

# Analisis Variasi Kecepatan Angin Mesosfer dan Termosfer Bawah di Atas Pemeungpeuk

DYAH RM, BULDAN M, GATOT W

Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusfatsains LAPAN, Bandung  
e-mail: dyah\_rm@bdg.lapan.go.id

## ABSTRAK

Variasi kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah daerah ekuator Indonesia menarik untuk dikaji karena variabilitasnya dalam skala waktu dan tempat yang berbeda belum dimodelkan dan bagaimana mekanismenya belum diketahui. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana variabilitas kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah di atas Pameungpeuk sebagai studi awal untuk pemodelan kecepatan angin ekuator Indonesia. Analisis kecepatan angin dibuat berdasarkan data jam-an dari suatu hari yang representatif. Kemudian dengan analisis harmonik akan dikaji variasi harian kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah untuk komponen pasut diurnal, semidiurnal, dan 8 jam-an.

*Kata Kunci : mesosfer, termosfer, pasut, analisis harmonik*

## 1. Pendahuluan

Pemodelan kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah perlu dilakukan untuk memahami dinamika atmosfer atas terutama di daerah ekuator seperti Indonesia, mengingat peran penting daerah ekuator sebagai penggerak sirkulasi udara secara global. Sebelum lebih jauh merancang model baik model empiris maupun fisis maka lebih dulu perlu diketahui dan dipahami bagaimana variasi dari kecepatan angin di lapisan mesosfer dan termosfer bawah daerah yang akan dimodelkan.

Berkaitan dengan pembahasan tentang variasi kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah maka terutama akan banyak membahas tentang pasut atmosfer karena diantara gelombang-gelombang atmosfer di lapisan ini maka pasut adalah yang dominan. Biasanya pasut diurnal dan semidiurnal paling dominan, walaupun ditemukan juga harmonik lebih tinggi seperti terdiurnal dan quarter diurnal (Sujata Kovalam, 2000).

Pasut atmosfer adalah salah satu komponen terpenting dalam perpindahan energi dan momentum antara lapisan atmosfer satu dengan lapisan atmosfer lainnya. Dinamika atmosfer yang diakibatkan oleh pasut atmosfer di mesosfer dan termosfer bawah akan menyebabkan terjadinya peningkatan amplitudo dalam penjalarnya ke arah atas. Proses inilah yang menentukan besarnya momentum dan panas di lapisan atmosfer atas. Peningkatan amplitudo pasut, terutama di lapisan mesosfer dan termosfer bawah akan mendominasi medan-medan angin. Seperti gelombang atmosfer lainnya, pasut atmosfer akan memindahkan momentum dari daerah sumbernya ke daerah dimana pasut akan terdisipasi sehingga mempengaruhi sirkulasi rata-rata dan struktur lapisan atmosfer lainnya (Teitelbaum dan Vial, 1981; Lieberman dan Hays, 1994).

Pengamatan dan kajian tentang pasut atmosfer di mesosfer dan termosfer bawah terdahulu menunjukkan adanya variabilitas dalam beberapa skala waktu meliputi skala pendek (Nakamura dkk, 1997), skala planeter (Fritts dan Isler, 1994), semiannual (Vincent dkk, 1988), intraseasonal (Eckermann dkk, 1997), dan interannual (Vincent dkk, 1988; Burrage dkk, 1995a; Fritts dan Isler, 1994). Variabilitas dalam skala waktu tersebut penting untuk mempelajari penyebab-penyebabnya. Variasi parameter-parameter pasut dalam skala waktu lebih lama ditemukan pada lapisan atmosfer lebih rendah.

Pada penelitian ini akan dikaji variabilitas kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah daerah ekuator Indonesia dengan menganalisis data kecepatan angin hasil pengamatan MF Radar Pameungpeuk sebagai langkah awal dalam perancangan model mesosfer dan termosfer bawah ekuator Indonesia.

## 2. Data dan Pengolahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kecepatan angin zonal jam-an keluaran MF Radar Pameungpeuk tahun 2005 dan 2006 untuk ketinggian 80 km s.d. 98 km yang mewakili ketinggian lapisan mesosfer dan termosfer bawah.

Data kecepatan angin zonal yang sudah diolah dengan program baca data yang dibuat kemudian diolah dengan analisis harmonik.

Suatu fungsi harmonik dapat dinyatakan sbb:

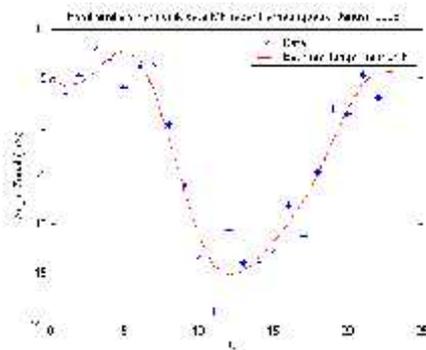
$$V_t = A_0 + a_{24} \sin[\omega_{24}t] + b_{24} \cos[\omega_{24}t] + a_{12} \sin[\omega_{12}t] + b_{12} \cos[\omega_{12}t] + a_8 \sin[\omega_8t] + b_8 \cos[\omega_8t]$$

Dengan manipulasi matriks maka akan diperoleh nilai-nilai koefisien persamaan fungsi harmonik tersebut. Amplitudo dan fase dihitung dari persamaan:

$$\begin{aligned} A_{24} &= [a_{24}^2 + b_{24}^2]^{1/2} & P_{24} &= \arctan(b_{24}/a_{24}) \\ A_{12} &= [a_{12}^2 + b_{12}^2]^{1/2} & P_{12} &= \arctan(b_{12}/a_{12}) \\ A_8 &= [a_8^2 + b_8^2]^{1/2} & P_8 &= \arctan(b_8/a_8) \end{aligned}$$

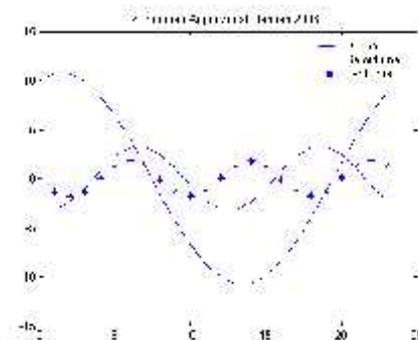
## 3. Hasil dan Pembahasan

Sebagai contoh pengolahan data, gambar 1a dan gambar 1b menunjukkan hasil analisis harmonik untuk data kecepatan angin zonal bulan Januari 2006. Gambar 1a adalah plot data pengamatan dan fungsi harmonik yang digunakan untuk mendekatinya.



Gambar 1a. Plot data pengamatan dan fungsi harmoniknya

Dengan pendekatan menggunakan fungsi harmonik maka akan diperoleh komponen-komponen pasut diurnal, semidiurnal, dan 8 jam-an berupa amplitudo ( $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$ ) dan fasa ( $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $P_3$ ). Komponen pasut berupa amplitudo untuk bulan Januari dapat dilihat pada gambar 1b.

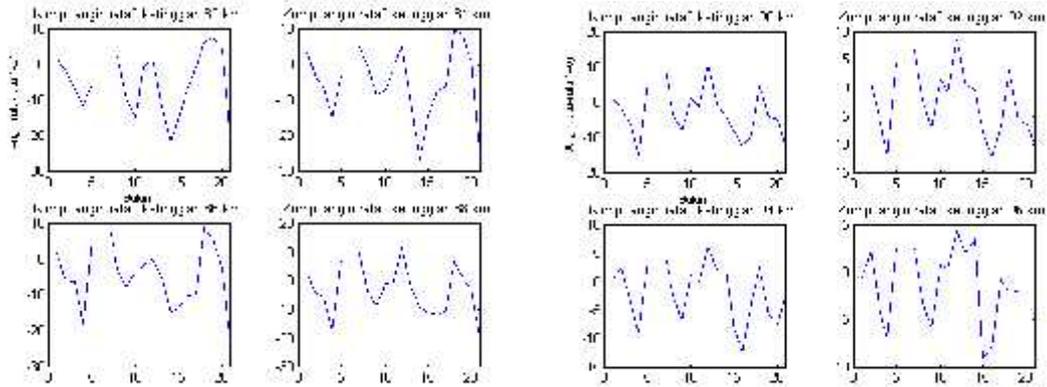


Gambar 1b. Komponen pasut bulan Januari 2006

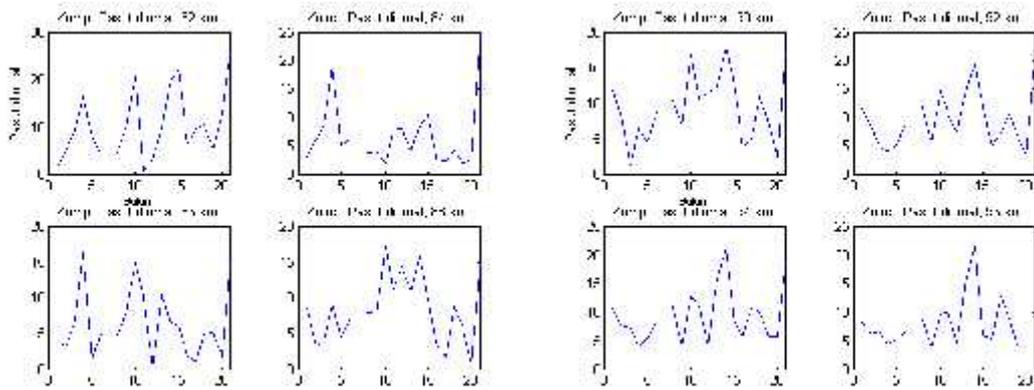
Secara keseluruhan hasil pengolahan data akan diperoleh nilai-nilai  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$  untuk bulan Januari s.d Juni 2005, Agustus s.d Desember 2005, dan Januari s.d September 2006 pada ketinggian 82 km s.d 96 km .

## Analisis Variasi Kecepatan Angin Mesosfer dan Termosfer Bawah 15 di Atas Pameungpeuk

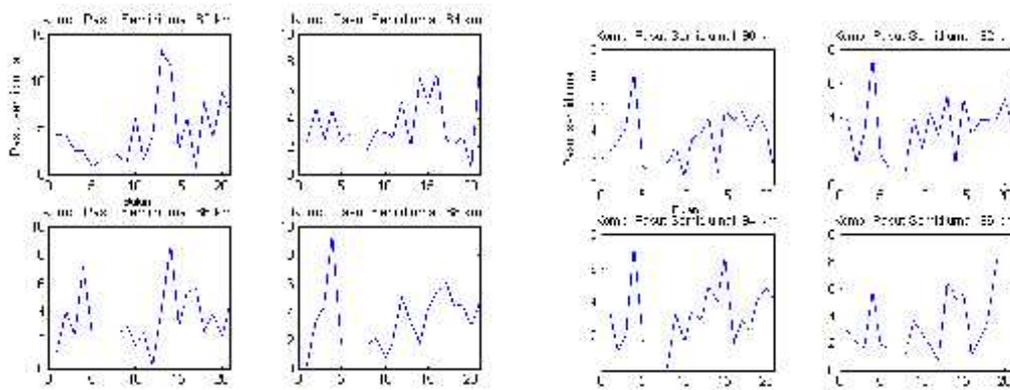
Variasi komponen angin rata-rata, komponen pasut diurnal, semidiurnal, dan 8 jam-an dapat dilihat dalam gambar 2a s.d. 2d.



(2a)

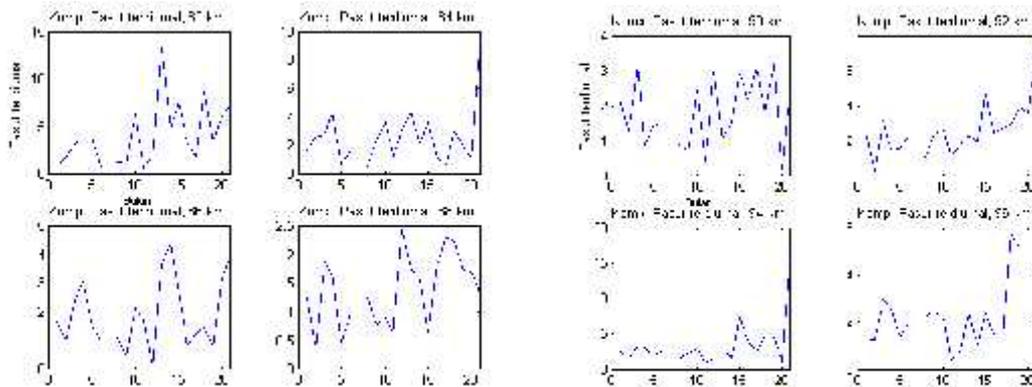


(2b)



(2c)

Gambar (2a) Komponen Angin Rata-rata Januari 2005 sampai dengan September 2006,  $h=82$  km s.d 96 km; (2b) Komponen Pasut Diurnal Januari 2005 sampai dengan September 2006,  $h=82$  km s.d 96; (2c) Komponen Pasut Semidiurnal Januari 2005 sampai dengan September 2006,  $h=82$  km s.d 96 km.



Gambar 2d. Komponen Pasut Terdiurnal Januari 2005 sampai dengan September 2006,  $h=82$  km s.d 96 km

Variasi komponen angin rata-rata bulan Januari 2005 s.d bulan September 2006 pada ketinggian 82 km s.d ketinggian 92 km tampak memiliki pola yang sama (Gambar 2a). Sedikit perbedaan mulai terlihat pada ketinggian 94 km s.d 96 km. Arah komponen angin rata-rata dari kecepatan angin zonal didominasi oleh arah timur dengan puncaknya terjadi pada bulan Januari, April, dan September.

Untuk komponen pasut diurnal bulan Januari 2005 s.d bulan September 2006 pada ketinggian 82 km dan ketinggian 84 km memiliki pola yang sama (Gambar 2b). Sedikit perbedaan mulai terlihat pada ketinggian 86 km s.d 96 km. Arah komponen angin rata-rata dari kecepatan angin zonal didominasi oleh arah barat dengan puncaknya terjadi pada bulan Januari, April, dan September.

Komponen pasut semidiurnal bulan Januari 2005 s.d bulan September 2006 terlihat agak tidak beraturan (Gambar 2c). Ada pola fluktuasi yang hampir sama antara ketinggian 88 km dan 90 km, juga antara ketinggian 94 km dan 96 km. Arah barat juga masih dominan pada komponen pasut semidiurnal, dengan puncak-puncaknya terjadi pada bulan-bulan Januari dan April.

Ketidakteraturan pola fluktuasi juga masih tampak pada komponen pasut terdiurnal (Gambar 2d). Pola yang sama pada ketinggian 88-90 km, juga ketinggian 94-96 km. Arah dominan masih ke arah barat dengan puncaknya terjadi pada bulan Januari, April, dan September.

Puncak-puncak komponen pasut terjadi pada bulan Januari, April, dan September. Hal tersebut tentu saja berkaitan dengan posisi matahari dan pengaruhnya terhadap atmosfer permukaan. Pada bulan Januari matahari berada di belahan bumi selatan sehingga BBS mengalami musim panas. Pada kondisi ini terbentuk tekanan tinggi di bagian utara Benua Asia. Aliran udara akan bergerak ke arah tenggara. Setelah mencapai Laut Cina Timur berubah menjadi angin Timur Laut. Adanya pegunungan di sebelah timur Myanmar membatasi pergerakan udara tersebut, melewati Asia Tenggara dan Laut Cina Selatan. Ketika melewati ekuator, aliran udara ini dibelokkan menjadi angin barat di atas Indonesia. Dominasi angin barat di permukaan kita temui juga pada ketinggian mesosferik dan termosferik. Amplitudonya pun mengalami peningkatan dengan bertambahnya ketinggian. Proses penjalaran gelombang, khususnya pasut atmosfer inilah yang berperan dalam perpindahan massa dan energi antar lapisan atmosfer.

Ketika matahari berada di belahan bumi utara (Juni-Juli-agustus), aliran udara terjadi sebaliknya. Angin tenggara dari benua Australia bertiup menuju ke arah barat laut melewati Indonesia dan Samudera Indonesia. Pengaruh rotasi bumi membelokkan arahnya menjadi barat daya ke arah timur laut. Bulan April dan September adalah masa transisi dimana akan terjadi pembalikan arah angin monsun, sehingga nampaknya hal tersebut juga berpengaruh ke lapisan mesosfer dan termosfer bawah. Lebih detail lagi tentang proses terbentuk, penjalaran, dan pecahnya pasut atmosfer dari permukaan ke atas sampai saat ini masih terus dikaji.

## Analisis Variasi Kecepatan Angin Mesosfer dan Termosfer Bawah 17 di Atas Pameungpeuk

### 4. Kesimpulan

Hasil pengolahan data kecepatan angin zonal keluaran MF Radar Pameungpeuk memberi gambaran kepada kita bagaimana pola variasi kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah di atas Pameungpeuk.

Untuk komponen diurnal dan semidiurnal, masih terlihat kemiripan polanya untuk ketinggian 82 km s.d 96 km, tetapi untuk komponen terdiurnal, semakin bervariasi polanya dengan perubahan ketinggian. Posisi matahari akan berpengaruh terhadap variasi kecepatan angin mesosfer dan termosfer bawah di atas Pameungpeuk, hal itu terlihat dari puncak-puncak komponen pasut yang terjadi pada bulan Januari, April, dan September. Namun demikian bagaimana mekanisme fisis proses penjalaran gelombang pasut dari permukaan ke lapisan atas atmosfer masih harus dikaji lebih lanjut.

### 5. Rujukan

- Burrage, M.D., Hagan, M.E., Skinner, W.R., Wu, D.L and Hays, P.B., 1995a, Long term variability in the solar diurnal tide observed by HRDI and simulated by the GSWM, *Geophysical Research Letters* 22, 2641-2644.
- Eckermann, S.D., Rajopadhyaya, D., and Vincent, R.A., 1997, Intraseasonal wind variability in the equatorial and lower thermosphere: Long term observation for the central Pacific, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* 59, 603-627.
- Fritts, D.C and Isler, J.R., 1994, Mean motion and tidal and two-day wave structure and variability in the mesosphere and lower thermosphere over Hawaii, *Journal of Atmospheric Sciences* 51, 2145-2164.
- Gurubaran, S., Sridharan, S., Tsuda, T., Nakamura, T., Vincent, R.A., Tides in the Equatorial MLT Region: Results from simultaneous MF and Meteor Radar measurements from Indonesian and Indian Sectors, American Geophysical Union, Fall Meeting 2004.
- Groves G.V., 1967, Seasonal and Latitudinal model of Atmospheric structures between 30 and 120 km, *Journal of British Interplanetary Society*, 22, 285-307.
- Kovalam, S., 2000, MF Radar observations of tides and planetary waves, Thesis PhD, Department of Physics and Math Physics, University of Adelaide, Australia.
- Liebermann, R.S and Hays, P.B., 1994, An estimate of the momentum deposition in the lower thermosphere by the observed diurnal tide, *Journal of the atmospheric sciences*, 51, 3094-3105.
- Nakamura, T., Fritts, D.C., Isler, J.R., Tsuda, T., Vincent, R.A and Reid, I.M., 1997, Short period fluctuations of the diurnal tide observed with the low latitude MF and meteor radars during CADRE: Evidence for gravity wave/tidal interactions, *Journal of Geophysics Research* 102, 26.225-26.238.