

PERILAKU GELOMBANG KELVIN PADA ANGIN MERIDIONAL DI ATAS KOTOTABANG SAAT MUSIM KERING(JJA) DAN MUSIM BASAH(DJF)

Juniarti Visa

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer-Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jl. dr. Djundjuran 133 Bandung, 40173
visamodel@yahoo.com; inavisa @bdg.lapan.go.id

Abstract

This research studied of the behaviour the Kelvin wave over Kototabang as the main trigger of the MJO occurrence at the layer around 14.1 km above mean sea level. Based on results of the EAR data analysis period of 2009 - 2010 by using the Spectra technique analysis the results showed that the Kelvin wave activity during the dry season (JJA) was relatively stronger compared to that during when the wet season (DJF). This was seen from the PSD (Power Spectral Density) value during the dry season reached to 3 m/s/Hz, and only 0.4 m/s/Hz during the wet season (DJF) with almost the same period oscillation approximately 24 day oscillation.

Keywords: Kelvin wave, MJO, EAR, wet season, dry season

Abstrak

Penelitian ini mempelajari perilaku gelombang Kelvin di atas Kototabang sebagai pemicu utama terjadinya MJO di sekitar lapisan 14,1 km di atas permukaan laut. Berbasis hasil analisis data EAR periode 2009 - 2010 dengan menggunakan teknik analisis spektral, maka di peroleh hasil bahwa aktivitas gelombang Kelvin di saat musim kering (JJA) relatif lebih kuat di dibandingkan saat musim basah (DJF). Hal ini terlihat dari nilai PSD (*Power Spectral Density*) saat musim kering mencapai 3 m/s/Hz, dan hanya 0.4 m/s/Hz pada saat musim basah (DJF) dengan periode osilasi yang hampir sama, yakni sekitar 24 harian.

Kata kunci: Gelombang Kelvin, MJO, EAR, Musim basah(DJF), Musim Kering (JJA).

1. PENDAHULUAN

Ningrum, (2009) menyatakan gelombang atmosfer merupakan osilasi variabel medan atmosferik yang merambat dalam ruang seperti: suhu, tekanan, dan kecepatan angin. Gelombang atmosfer memiliki skala gerak yang luas, yaitu mulai dari skala-mikro dengan panjang gelombang beberapa kilometer hingga skala planeter dengan panjang gelombang lebih dari 10.000 km. Dalam aspek meteorologis, gerak gelombang atmosfer dikelompokkan menjadi beberapa jenis gelombang. Beberapa tipe gelombang tersebut sangat menarik dan sering dikaji dalam bidang meteorologi dinamik. Gelombang atmosfer dapat dibagi dalam tiga bagian (Widyastuti, 1995) yaitu :

- a. Gelombang longitudinal yaitu partikel udara berosilasi secara periodik searah

dengan penjaran gelombang.

- b. Gelombang transversal – vertikal yaitu partikel udara berosilasi dalam bidang vertikal sementara gelombang menjalar dalam arah horizontal.
- c. Gelombang transversal – horizontal yaitu partikel udara melakukan osilasi dalam bidang horizontal tegak lurus terhadap arah penjaran gelombang.

Gelombang atmosfer sangat penting dalam berbagai proses atmosferik, baik proses kimia maupun proses fisis-dinamik dimana gelombang atmosfer mempunyai peranan utama dalam proses *coupling* di atmosfer. Sumber pembangkit atau pemicu gelombang atmosferik terdapat di troposfer yang berupa konveksi tropis yang terorganisir dalam pembentukan awan-awan Cumulonimbus (Cb), sistem cuaca, penyesuaian geostropik, dan pengangkatan orografik akibat bentuk topografik permukaan. Dengan mentransfer momentum secara vertikal ke atas, dinamika gelombang dapat mempengaruhi karakter pola sirkulasi utama pada lapisan atmosfer di atasnya (Ern *et al.*, 2008).

Posisi geografis Indonesia sebagai benua maritim memberikan pengaruh yang sangat berarti bagi dinamika atmosfer dalam berbagai skala. Indonesia terletak di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua Samudera (Pasifik dan Hindia) dengan dominasi lautan hampir dua pertiga wilayahnya. Hal ini menyebabkan kawasan ini diduga sebagai penyimpanan panas terbesar baik yang *sensible* ataupun *latent* bagi pembentukan awan-awan kumululus, seperti Cumulonimbus (Hermawan, 2002). Dinamika awan-awan Cumulonimbus (Cb) yang dikenal dengan istilah *Super Cloud Cluster* (SCCs) inilah yang membangkitkan fenomena atmosferik. Salah satu kajian dinamika atmosfer yang cukup penting di kawasan tropis adalah kajian mengenai fenomena gelombang atmosferik, khususnya gelombang atmosfer ekuatorial berskala planeter. Salah satu dinamika gelombang ekuatorial yang cukup penting adalah gelombang Kelvin. Berdasarkan hasil kajian Wallace dan Goussy pada tahun 1968 menunjukkan bahwa gelombang Kelvin bergerak dominan ke arah timur dengan periode bervariasi antara 15-20 harian di lapisan stratosfer bawah. Gelombang Kelvin yang pertama kali ditemukan memiliki panjang gelombang zonal 20.000 km dan panjang gelombang vertikalnya 6-10 km (Holton 2004). Gelombang Kelvin berpropagasi di *Tropical Tropopause Layer* (TTL) dan sangat mempengaruhi modulasi suhu (Immler *et al.*, 2008). Gelombang Kelvin diduga sebagai pemicu fenomena *Intraseasonal Variability* khususnya *Madden Julian Oscillation* (MJO). Analisis data OLR dan suhu menunjukkan bahwa jika aktifitas gelombang Kelvin dan

MJO muncul secara bersamaan, maka gelombang ekuatorial bersifat '*convectively coupled*'. Selain itu puncak-spektrum sebagai fungsi bilangan gelombang dan frekuensi akan menjadi lebih kompleks (Wheeler & Kiladis., 1999).

Menurut penelitian Lubis dan Setiawan, (2010), gelombang Kelvin memiliki peran yang sangat penting dalam dinamika atmosfer tropis. Gelombang ini diduga sebagai pemicu terjadinya fenomena Madden Julian Oscillation (MJO) dan ikut berperan dalam proses pembangkitan fenomena Quasi Biennial Oscillation (QBO). Holton menjelaskan lebih lanjut bahwa bangkitnya fenomena QBO disebabkan oleh adanya sumbangan momentum yang dihasilkan oleh gelombang Kelvin dan gelombang Yanai yang berimplikasi terhadap variasi angin zonal quasi dua tahunan pada lapisan stratosfer. Indonesia merupakan kawasan yang terletak di antara India dan Pasifik barat. Kemungkinan hadirnya gelombang Kelvin di atmosfer Indonesia sangat besar. Namun karakteristiknya belum tentu sama dengan yang pernah diamati sebelumnya. Karena itu perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengamati karakteristik gelombang Kelvin di Indonesia

Penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan adanya aktivitas gelombang Kelvin di ketinggian 14.1 km sebagai pemicu utama terjadinya MJO.

2. DATA DAN METODOLOGI

Dalam penelitian ini menggunakan data *Equatorial Atmospheric Radar* (EAR) yang berada di Kototabang ($0,2^{\circ}$ LS; $100,32^{\circ}$ BT) dan 865 m di atas permukaan laut, Sumatera Barat, berupa data angin meridional per jam dengan format .csv dari ketinggian 2 - 20 km dan memiliki resolusi vertikal 150 m dan waktu 10 menitan. Data selama periode 2009 - 2011 diperoleh dari situs :

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/data/>.

Software Matlab ver. 7 digunakan untuk mengetahui dan menganalisis *Power Spectral Density* (PSD) parameter angin meridional, apakah angin meridional tersebut berfluktuasi secara periodik atau tidak dalam rentang waktu 2009-2011.

Metode penelitian menggunakan analisis spektrum adalah suatu cara yang umumnya digunakan untuk melihat karakter data deret waktu dalam domain frekuensi, salah satu informasi penting yang dapat diperoleh dari analisis spektrum adalah periodisitas tersembunyi dalam data deret waktu. Analisis spektral ini digunakan untuk mengestimasi fungsi densitas spektrum dari suatu deret waktu. Karena data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data medan angin horizontal maka fungsi densitas spektral menyatakan energi kinetik angin.

Metode analisis spektrum yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *Fast Fourier Transform* (FFT) dan Transformasi *Wavelet*.

Analisis Spektrum Fourier merupakan transformasi dari fungsi autocovarian c_{xx} sebagai berikut:

$$f(\omega) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_x(k) e^{-i\omega k}$$

Walaupun analisis spectrum Fourier dapat memberikan informasi tentang periodisitas dari data, akan tetapi kemungkinan adanya variasi kekuatan energi osilasi maupun adanya evolusi dari periodisitas dalam data harus di atasi, karena itu selain menggunakan metoda spektrum Fourier, maka dalam penelitian ini digunakan juga metode transformasi wavelet.

Transformasi Wavelet merupakan suatu Analisis Multi Resolusi (AMR) yang menggunakan sebuah jendela modulasi atau fungsi dasar yang fleksibel yang dapat didesain sesuai kebutuhan untuk mendapatkan hasil transformasi yang terbaik. Karena yang akan dianalisis adalah evolusi dari periodisitas dalam suatu deret data, maka dalam penelitian ini digunakan Transformasi Wavelet kontinu dengan fungsi Morlet sebagai "Mother Wavelet"-nya.

Secara Matematik, Transformasi Wavelet Kontinu didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(s, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{s, \sigma}^*(t) dt$$

Dimana $\gamma(s, \sigma)$ adalah fungsi sinyal hasil transformasi, variabel s menyatakan skala, variabel σ menyatakan translasi, dan $f(t)$ merupakan sinyal data asli. Fungsi dasar $\psi_{s, \sigma}^*$ disebut sebagai fungsi wavelet (mother wavelet), dengan tanda * menunjukkan konjugasi kompleks.

Invers dari Transformasi Wavelet Kontinu didefinisikan sebagai :

$$f(t) = \iint \gamma(s, \sigma) \psi_{s, \sigma}(t) d s d \sigma$$

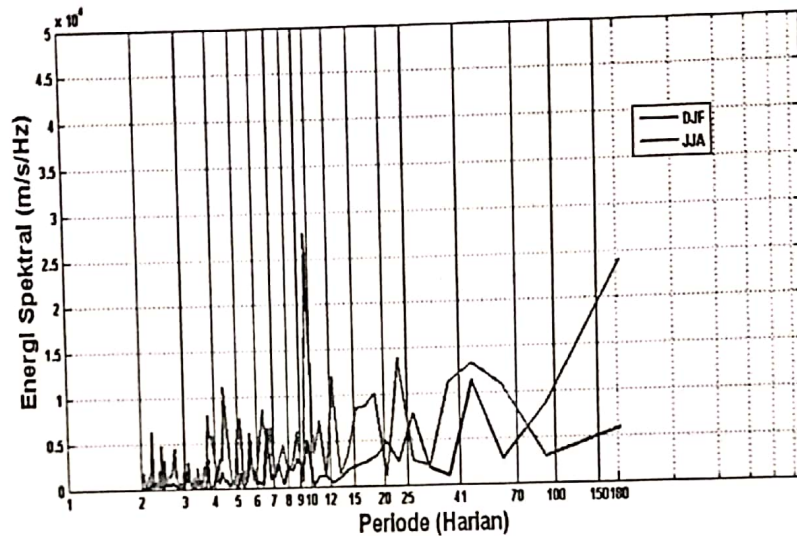
Fungsi dasar (mother wavelet) yang digunakan adalah Morlet yang diberikan oleh : (Ningrum, 2009)

$$\Psi(t) = \pi^{-1/4} e^{-i\omega_0 t} e^{-t^2/2}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

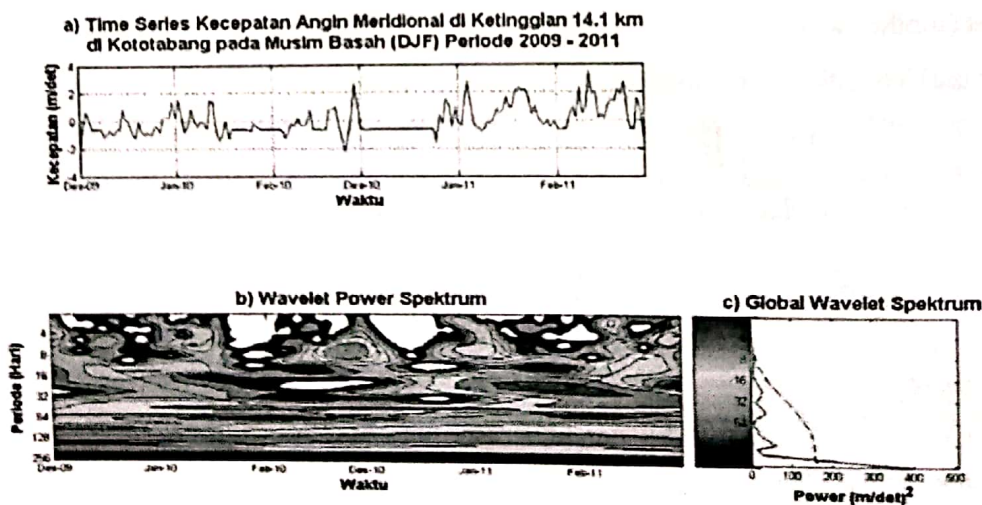
Hasil pengolahan data angin meridional pada musim kering (JJA) dan musim basah (DJF) untuk periode 2009 - 2011 dapat di lihat pada gambar 1. Di sini terlihat jelas bahwa *Power Spectral Density* (PSD) pada musim kering (JJA) lebih jelas dari pada musim basah (DJF). Juga di musim kering (JJA) *Power Spectral Density*(PSD) nya lebih kuat dengan puncak 2,75 m/s/Hz yang

berosilasi 9 – 10 harian. Selanjutnya juga terlihat adanya osilasi lain disekitar 23 harian dengan puncak yang relatif lebih kecil di sekitar 1,45 m/s/Hz. Kondisi ini jauh berbeda di dibandingkan dengan bulan basah (DJF) di mana puncaknya tidak lagi di 9-10 harian akan tetapi pada 45 harian. Ini mengindikasikan adanya sinyal MJO di ketinggian 14,1 km. Dengan adanya perbedaan yang tadi diduga adanya data yang hilang pada musim basah(DJF) seperti yang terlihat pada gambar 2.

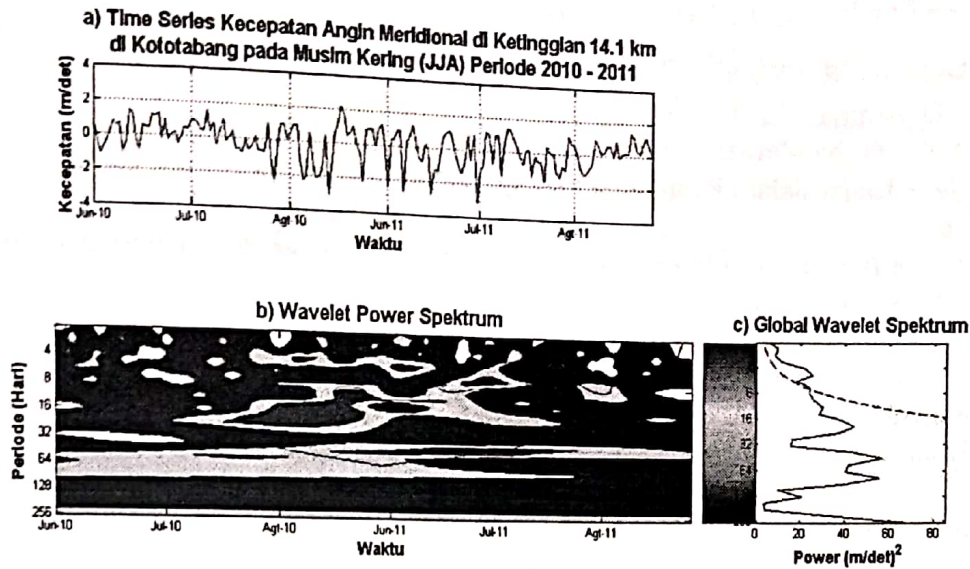


Gambar 1. Power Spectral Density(PSD) Angin Meridional di Kototabang pada musim kering(JJA) dan musim basah(DJF) tahun 2009-2011

Untuk mengkaji lebih dalam tentang karakteristik gelombang Kelvin di atas, maka dilakukanlah analisis menggunakan teknik wavelet, seperti nampak pada Gambar 2 dan 3 yang mewakili musim basah (DJF), dan musim kering (JJA).



Gambar 2. Wavelet kecepatan angin meridional pada ketinggian 14,1 km di Kototabang periode 2009-2011 pada musim Basah (DJF)



Gambar 3. Wavelet kecepatan angin meridional pada ketinggian 14,1 km di Kototabang periode 2009-2011 pada musim Kering (JJA)

Walaupun agak sulit dijelaskan terkait dengan banyaknya data hilang (*missing*), terutama pada Gambar 2, namun terjadi lonjakan yang cukup signifikan terhadap kenaikan angin meridional di lapisan sekitar 14 km dpl menjelang Desember 2010, dan juga sepanjang Januari 2011 hingga akhir Februari 2011, yakni di sepanjang musim basah. Kondisi ini berbeda, tatkala di musim panas (JJA), walaupun terjadi juga lonjakan angin vertikal, namun tidak membentuk pola tertentu. Hal ini tentunya berdampak kepada adanya gagasan untuk mengkaji lebih mendalam fenomena ini menggunakan data angin zonal sebagai pembanding daripada angin meridional.

4. KESIMPULAN

Ditemukan adanya aktivitas sinyal gelombang Kelvin di sekitar ketinggian 14.1 km yang terlihat dengan jelas berdasarkan analisis perilaku angin meridional-EAR untuk periode pengamatan 2009 – 2011. Hal ini dibuktikan dengan diketemukannya osolasi sekitar 10 harian, terutama pada saat bulan-bulan kering (JJA). Hasil ini diduga akan nampak lebih kuat, bilaman dilakukan dengan menganalisis perilaku angin zonal (T-B). Selain itu terlihat adanya signal MJO pada ketinggian yang sama yang diduga terjadi akibat adanya gelombang Kelvin.

UCAPAN TERIMAKASIH.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Eddy Hermawan dan dra. Iis Sofiati, M.Sc yang telah memberikan masukan dan partisipasinya dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR RUJUKAN.

- Ern M, Preusse P, Schröder S. 2008. *Wave Dynamics*. http://www.fzjuelich.de/icg/icg-1/Wave_Dynamics/
- Hermawan E. 2002. Perbandingan Antara Radar Atmosfer Khatulistiwa dengan Middle and Upper Atmosphere Radar dalam Pemantauan Angin Zonal dan Angin Meridional. *Warta LAPAN 4* (1) : 8-16.
- Holton JR. 2004. *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Edisi ke-4. Amsterdam: Elsevier Inc.
- Immler F et al. 2008. *Correlation between equatorial Kelvin waves and the occurrence of extremely thin ice clouds at the tropical tropopause*. *Atmos Chem Phys Discuss 8*: 2849–2862. www.atmos-chem-physdiscuss.net/8/2849/2008/ [16 Mei 2009]
- Lubis dan Setiawan, 2010. *Identifikasi Gelombang Kelvin Atmosfer Ekuatorial Di Indonesia berbasis data NCEP/NCAR Reanalysis I*. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*. Volume 10 - No. 2 - Desember 2010, ISSN 0854-3046
- Ningrum, W. *B.Sc. Thesis, Bogor Agricultural University*, 2009
- Wheeler M, Kiladis GN. 1999. Convectively coupled equatorial waves: Analysis of clouds and temperature in the wavenumber-frequency domain. *J Atmos Sci 56* : 374–399.
- Widyastuti E. 1995. *Analisis Dinamika Atmosfer Tropis di Sekitar Zona Tropopause Berdasarkan Data Radiosonde [Skripsi]*. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung