

# PENGEMBANGAN MODEL *FLUKS* MIKROMETEOROID DARI DATA METEOR *WIND RADAR*

Thomas Djamaluddin

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN  
[t\\_djamal@bdg.lapan.go.id](mailto:t_djamal@bdg.lapan.go.id), [t\\_djamal@hotmail.com](mailto:t_djamal@hotmail.com)

## ABSTRACT

Developing of micrometeoroid flux model is needed to infer the characteristic of meteor flux entering Earth environment and potentially endanger satellites and spacecraft. Meteor Wind Radar (MWR), as an instrument for detecting wind of upper atmosphere dynamics, provides data of meteor influx. Analysis of Serpong's and Kototabang's MWR data showed that meteor flux depends on the position of the station relative to the ecliptic plane. The inclination from the ecliptic plane causes annual variation with the minimums around 22 March and 23 September. Meteor flux from Serpong MWR which is higher during March minimum than that during September minimum may be explained that it is due to position difference relative from meteor direction. While Kototabang station is located at (0.20S, 100.32°E), very close to the equator, must be both minimum shows similar flux. However, due to the decrease of solar activity, minimum flux during September tends to be higher than that of March. There is also a trend that meteor flux increases as solar activity decreases from 1992-1995 and 2002 - the end of 2004. Sinusoidal model of micrometeoroid flux which is combined with function of solar activity was developed to describe variation of micrometeoroid flux. Anomalies from 'the ecliptic variation' and solar activity factors may indicate a non-uniform and very dynamics meteoroid distribution in space environment due to comet dust or space weather.

## ABSTRAK

Pengembangan model *fluks* mikrometeoroid diperlukan untuk mengetahui karakteristik variasi *fluks* meteor yang masuk ke lingkungan bumi dan berpotensi mengancam satelit dan wahana antariksa. Model ini dikembangkan berdasarkan data *fluks Meteor Wind Radar*. *Meteor Wind Radar* (MWR) sebagai perangkat pengamatan angin atmosfer atas sekaligus juga memberikan data *fluks* meteor. Analisis pada data MWR Serpong dan Kototabang menunjukkan bahwa fluks meteor bergantung pada posisi stasiun relatif terhadap bidang ekliptika. Kemiringan relatif terhadap bidang ekliptika menyebabkan variasi tahunan meteor dengan minimum sekitar 22 Maret dan 23 September. *Fluks* meteor dari MWR Serpong pada saat minimum Maret lebih tinggi dari minimum September, dapat dijelaskan akibat perbedaan posisi relatif terhadap arah datang meteoroid. Sementara MWR Kototabang terletak pada 0,20°LS 100,32°BT sangat dekat dengan ekuator, menunjukkan variasi yang seharusnya mempunyai minimum yang relatif sama. Namun akibat pengaruh aktivitas matahari yang menurun, *fluks* minimum September cenderung lebih tinggi dari pada minimum Maret. Terlihat kecenderungan umum meningkatnya *fluks* meteor mengikuti menurunnya aktivitas matahari dari 1992 - 1995 dan 2002 ke akhir 2004. Model sinusoidal *fluks* mikrometeoroid yang digabungkan dengan fungsi aktivitas matahari dikembangkan untuk menggambarkan variasi *fluks* mikrometeoroid. Anomali dari Variasi ekliptik' dan faktor aktivitas matahari dapat memberikan indikasi distribusi meteoroid yang tidak seragam dan sangat dinamik di lingkungan antariksa akibat debu komet atau cuaca antariksa.

## 1 PENDAHULUAN

Partikel antar planet (sisa pembentukan tata surya atau debu komet) secara umum dinamakan meteoroid. Jumlah terbesar meteoroid berukuran sangat kecil sehingga disebut mikro-meteoroid. Ketika memasuki bumi, meteoroid bergesekan dengan atmosfer dan terbakar tampak sebagai meteor. Efek pemanasan saat bergesekan dengan atmosfer menyebabkan ionisasi sehingga dapat dideteksi sebagai *echo* dengan radar meteor. Karena biasanya radar meteor digunakan juga untuk meneliti dinamika angin di atmosfer atas, sehingga radar meteor sering juga disebut *Meteor Wind Radar* (MWR) dengan fungsi utama MWR mempelajari kondisi fisik dan dinamika atmosfer atas pada ketinggian 70-120 km. Jumlah *echo* yang digunakan dalam analisis angin di atmosfer atas juga menunjukkan jumlah meteor yang masuk ke atmosfer bumi.

Meteor terdiri dari meteor sporadik dan hujan/badai meteor. *Fluks* meteor yang masuk ke atmosfer bumi dapat menggambarkan kondisi partikel antar planet di lingkungan antariksa di sekitar bumi. Pengamatan *fluks* meteor dengan MWR sangat penting karena memberikan data *fluks* yang tidak terpengaruh oleh cuaca seperti pada pengamatan secara visual. Dengan menggunakan MWR, jumlah meteor yang terdeteksi sangat lengkap mencakup seluruh langit. Di Indonesia, pengamatan dengan MWR juga sangat menguntungkan karena masalah awan yang sering mengganggu pengamatan astronomi secara visual tidak menjadi masalah lagi.

Data meteor diperoleh dari MWR Serpong dan MWR Kototabang. Sejak 1992 sampai 1999 telah dioperasikan MWR Serpong (6.4° LS, 106.7° BT) hasil kerjasama LAPAN, Universitas Kyoto, dan BPPT, (Tsuda, et. al. 1999) MWR hasil kerjasama LAPAN dan Universitas Kyoto dioperasikan di Kototabang (0.20° LS, 100.32° BT) sejak 2002. Makalah ini melaporkan hasil penelitian tentang pengembangan model *fluks* mikro-

meteoroid yang diturunkan dari data MWR Serpong dan MWR Kototabang.

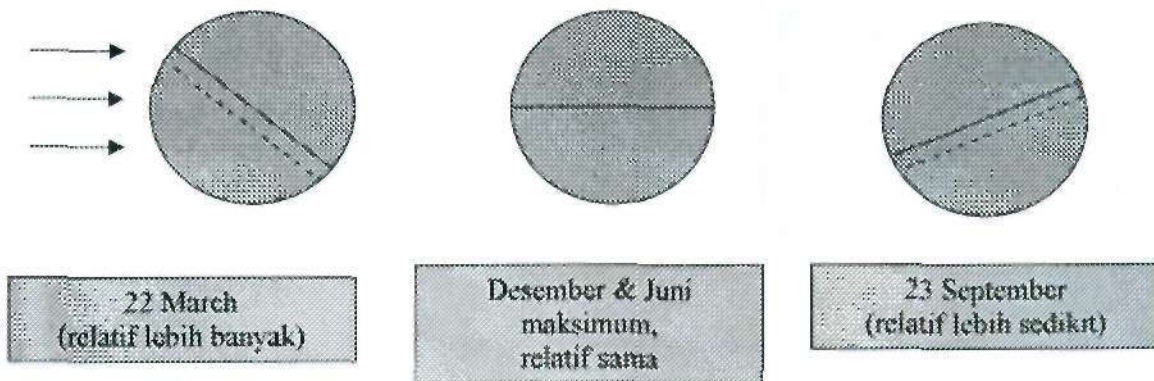
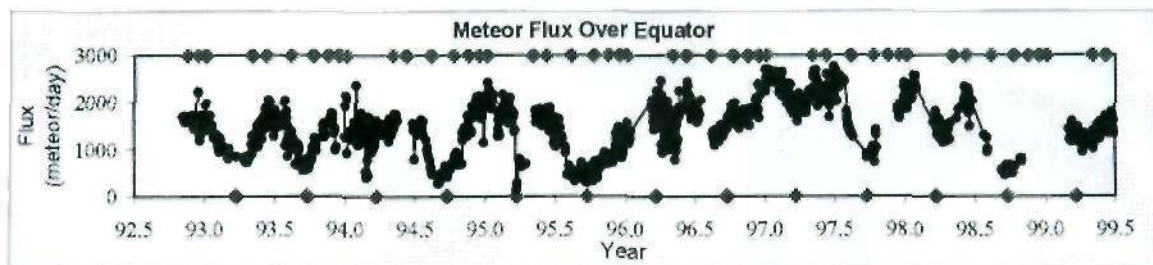
## 2 DATA DAN PENGOLAHANNYA

Pengembangan model dilakukan dengan menganalisis data meteor dari MWR Serpong dan Kototabang. Data pengamatan meteor dari MWR Serpong 1992 - 1999 dan MWR Kototabang 2002-2004 diperoleh dari RASC (*Radio Atmospheric Science Center*, sekarang namanya menjadi RISH-i?esearch *Institute for Sustainable Humanosphere*)- Universitas Kyoto. Format data awal MWR Serpong adalah data angin di atmosfer atas yang dihitung dari masing-masing *echo* dari setiap meteor. Untuk menghitung jumlah meteor dibuat program khusus yang menghitung jumlah *echo* setiap harinya. Sedangkan format data MWR Kototabang adalah data angin rata-rata setiap jam pada rentang km ketinggian tertentu dengan jumlah meteor yang digunakan dalam perhitungan data angin. Dengan demikian jumlah meteor dapat dihitung dengan program khusus yang dibuat untuk menghitung jumlah meteor hariannya.

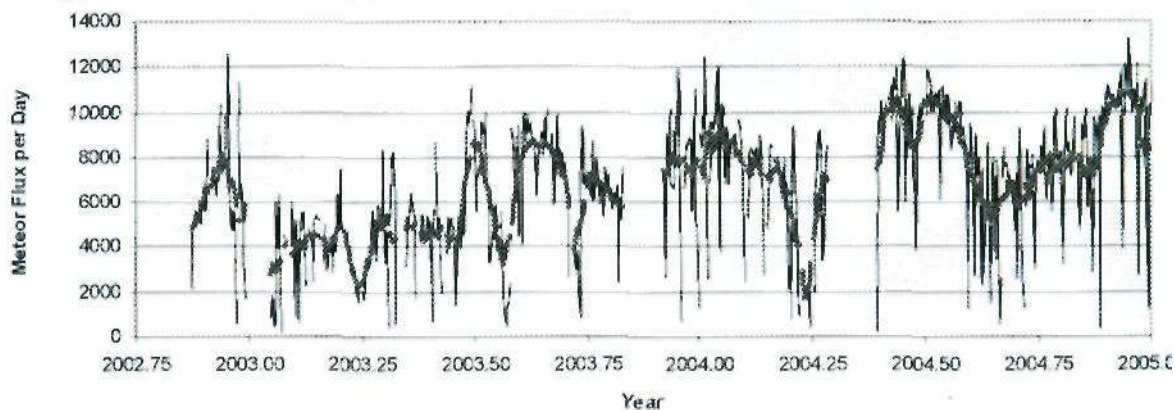
Data *fluks* meteor harian kemudian diplotkan runtut waktu untuk analisis variasinya. Penghalusan dilakukan untuk data MWR Kototabang dengan rata-rata bergerak 13 harian untuk menghilangkan variasi jangka pendeknya. Model sinusoidal dibuat untuk dicocokkan dengan plot variasi hariannya yang telah dihaluskan. Karena tampaknya siklus aktivitas matahari juga berperan pada variasi jangka panjang, modelnya digabungkan dengan fungsi aktivitas matahari.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 3-1 ditunjukkan hasil analisis *fluks* harian meteor yang terdeteksi MWR Serpong. Variasi tahunan terlihat dengan minimum sekitar 22 Maret (xxxx,25) dan 23 September (xxxx,75) dan maksimum sekitar bulan Juni (xxxx,5) dan Desember (xxxx,0). Hal ini diinterpre-



Gambar 3-1: *Fluks* meteor harian yang terdeteksi MWR Serpong. Variasi tahunan terlihat bila dikaitkan dengan titik-titik di bawah yang menunjukkan 22 Maret dan 23 September. Sedangkan titik di atas menunjukkan tanggal-tanggal hujan meteor besar



Gambar 3-2: *Fluks* meteor harian yang terdeteksi MWR Kototabang (garis tipis). Garis tebal menunjukkan hasil penghalusan 13 harian. Variasi tahunan karena kemiringan ekuator terlihat jelas

tasikan bahwa variasi *fluks* meteor sebagai akibat kemiringan ekuator bumi dari bidang ekuator. Sedangkan variasi tahunan *fluks* meteor dari MWR Kototabang ditunjukkan pada Gambar 3-2 yang memperlihatkan variasi serupa. Variasi dari tahun ke tahun, khususnya pada Gambar 3-2. menunjukkan bahwa distribusi meteoroid di bidang ekuator sepanjang orbit bumi tidak seragam. Roggeman (1989) dalam *Handbook International Meteor Organization* menjelaskan bahwa

variasi *fluks* meteor hanya disebabkan oleh distribusi yang tidak seragam radian meteor. Tetapi analisis ini menunjukkan bahwa variasi karena kemiringan bidang ekuator terhadap bidang ekuator sangat jelas.

Berdasarkan data deteksi meteor di MWR Serpong, Djameluddin et. al. (1995), dengan data terbatas 1992-1993 memperoleh model empirik *fluks* mikro-meteoroid sebagai berikut:

$$JMS = 1900 - 1900 \cdot \cos[(H-80)/365 \cdot 4 \cdot \pi] \quad (3-1)$$

dengan

JMS adalah jumlah total harian meteor sporadik,

H adalah hari sejak 1 Januari

Pada analisis ini digunakan data yang lebih panjang 1992 - 1999 dan diperoleh model empirik sebagai berikut:

$$J_{MS}=1400-700*\cos[(H-80)/365*4*\pi] \quad (3-2)$$

Perbandingan antara model dan data ditunjukkan pada Gambar 3-3.

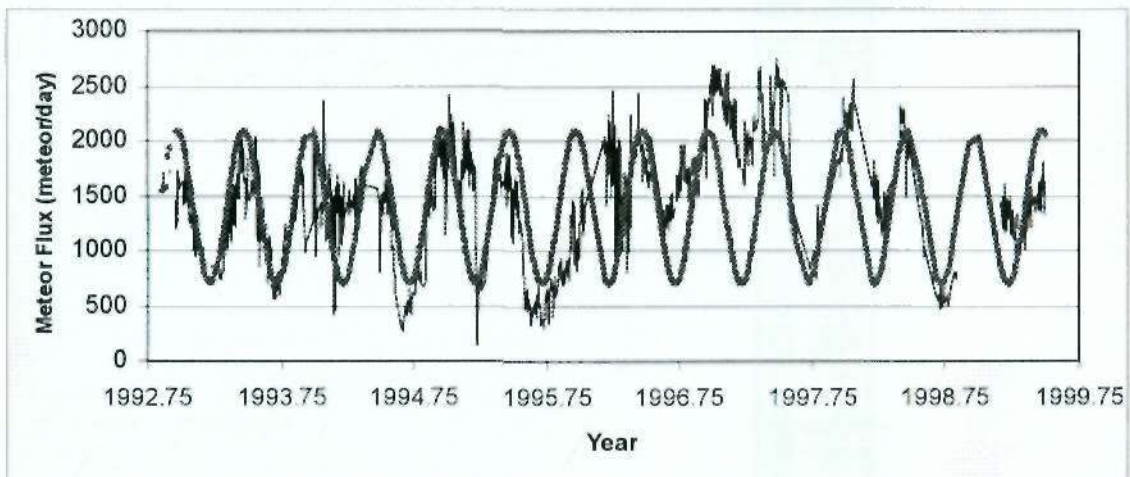
Untuk *fluks* meteor dari MWR Kototabang diperoleh model empirik sebagai berikut:

$$J_{MS}=5500-3000*\cos[(H-80)/365*4*\pi] \quad (3-3)$$

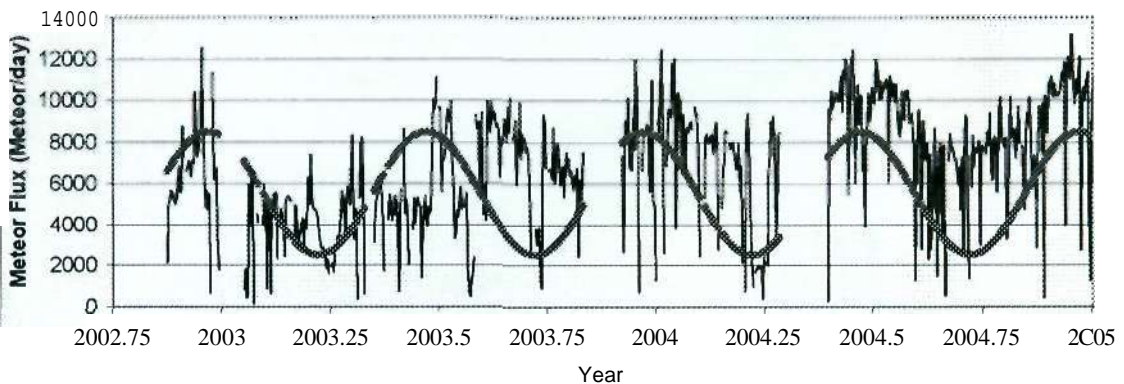
Perbandingan antara model dan data ditunjukkan pada Gambar 3-4.

Baik pada Gambar 3-3 maupun Gambar 3-4 terlihat jelas bahwa model sinusoidal terkait dengan variasi ekliptik

cukup baik menjelaskan variasi periodiknya. Tetapi masih ada penyimpangan yang cukup besar. Terlihat saat aktivitas matahari minimum, sekitar 1996 - 1997 dan 2004 - 2004 *fluks* meteor cenderung lebih tinggi dari yang dimodelkan sekadar sinusoidal. Selain variasi tahunan karena kemiringan ekliptika terlihat juga kecenderungan peningkatan *fluks* meteor yang terdeteksi MWR Serpong (Gambar 3-3) sejak 1992 sampai 1997, yang mengindikasikan pengaruh aktivitas matahari yang berbanding terbalik dengan *fluks* meteor. Demikian juga kecenderungan peningkatan *fluks* sejak 2002 sampai 2005 pada data meteor MWR Kototabang (Gambar 3-4), yang mengindikasikan pengaruh aktivitas matahari yang berbanding terbalik *fluks* meteor.

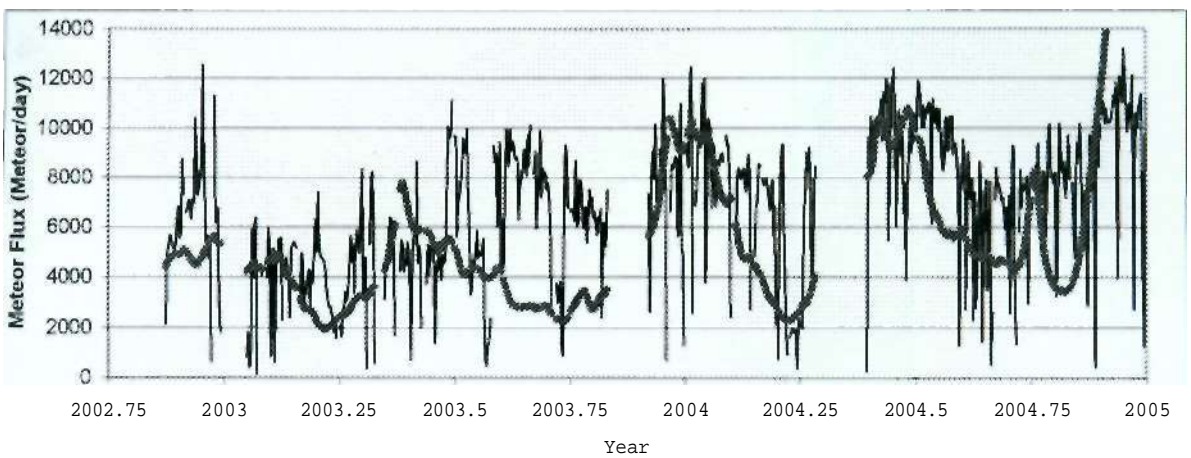


Gambar 3-3: Perbandingan antara model sinusoidal (garis tebal) dan data meteor dari MWR Serpong (garis tipis).



Gambar 3-4: Perbandingan antara model sinusoidal (garis tebal) dan data meteor dari MWR Kototabang (garis tipis)





Gambar 3-5: Perbandingan antara model gabungan sinusoidal dan fungsi aktivitas matahari (garis titik-titik) dan data meteor dari MWR Kototabang (garis penuh)

Analisis pengaruh aktivitas matahari bisa juga dilihat dari ketidaksimetrisan minimum bulan Maret dan September. Pada Gambar 3-1 ketidaksimetrisan dapat dijelaskan karena posisi Serpong yang berada di selatan ekuator. Pada bulan Maret MWR Serpong, ditinjau dari arah datangnya meteoroid, posisinya relatif lebih di depan dari pada posisi bulan September. Akibatnya minimum pada bulan Maret *fluks-nya* relatif lebih banyak dari pada minimum bulan September. Dengan penjelasan yang sama, kalau tidak ada faktor lainnya yang berpengaruh, minimum pada Maret dan September pada *fluks* meteor yang terdeteksi pada MWR Kototabang semestinya relatif sama karena MWR Kototabang letaknya hampir di ekuator. Pada Kenyataannya minimum pada bulan September *fluks-nya* lebih banyak dari pada minimum bulan Maret. Hal ini diduga karena pengaruh penurunan aktivitas matahari yang berdampak pada peningkatan *fluks* meteor. Meningkatnya *fluks* meteoroid saat aktivitas matahari minimum juga disimpulkan oleh Ellyett (1977).

Pada Gambar 3-5 ditunjukkan suatu pendekatan empirik sederhana dengan memasukkan fungsi aktivitas matahari dengan parameter bilangan *sunspot* harian (yang telah dihaluskan 27 harian):

$$JM_s = 50/R_h * [5500 - 3000 * \cos((H - 80)/365 * 4 * \pi)] \quad (3-4)$$

dengan  $R_i$ , bilangan *sunspot* harian setelah dihaluskan dengan rata-rata bergerak 27 harian. Tampak bahwa model pendekatan yang memasukkan faktor aktivitas matahari lebih baik dari sekadar model sinusoidal. Setidaknya dapat menjelaskan bahwa minimum pada bulan September (xxxx.75) relatif lebih tinggi dari pada minimum pada bulan Maret (xxxx.25). Penyimpangan yang cukup besar masih tampak pada beberapa selang. Hal ini menunjukkan kondisi sebaran mikro-meteoroid yang tidak seragam di bidang ekliptika.

#### 4 KESIMPULAN

Hasil analisis variasi *fluks* meteor dari pengukuran MWR Serpong dan MWR Kototabang menunjukkan adanya variasi tahunan dengan dua minimum pada Maret dan September dan dua maksimum pada Juni dan Desember. Hal ini menunjukkan adanya variasi periodik karena posisi relatif terhadap bidang ekliptika, kemudian dimodelkan secara empirik dengan persamaan sinusoidal. Di samping itu juga terlihat kecenderungan adanya pengaruh aktivitas matahari yang berbanding terbalik dengan *fluks* meteor, yaitu pada saat aktivitas matahari menurun terlihat *fluks* meteor cenderung naik. Maka dibuat model empirik yang menggabungkan persamaan sinusoidal dan fungsi aktivitas matahari.

$JMS = 50 / Rh * [5500 - 3000 * \cos[(H - 80) / 365 * 4 * \pi]]$   
Hasilnya dapat menjelaskan *fluks* minimum pada bulan September lebih tinggi dari bulan Maret saat aktivitas matahari menurun. Masih adanya penyimpangan menunjukkan adanya penyebaran meteoroid di sepanjang orbit bumi mengelilingi matahari yang tidak seragam dan bersifat dinamis.

### Ucapan Terima kasih

Data MWR Serpong dan Kototabang diberikan oleh Dr. Takuji Nakamura dari Universitas Kyoto.

### DAFTAR RUJUKAN

- Djamaluddin, T., Suaydhi, dan Ratag, M. A., 1995. *Telaah Orbit Komet dalam Kaitannya dengan Hujan Meteor*, Majalah LAPAN No 74, him. 39, 1995.
- Ellyett, C, 1977. *Solar influence on meteors rates and atmospheric density variations at meteor heights* (Abstract), *J. Geophys. Res.*, 82, 1455 - 1462. (Provided by the NASA Astrophysics Data System)
- NAO (*National Astronomical Observatory*), 1995. *Rika nepyo* (Chronological Scientific Tables), pp. 106. (In Japanese)
- Roggemans, P. (ed.), 1989. *Handbook for visual meteor observations*, Sky Publishing Corporation, Cambridge.
- Tsuda, T., K. Ohnishi, S. Yoshida, et. al., Observations of atmospheric waves in the tropical Pacific with radars and Radiosondes (Abstract), *Adv. Space Res.*, 24, 1591-1600. (Provided by the NASA Astrophysics Data System).