <sub>2</sub> O dg LW yg ada awannya =	0,9617
Korelasi rerata total H <sub>2</sub> O dg LW tanpa awan dan aerosol =	0,9352
Korelasi rerata O <sub>3</sub> dg LW ada awan =	-0,1352
Korelasi rerata O <sub>3</sub> dg LW tanpa awan =	-0,1004
Korelasi rerata O <sub>3</sub> dg LW tanpa awan & aerosol =	-0,1004
Korelasi O <sub>3</sub> total siang dg olr siang	0,0846
Korelasi O <sub>3</sub> total malam dg olr malam =	0,3004
Korelasi O <sub>3</sub> total malam dg suhu perm malam =	-0,0896
Korelasi O <sub>3</sub> total siang dg suhu perm siang =	0,1160
Tekanan 359 hPa	
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW yg ada awannya =	-0,6759
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan =	-0,5961
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan & aerosol =	-0,5962
Tekanan 160.5 hPa	
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW yg ada awannya =	-0,4065
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan =	-0,3363
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan & aerosol =	-0,3362
Tekanan 260 hPa	
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW yg ada awannya =	-0,5621
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan =	-0,4804
Korelasi rerata CH <sub>4</sub> dg LW tanpa awan & aerosol =	-0,4804
Korelasi fluk OLR malam dg suhu perm malam =	-0,4125
Korelasi fluk OLR siang dg suhu perm siang =	-0,1216
Korelasi LW yg ada awannya dg rerata suhu perm =	0,6717
Korelasi LW tanpa awan dg rerata suhu perm =	0,7268

Korelasi LW tanpa awan & aerosol dg rerata suhu perm =		0,7268
Tekanan [hpa]		
160	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg suhu perm malam =	-0,0980
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg suhu perm siang =	0,0993
	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg olr malam =	0,5483
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg olr siang =	0,5477
260	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg suhu perm malam =	-0,2423
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg suhu perm siang =	0,0561
	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg olr malam =	0,7683
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg olr siang =	0,6759
359	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg suhu perm malam =	-0,3685
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg suhu perm siang =	0,0307
	Korelasi CH <sub>4</sub> malam dg olr malam =	0,8741
	Korelasi CH <sub>4</sub> siang dg olr siang =	0,7618
Korelasi CO <sub>2</sub> dg rerata suhu perm =		0,1124
Korelasi CO <sub>2</sub> dg rerata olr =		-0,2927
Korelasi CO <sub>2</sub> dg LW yg ada awannya =		0,1725
Korelasi CO <sub>2</sub> dg LW tanpa awan =		0,1686
Korelasi CO <sub>2</sub> dg LW tanpa awan & aerosol =		0,1685

Pada Tabel 3 diperlihatkan korelasi N<sub>2</sub>O stratosfer dengan rerata suhu permukaan. Dari tabel ini kita bisa melihat bahwa korelasi untuk tropopause dan 6.8 hPa atau lebih tinggi dari itu bernilai negatif sedangkan untuk level yang lain bernilai positif. Ini mengapa bisa terjadi demikian perlu analisa lebih dalam.

Tabel 3. Korelasi N<sub>2</sub>O stratosfer dengan rerata suhu permukaan

Tekanan [hPa]	Korelasi
100	-0.2285
68.1	0.0517
46.4	0.4009
31.6	0.3929
21.5	0.3576
14.7	0.3547
10	0.2106
6.8	-0.0359
4.6	-0.0893
3.2	-0.0575
2.2	-0.0174
1.5	-0.0358
1	-0.0858

#### 4. KESIMPULAN

Radiasi gelombang panjang yang dipantulkan Pulau Jawa (OLR) pada siang hari adalah lebih besar daripada malam hari. Dengan adanya awan akan menguatkan radiasi gelombang panjang yang diterima Pulau Jawa. Suhu permukaan pulau Jawa baik siang maupun malam dari Agustus 2004 hingga Agustus 2011 cenderung naik sebesar 0,25 °C. Umumnya N<sub>2</sub>O stratosfer menguatkan gelombang panjang yang diterima Pulau Jawa, kecuali pada lapisan dekat tropopause.

Bertambahnya uap air total nampaknya cukup berpengaruh menaikkan suhu permukaan di Pulau Jawa karena ikut menambah intensitas radiasi gelombang yang diterima tanah. Bertambahnya ozon total pada siang hari akan menaikkan suhu permukaan bumi, tetapi tidak pada malam hari. Bertambahnya metan troposfer akan menaikkan suhu permukaan bumi untuk siang hari, tetapi tidak untuk malam hari.

CO<sub>2</sub> mempunyai korelasi positif dengan suhu permukaan dan radiasi gelombang panjang yang diterima bumi, tetapi mempunyai korelasi negatif dengan OLR.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis sangat berterima kasih kepada team Goddard Earth Sciences, Data & Information Services Center NASA yang telah menyediakan data di situsnya.

#### **DAFTAR RUJUKAN**

Giovanni-GES DISC Goddard Earth Sciences, Data & Information Services Center.url

pada <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

<http://mirador.gsfc.nasa.gov/cgi->

[bin/mirador/presentNavigation.pl?tree=project&project=MLS](http://mirador/presentNavigation.pl?tree=project&project=MLS)

[http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance\\_id=MERRA\\_MONTH\\_2D](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=MERRA_MONTH_2D)

[http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance\\_id=AIRS\\_Level3Month](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=AIRS_Level3Month)

[http://en.mimi.hu/meteorology/longwave\\_radiation.html](http://en.mimi.hu/meteorology/longwave_radiation.html)

<http://www.weatherdudes.com/glossary/L.html>

<http://www.channelislandsrestoration.com/weather/jargon.htm>