

## ANALISIS PENGARUH FRAKSI AWAN TERHADAP LAPISAN OZON DI SUMATERA UTARA

## ANALYSIS OF CLOUD FRACTION EFFECT ON THE OZONE LAYER IN NORTH SUMATERA

---

**Ninong Komala**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN

Jalan Djundjunan Bandung

Email: ninongk@yahoo.com

**Abstrak:** Satelit AURA-OMI memantau parameter atmosfer secara global dengan data hasil pantauan antara lain fraksi awan dan lapisan ozon. Pada makalah ini dibahas hasil analisis keterkaitan liputan awan dengan lapisan ozon wilayah Sumatera Utara yang terletak antara  $1^{\circ}$ LS sampai  $4^{\circ}$  LU dan  $98^{\circ}$  BT sampai  $100^{\circ}$  BT dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2012. Hasil analisis spasial liputan awan Sumatera Utara bervariasi antara 0,29 sampai dengan 0,52 sedangkan konsentrasi lapisan ozon bervariasi antara 249,5 DU sampai dengan 252,9 DU. Dari hasil analisis statistik keterkaitan fraksi awan dengan lapisan ozon di Sumatera utara diperoleh hasil korelasi negatif, yaitu peningkatan fraksi awan akan menurunkan konsentrasi ozon dengan koefisien korelasi antara 0,57 sampai dengan 0,79. Korelasi tertinggi antara fraksi awan dengan lapisan ozon di Sumatera Utara diperoleh pada tahun 2006 dan 2008 dengan koefisien korelasi 0,793 dan 0,785. Analisis variasi temporal fraksi awan di Sumatera Utara menunjukkan adanya pola tahunan, fraksi awan maksimum pada bulan November dan minimum pada bulan Juni. Sementara pola musimannya maksimum pada bulan-bulan SON (September, Oktober, November) dan minimum pada bulan-bulan JJA (Juni, Juli, Agustus). Variasi temporal lapisan ozon juga mempunyai pola tahunan dengan nilai maksimum pada bulan Agustus dan minimum pada bulan Januari, sedangkan variasi musimannya maksimum pada bulan-bulan JJA dan minimum pada bulan-bulan DJF.

**Kata kunci :** fraksi awan, lapisan ozon, Sumatera Utara, dan AURA-OMI.

**Abstract:** The AURA-OMI satellite which monitor global atmospheric parameters produce cloud fraction and the ozone layer data. This paper discussed the results of linkage analysis of cloud fraction with ozone layer variability in North Sumatera which lies between  $1^{\circ}$ S to  $4^{\circ}$ N and  $98^{\circ}$ E to  $100^{\circ}$ E from 2005 until 2012. The result show that spatial average of cloud fraction in North Sumatra varies between 0.29 to 0.52 while the ozone layer varies between 249.5 to 252.9 DU. The linkage analysis are found that the influence of cloud cover with ozone layer in North Sumatera has a negative correlation, i.e. an increase in cloud fraction will decrease the ozone layer with a correlation coefficient between 0.57 to 0.79. The highest correlation acquired in 2006 and 2008 with a correlation coefficient of 0.793 and 0.785. Temporal analysis of cloud fraction in North Sumatera showed an annual pattern, the maximum found in November and minimum in June, while the maximum seasonal pattern showed in SON (September, October, November) and minimum in the months of JJA (June, July, August). Temporal variation of the ozone layer also has an annual pattern with a maximum in August and the minimum in January, with the maximum of seasonal variation shows in JJA and the minimum in DJF months.

**Keywords:** cloud fraction, ozone layer, North Sumatera, and AURA-OMI.

## PENDAHULUAN

Awan memiliki pengaruh besar terhadap radiasi ultra violet yang sampai ke permukaan bumi yang terkait pula dengan kondisi lapisan tebal tipisnya lapisan ozon. Liputan awan istilah lainnya adalah fraksi awan atau jumlah awan yaitu luas langit yang tertutup awan berdasarkan pengamatan satelit. Satuan yang digunakan biasanya dalam perdelapanan, persepuluh atau persen. Dalam makalah ini satuan fraksi awan yang digunakan adalah dalam persen. Aplikasi dari penelitian tentang fraksi

awan biasanya digunakan untuk menghitung neraca energi permukaan, neraca energi global, perubahan iklim, prediksi cuaca, efek rumah kaca, pemanasan global, pertanian, penerbangan, navigasi dan perkiraan angin polar (NASA, 2012).

Hasil dari UNEP pada tahun 2010 yang membahas hasil pengamatan dan pemantauan dalam jangka panjang menunjukkan bahwa radiasi ultra violet yang mencapai permukaan bumi akan mengalami peningkatan sebagai respons terhadap menipisnya lapisan ozon. Radiasi UV juga lebih kuat pada musim panas dan lemah pada musim dingin. Awan, partikulat, aerosol dan pencemar udara dapat menyerap dan menyebarkan sebagian radiasi UV sehingga dengan demikian dapat mengurangi jumlah radiasi UV yang mencapai permukaan bumi.

Lapisan Ozon adalah lapisan tempat ozon terkonsentrasi yaitu di lapisan stratosfer pada ketinggian 10~50 km di atas permukaan bumi. Ketebalan lapisan ini menggambarkan banyaknya konsentrasi ozon di lapisan tersebut. Total ozon adalah kerapatan vertikal (jumlah molekul ozon per satuan luas) pada temperatur 0° C dan tekanan 1 atm. Satuan yang digunakan adalah DU (Dobson Unit).  $1 \text{ DU} = 2.69 \times 10^{16} \text{ molekul/cm}^2$ . Total ozon sering digunakan untuk merepresentasikan kondisi lapisan ozon. Dalam makalah ini data lapisan ozon juga menggunakan satuan Dobson Unit (DU). Penelitian ozon dan parameter atmosfer Sumatera Utara merupakan salah satu bagian dari rangkaian penelitian yang merupakan salah satu tahapan dalam menunjang dan merealisasikan penelitian pengembangan komposisi atmosfer di Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN (Komala dkk, 2009; Komala dkk, 2010). Karena adanya keterbatasan cakupan dari hasil pengukuran insitu maka data satelit komposisi atmosfer memegang peranan penting untuk menunjang kelengkapan data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Lengkapnya data ozon dan parameter atmosfer Sumatera Utara akan sangat berguna selain bagi basis data juga untuk menunjang studi karakteristik atmosfer berbagai wilayah di Indonesia yang unik.

Komala dkk (2010) memperoleh hasil penelitian mengenai variasi spasial ozon total dan parameter atmosfer di Indonesia periode tahun 2004 sampai dengan 2010 menunjukkan konsentrasi dan karakter yang berbeda untuk pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk wilayah-wilayah lain di Indonesia agar diperoleh hasil yang lebih rinci dan spesifik untuk kondisi lapisan ozon dan parameter atmosfer maupun karakteristik variasi tahunan dan variasi musimannya.

Pertanyaan penelitian yang diharapkan bisa dijawab dan diselesaikan dengan melakukan penelitian ini adalah:

- Bagaimanakah kondisi lapisan ozon di Sumatera Utara?
- Apakah fraksi awan berpengaruh terhadap kondisi lapisan ozon di Sumatera Utara dan seberapa besar pengaruhnya?.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh awan terhadap kondisi lapisan di Sumatera Utara karena awan memiliki pengaruh besar terhadap radiasi ultra violet yang sampai ke permukaan bumi yang terkait pula dengan kondisi lapisan ozon di satu lokasi. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat diinformasikan kondisi liputan awan Sumatera Utara dan keterkaitannya dengan variabilitas lapisan ozon.

## METODE

### Data

Data dari satelit AURA-OMI yang digunakan dalam penelitian adalah data lapisan ozon yang dinyatakan dengan ozon total dan data awan yang dinyatakan dalam fraksi awan dengan periode pengamatan dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2012 (NASA, OMI home page: <http://toms.gsfc.nasa.gov/omi>, 2012). Data ozon total dan fraksi awan berupa data harian yang kemudian dirata-rata dijadikan data bulanan dengan ukuran grid sel 1 derajat lintang x 1 derajat bujur. Data ozon total dalam satuan Dobson Unit (DU), sedangkan data fraksi awan tanpa satuan.

### Metode

Data yang diperoleh dari AURA-OMI adalah data dalam skala global. Data ozon total dan fraksi awan dengan  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  grid sel ini cakupannya dari  $-180.0^{\circ}$  sampai  $+180.0^{\circ}$  bujur dan dari lintang  $-90.0^{\circ}$  sampai  $+90.0^{\circ}$ . Dilakukan ekstraksi data ozon dan fraksi awan untuk wilayah Sumatera Utara dengan cakupan  $1^{\circ}$  LS sampai  $4^{\circ}$  LU dan  $98^{\circ}$  BT sampai  $100^{\circ}$  BT, dengan periode data yang dianalisis adalah data dari tahun 2005 sampai dengan 2012.

Dari data set ozon total dan fraksi untuk wilayah Sumatera utara kemudian dilakukan analisis variasi spasial tahunan dan rata-rata spasial selama periode penelitian. Analisis variasi temporal dilakukan untuk menganalisis karakter variasi tahunan dan musiman lapisan ozon dan fraksi awan. Dilakukan pula analisis statistik untuk menganalisis keterkaitan antara fraksi awan terhadap variasi ozon total di Sumatera Utara.

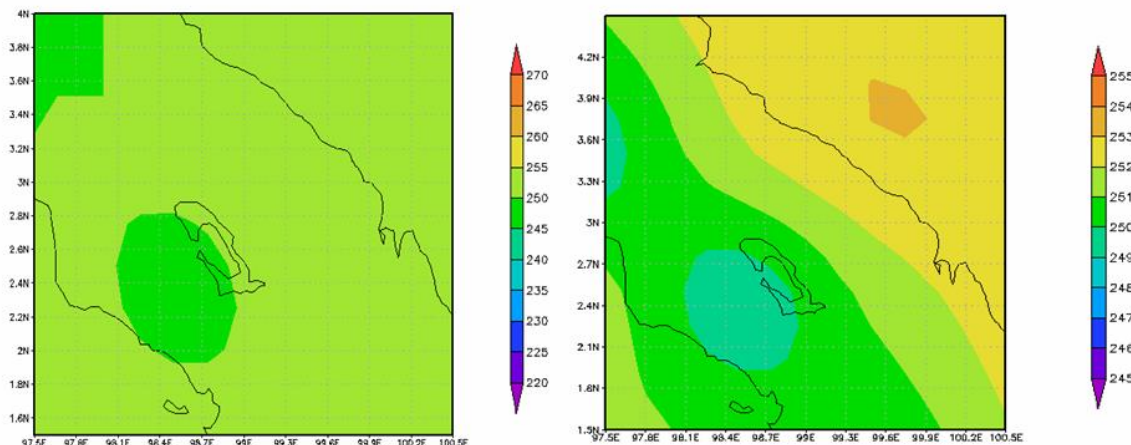


**Gambar 1.** Lokasi yang diteliti yaitu Sumatera Utara yang terletak pada  $1^{\circ}$  LS sampai  $4^{\circ}$  LU dan  $98^{\circ}$  BT sampai  $100^{\circ}$  BT.

## PEMBAHASAN

### Analisis variasi spasial lapisan ozon dan fraksi awan di Sumatera Utara

Hasil analisis pola spasial rata-rata ozon total Sumatera Utara dari tahun 2005 sampai dengan 2012 dapat dilihat pada gambar 2. Dari analisis pola spasial rata-rata, kondisi lapisan ozon di Sumatera Utara adalah rata-rata 251,5 DU, maksimum 252,9 DU, minimum 249,5 DU dengan standar deviasi 1,1 DU. Kondisi lapisan ozon Sumatera Utara ini masih dalam kategori kondisi normal untuk lapisan ozon di wilayah Ekuator yang berkisar antara 240 DU sampai dengan 270 DU.

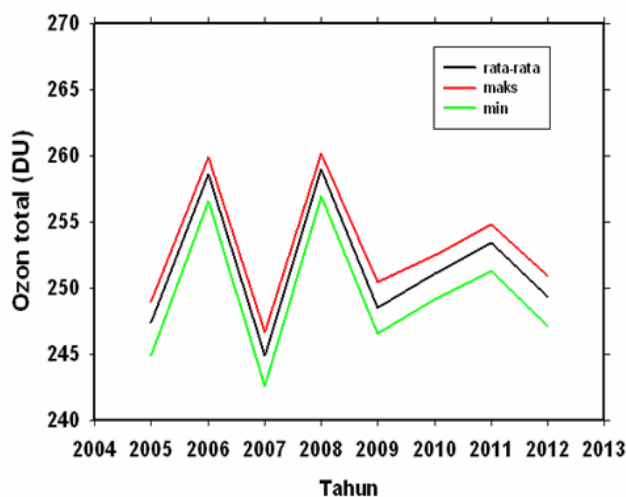


**Gambar 2.** Variasi spasial rata-rata 2005 sampai 2012 lapisan ozon di Sumatera Utara dalam skala standar (kiri) dan skala yang sesuai dengan kondisi di Sumatera Utara (kanan).

Kondisi lapisan ozon di Sumatera Utara masih dalam klasifikasi normal karena lapisan ozon di wilayah Khatulistiwa (Ekuator) nilai normalnya adalah 240 DU sampai dengan 270 DU. Ketebalan lapisan ozon bervariasi dengan musim dan lokasi di Bumi. Dalam kondisi normal ketebalan lapisan ozon lebih besar di lintang tinggi daripada di lintang rendah. Sebagai contoh, ketebalan lapisan ozon yang lebih besar biasanya ditemukan di atas Eropa Utara, Kanada dan Siberia dibandingkan dengan lapisan ozon di atas khatulistiwa.

Bila dibuat dalam skala yang disesuaikan dengan kondisi lapisan ozon di Sumatera Utara seperti terlihat pada gambar 2 (kanan), hasil dari analisis variasi spasial rata-rata menunjukkan bahwa kondisi lapisan ozon di dekat Danau Toba relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan lapisan ozon total di daerah dengan lintang lebih ke utara dengan perbedaan sekitar 1 DU sampai 4 DU.

Tahun	Ozon total (DU)			
	Rata-rata	maksimum	minimum	st deviasi
2005	247.4	249.0	244.9	1.3
2006	258.6	259.9	256.6	1.0
2007	244.9	246.7	242.6	1.3
2008	259.0	260.2	256.9	1.0
2009	248.5	250.5	246.6	1.3
2010	251.1	252.5	249.2	1.1
2011	253.4	254.8	251.3	1.2
2012	249.3	250.9	247.1	1.3

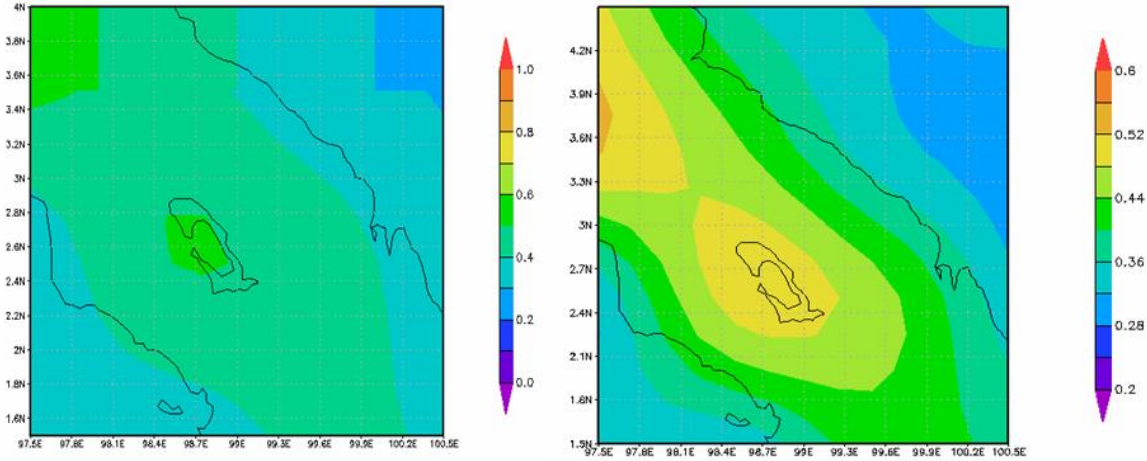


**Gambar 3.** Tabel 1 dan grafik variasi spasial lapisan ozon Sumatera Utara per tahun dari 2005 sampai 2012.

Pada gambar 3 dapat dilihat hasil analisis spasial rata-rata lapisan ozon di Sumatera Utara dari tahun 2005 sampai dengan 2012. Analisis pola spasial rata-rata lapisan ozon di Sumatera Utara menunjukkan rata-rata 251,5 DU, maksimum 252,9 DU, minimum 244,5 DU dengan standar deviasi 1,1 DU. Lapisan ozon di Sumatera Utara pada tahun 2005 dan 2007 terdeteksi paling rendah sedangkan pada tahun 2006 dan 2008 paling tinggi.

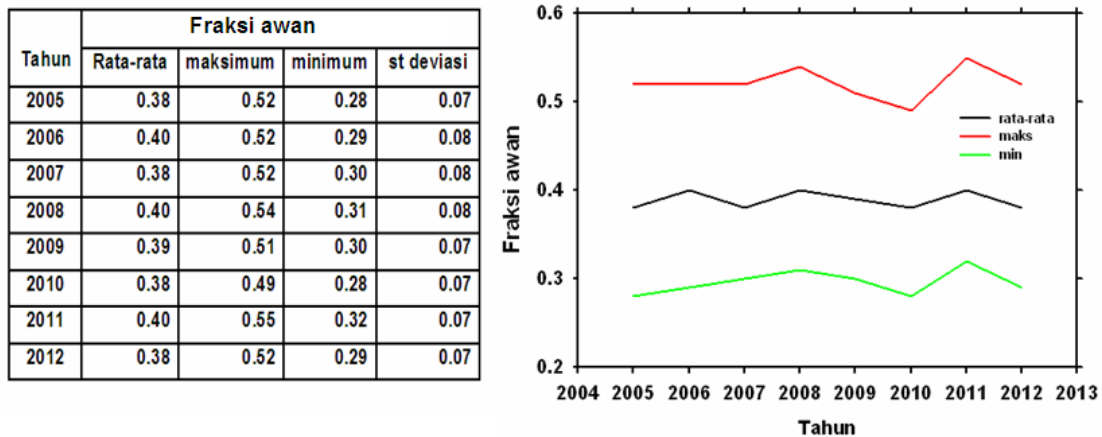
Rata-rata spasial fraksi awan Sumatera Utara 2005 sampai 2012 ada pada range 0,29 sampai dengan 0,52. Nilai ini diartikan bahwa di Sumatera utara fraksi awannya adalah antara 29 %

sampai dengan 52 %. Kondisi fraksi awan yang cukup tinggi di Sumatera Utara sesuai dengan yang diungkap NASA (2012) bahwa daerah yang paling berawan adalah daerah tropis dan daerah beriklim sedang, daerah subtropis dan daerah kutub memiliki awan 10%-20% lebih sedikit. Dengan membandingkan pengamatan satelit variasi awan dengan data meteorologi, dimungkinkan bagi kita untuk membangun korelasi sifat awan dan kondisi atmosfer.



**Gambar 4.** Variasi spasial rata-rata fraksi awan dari tahun 2005 sampai dengan 2012 di Sumatera Utara dalam skala standar (kiri) dan skala yang sesuai dengan kondisi di Sumatera Utara (kanan).

Hasil analisis memperlihatkan pola spasial fraksi awan di daerah dekat Danau Toba a fraksi awan tertinggi sekitar 0,52 atau fraksi awan di lokasi tersebut adalah 52% dibandingkan dengan fraksi awan di bagian lain di Sumatera Utara yang menunjukkan fraksi awan lebih kecil. Perbedaan fraksi awan sekitar 0.24 atau 24 %.

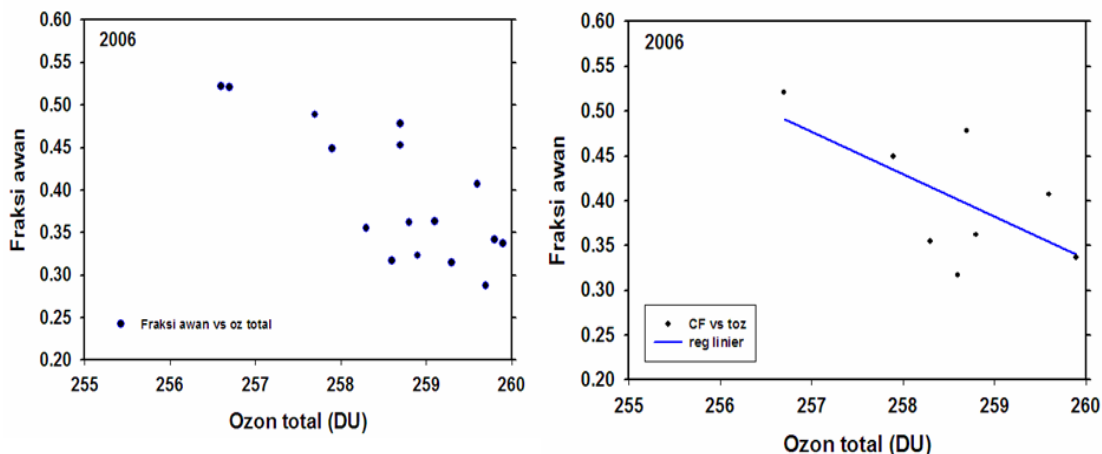


**Gambar 5.** Tabel 2 dan grafik variasi spasial fraksi awan Sumatera Utara per tahun dari 2005 sampai 2012.

Pada gambar 5 dapat dilihat hasil analisis spasial rata-rata fraksi awan di Sumatera Utara dari tahun 2005 sampai dengan 2012. Analisis pola spasial rata-rata fraksi awan di Sumatera Utara menunjukkan rata-rata 0,39, maksimum 0,52, minimum 0,29 dengan standar deviasi 0,07. Fraksi awan di Sumatera Utara pada tahun 2010 paling rendah sedangkan 2011 paling tinggi.

### Korelasi fraksi awan dengan lapisan ozon Sumatera Utara

Analisis statistik dilakukan untuk menganalisis keterkaitan antara fraksi awan terhadap variasi ozon total di Sumatera Utara. Data yang digunakan adalah data variasi spasial fraksi awan dengan ozon total dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2012.



**Gambar 6.** Scatter plot fraksi awan dan lapisan di Sumatera Utara pada tahun 2006.

Pada gambar 6 yang berupa scatter plot yang menggambarkan keterkaitan fraksi awan dengan ozon total (lapisan ozon) pada tahun 2006 yang menghasilkan satu persamaan regresi linier. Persamaan yang diperoleh adalah  $y = - 0,0624 x + 16,525$ , y adalah fraksi awan dan x adalah ozon total (lapisan ozon). Koefisien determinasi yang diperoleh adalah 0,62 dan koefisien korelasi antara fraksi awan dengan lapisan ozon adalah 0,793. Dari persamaan yang diperoleh dapat diartikan bahwa 62,92 % variabel fraksi awan dapat dijelaskan oleh variabel lapisan ozon (ozon total) pada persamaan tersebut, sedangkan sisanya tidak bisa dijelaskan oleh variabel ozon total karena tergantung pada variabel yang lainnya. Untuk tahun yang lainnya variabel fraksi awan yang dapat dijelaskan oleh variabel lapisan ozon dapat dilihat pada tabel 3. Untuk tahun 2005 variabel fraksi awan yang dapat dijelaskan oleh variabel ozon total adalah 45,59 %, tahun 2007 39,26%, tahun 2008 61,69 %, tahun 2009 32,59%, tahun 2010 51,65 %, tahun 2011 44,18 % dan tahun 2012 53,39 %.

Persamaan yang dihasilkan dari plot fraksi awan dan lapisan ozon tahun 2005 sampai dengan tahun 2012 ditampilkan pada tabel 3.

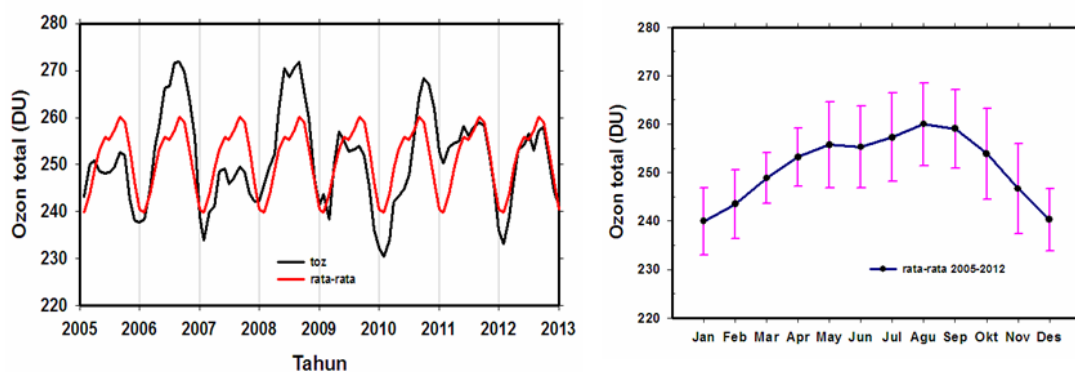
**Tabel 3.** Keterkaitan variasi lapisan ozon dan fraksi awan Sumatera Utara.

Tahun	Persamaan regresi	Koef determinasi	Koef korelasi
2005	$y = - 0,0363 x + 9,3674$	0,4559	0,675
2006	$y = - 0,0624 x + 16,525$	0,6292	0,793
2007	$y = - 0,0377 x + 9,6277$	0,3926	0,626
2008	$y = - 0,0594 x + 15,776$	0,6169	0,785
2009	$y = - 0,0320 x + 8,3397$	0,3259	0,571
2010	$y = - 0,0442 x + 11,479$	0,5165	0,719
2011	$y = - 0,0424 x + 11,143$	0,4418	0,665
2012	$y = - 0,0410 x + 10,617$	0,5339	0,731

Pada tabel 3, ditampilkan hasil analisis keterkaitan fraksi awan terhadap variasi lapisan ozon di Sumatera Utara yang menjelaskan seberapa jauh keterkaitan fraksi awan dengan lapisan ozon yang dinyatakan dengan koefisien determinasi dan koefisien korelasi.

### Variasi Temporal Lapisan Ozon dan Fraksi awan di Sumatera Utara Pola variasi tahunan dan musiman lapisan ozon Sumatera Utara

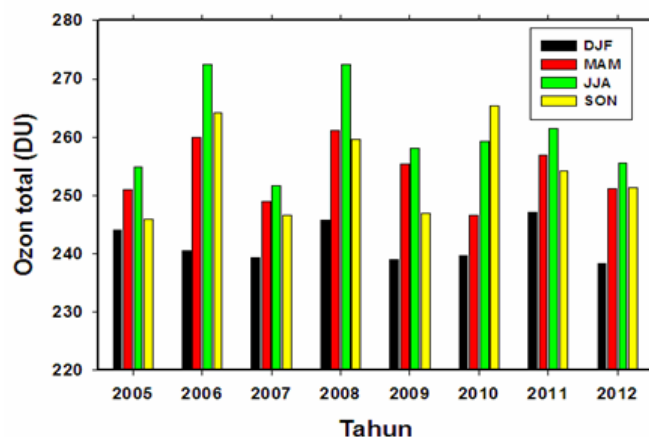
Pola tahunan lapisan ozon pada 2005 sampai dengan 2012 menunjukkan terjadinya pola tahunan lapisan ozon. Pola tahunan tahun 2005 dengan 2007 dan 2010 awal memperlihatkan lapisan ozon yang lebih rendah dari pola tahunan rata-rata. Pola tahunan 2006 dan 2008 dan akhir 2010 lebih tinggi dari pola rata-rata tahunan. Range total ozon di Sumatera Utara antara 230 DU – 272 DU. Dengan karakteristik pola tahunan lapisan ozon pada 2005, 2007 dan 2010 lebih rendah dari tahun lainnya. Pola tahunan lapisan ozon Sumatera Utara mencapai maksimum pada bulan Agustus dan minimum pada Januari.



**Gambar 7.** Variasi temporal lapisan ozon Sumatera utara dan pola tahunan rata-rata 2005 sampai dengan 2012 (kanan).

Karakteristik pola tahunan lapisan ozon di Sumatera utara yang diperoleh dapat dijelaskan dengan hasil penelitian NASA (2001) yang menyatakan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi ozon yaitu faktor alamiah dan antropogenik. Aktivitas matahari, efek musiman, ENSO, QBO dan aktivitas manusia adalah faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi ozon. Pada saat aktivitas matahari tinggi, ozon total akan meningkat dan pada saat aktivitas matahari rendah konsentrasi ozon menurun. Pada saat musim basah, konsentrasi ozon menurun karena kurangnya radiasi matahari dan adanya uap air yang merusak molekul ozon. Pada saat musim panas, konsentrasi ozon meningkat karena intensitas radiasi matahari yang sangat tinggi yang menjadikan laju pembentukan ozon lebih cepat. Peristiwa ENSO terdiri dari El Nino dan La-Nina. Pada saat El Nino udara di wilayah Indonesia sangat kering sehingga kadar uap airnya minimum mengakibatkan meningkatnya konsentrasi ozon. Sedangkan pada saat La-Nina udara di atas Indonesia sangat basah. Dengan demikian konsentrasi uap air sangat tinggi sehingga terjadi proses perusakan ozon oleh uap air yang mengakibatkan konsentrasi ozon menjadi turun.

Pola musiman lapisan ozon dibuat untuk bulan-bulan Desember, Januari, Februari (DJF), Maret, April, Mei (MAM), Juni, Juli, Agustus (JJA) dan September, Oktober, November (SON) dari tahun 2002-2012. Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa lapisan ozon di Sumatera Utara secara umum menunjukkan adanya variasi pola musiman.



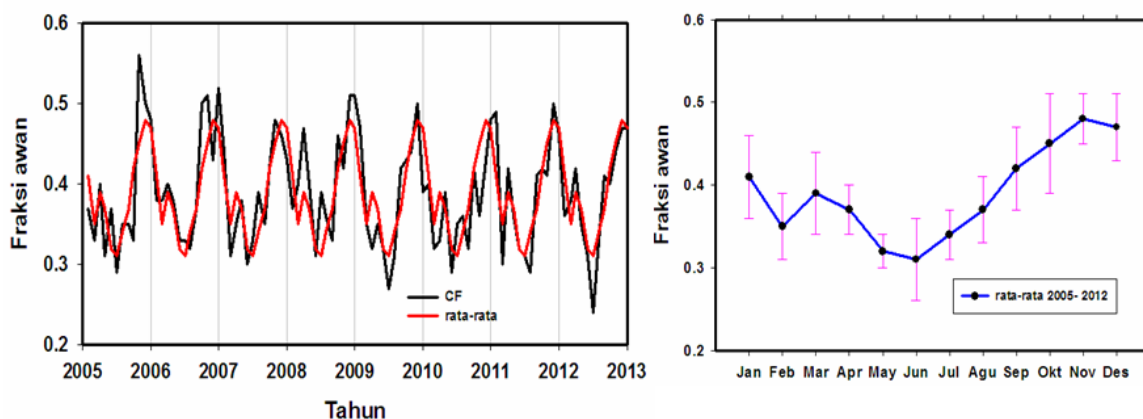
**Gambar 8.** Pola musiman lapisan ozon Sumatera Utara dari 2005 sampai dengan 2012.

Dari analisis variasi musiman lapisan ozon Sumatera utara pada periode 2005 sampai dengan 2012 seperti terlihat pada gambar 8, pola variasi musiman lapisan ozon menunjukkan hasil yang berbeda. Variasi musiman untuk DJF range lapisan ozon antara 238,2 DU - 247 DU. Lapisan ozon terendah terjadi pada DJF tahun 2012 yaitu 238,2 DU dan tertinggi pada tahun 2011 yaitu 247 DU. Musim MAM range lapisan ozon antara 246,5 DU - 261,2 DU. Lapisan ozon terendah terjadi pada MAM tahun 2010 yaitu 246,5 DU dan tertinggi pada tahun 2008 yaitu 261,2 DU. Untuk musim JJA range lapisan ozon antara 251,7 DU - 272,5 DU. Lapisan ozon terendah terjadi pada JJA tahun 2007 yaitu 251,7 DU dan tertinggi pada tahun 2008 yaitu 272,5 DU. Sedangkan lapisan ozon pada musim SON mempunyai range 246 DU - 265,4 DU, dengan lapisan ozon terendah terjadi pada tahun 2005 yaitu 246 DU dan tertinggi terjadi pada SON tahun 2010 yaitu 265,4 DU.

Pola musiman pada tahun 2005 dan 2007 secara umum lebih kecil, sedangkan pola musiman tahun 2006 dan 2008 lebih besar dari pola variasi musiman tahun yang lain.

**Pola Variasi tahunan dan musiman fraksi awan Sumatera Utara**

Hasil analisis variasi temporal fraksi awan di Sumatera Utara dapat dilihat pada gambar 9 (kiri). Hasil analisis menunjukkan bahwa fraksi awan Sumatera Utara 2005-2012 mempunyai range antara 0,24 sampai dengan 0,56 atau fraksi awan di Sumatera Utara antara 24 % sampai dengan 56%.

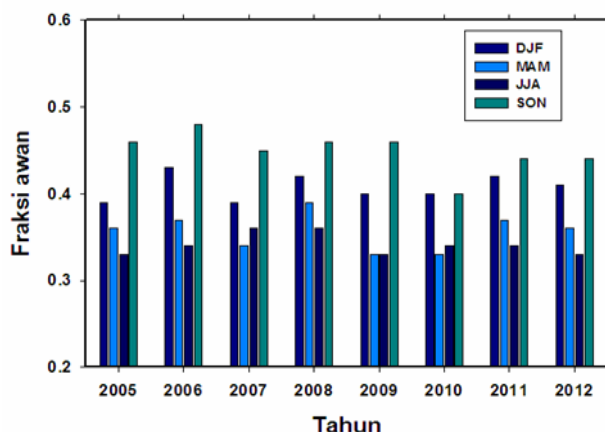


**Gambar 9.** Variasi temporal fraksi awan Sumatera utara dan pola tahunan rata-rata 2005 sampai dengan 2012 (kanan).

Pola tahunan rata-rata 2005 sampai 2012 menunjukkan maksimum pada bulan November dan minimum pada Juni (gambar 9, kanan). Pada pola tahunan 2009 dan 2012 nilai minimum fraksi awan lebih kecil dari pola rata-rata. Pola tahun 2005 dan 2007 menunjukkan puncak fraksi awan yang lebih besar dari pola rata-rata tahunan 2005 sampai dengan 2012.



Pola variasi musiman fraksi awan untuk bulan-bulan Desember, Januari, Februari (DJF), Maret, April, Mei (MAM), Juni, Juli, Agustus (JJA) dan September, Oktober, November (SON) pada tahun 2005-2012, dapat dilihat pada gambar 10.



**Gambar 10.** Pola musiman fraksi awan Sumatera Utara tahun 2005 sampai dengan 2012.

Pola musiman fraksi awan Sumatera Utara pada musim DJF range fraksi awan antara 0,39 sampai dengan 0,43. Fraksi awan terendah terjadi pada DJF tahun 2007 yaitu 39,3 % dan tertinggi pada tahun 2006 yaitu 43 %. Musim MAM range fraksi awan antara 0,33 sampai dengan 0,395. Fraksi awan terendah terjadi pada MAM tahun 2009 yaitu 33 % dan tertinggi pada tahun 2008 yaitu 39,5 %. Untuk musim JJA range fraksi awan antara 0,328 dan 0,359. Fraksi awan terendah terjadi pada JJA tahun 2012 yaitu 32,8 % dan tertinggi pada tahun 2007 yaitu 35,9%. Fraksi awan pada musim SON range antara 0,402 sampai dengan 0,48, dengan fraksi awan terendah terjadi pada tahun 2010 yaitu 40,2 5 dan tertinggi terjadi pada SON tahun 2006 yaitu 48%.

Pola variasi musiman fraksi awan di Sumatera Utara secara umum menunjukkan pada musim SON fraksi awan terdeteksi paling tinggi khususnya pada tahun 2006 dengan fraksi awan 48% dan fraksi awan terendah pada JJA tahun 2012 dengan fraksi awan 32,8%..

## KESIMPULAN

Telah dilakukan analisis fraksi awan dan lapisan ozon di Sumatera Utara pada periode 2005 sampai dengan 2012. Hasil analisis rata-rata spasial liputan awan Sumatera Utara bervariasi antara 0,29 sampai dengan 0,52 sedangkan lapisan ozon Sumatera Utara bervariasi antara 249,5 DU sampai dengan 252,9 DU. Pengaruh liputan awan terhadap lapisan ozon di Sumatera utara mempunyai korelasi negatif, yaitu peningkatan liputan awan akan menurunkan konsentrasi ozon dengan koefisien korelasi antara 0,57 sampai dengan 0,79. Korelasi tertinggi antara liputan awan dengan lapisan ozon di Sumatera Utara diperoleh pada tahun 2006 dan 2008 dengan koefisien korelasi 0,793 dan 0,785. Hasil analisis variasi temporal fraksi awan di Sumatera Utara tahun 2005 sampai dengan 2012 menunjukkan adanya pola tahunan, fraksi awan maksimum terjadi pada bulan November dan minimum pada Juni. Pola musimannya maksimum pada SON dan minimum pada JJA. Variasi temporal lapisan ozon Sumatera Utara mempunyai pola tahunan dengan maksimum pada Agustus dan minimum pada Januari, sedangkan variasi musimannya maksimum pada JJA dan minimum pada DJF.

## DAFTAR PUSTAKA

Komala, N., A. Budiyo, N. Ambarsari, Thohirin, H. Suherman dan E. Adetya. "Karakteristik Ozon Total Dan Parameter Atmosfer Indonesia Dari Satelit AURA." Program Penelitian Pusfatsatklm, (2009)

- Komala, N., A. Budiyo, N. Ambarsari, D. Y. Risdianto, H. Suherman dan E. Adetya. "Kondisi Ozon Total Dan Parameter Atmosfer Indonesia Keterkaitannya Dengan Iklim." Program Penelitian Pusfatsatklm, (2010)
- NASA. "Educational Resources." The Ozone layer, at <http://www.nasa.gov/About/Education/Ozone/>, (2001)
- NASA. "OMI" home page: <http://toms.gsfc.nasa.gov/omi>, (2012)
- NASA. "Cloud Climatology" at <http://isccp.giss.nasa.gov>, (2012)
- UNEP. Laporan Tahunan, (2010)