



---

## Karakteristik *Madden-Julian Oscillation* (MJO) Ketika *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO)

Fadhil Rizki Muhammad<sup>1\*</sup>, Yudha Kristanto<sup>1</sup>, Imam Wahyu Amanullah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Mahasiswa Meteorologi Terapan, Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Jawa Barat*

\* *Penulis Penanggungjawab. E-mail: fadhilmuhammad6@gmail.com*

*Telp/Hp: 083898829118*

### ABSTRAK

Perkembangan peristiwa *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) menunjukkan peran penting bagi *Madden-Julian Oscillation* (MJO). Variasi angin permukaan (UWND) dan konveksi (OLR) intramusiman yang merupakan komponen dari variabilitas MJO sangat berinteraksi dengan komponen ENSO dalam skala waktu dan ruang. Penelitian ini menggunakan Diagram Hovmueller untuk melihat perambatan konveksi, analisis spektral untuk melihat frekuensi MJO, analisis spektral bilangan gelombang-frekuensi untuk melihat perambatan dan bilangan gelombang zonal, serta analisis spektral silang untuk melihat koherensi serta fase dari konveksi dan angin zonal dengan *band-pass filter* 20-100 hari. Secara keseluruhan, hasil analisis spektral menunjukkan MJO memiliki frekuensi 30-60 harian. Hasil analisis diagram Hovmueller ketika peristiwa El-Nino lemah (tahun 2004-2005) menjelaskan bahwa ada perambatan konveksi ke timur tetapi hanya terjadi pada awal tahun sangat cepat atau tidak beraturan dan kemudian hilang. Konveksi menunjukkan bilangan gelombang zonal 1 ketika bulan Mei-Okt dan bilangan zonal 1-4 ketika bulan Nov-Apr. Spektrum silang menunjukkan angin zonal mendahului konveksi 1/8 putaran yang berarti ada hubungan fisis antara UWND dan OLR dengan koherensi 0.65 di

bilangan zonal 1-2. Ketika peristiwa El-Nino sangat kuat (tahun 1997-1998), diagram Hovmueller menunjukkan tidak adanya perambatan konveksi dari Samudera Hindia ke Pasifik bagian barat. Anomali dan perambatan konveksi sangat kuat pada awal tahun 1997 ketika fase normal dan melemah pada bulan Juli hingga hilang sama sekali seiring meningkatnya El-Nino. konveksi menunjukkan bulan Nov-Apr memiliki nilai spektral yang lebih kuat daripada bulan Mei-Okt. Konveksi menunjukkan bulan Nov-Apr memiliki nilai spektral yang lebih kuat daripada bulan Mei-Okt. Koherensi menunjukkan nilai yang tinggi pada bilangan zonal 1-2 dengan range 0.35-0.65, begitupula angin zonal juga mendahului konveksi sebesar 1/8 putaran. Perubahan signifikan pada MJO terlihat pada perambatan konveksi yang melemah, melemahnya sinyal MJO, dan frekuensi dari MJO yang menjadi lebih tinggi ketika El-Nino.

**Kata Kunci** : *band-pass filter*; Diagram Hovmueller; konveksi; spektrum silang; angin zonal

#### ABSTRACT

The development of ENSO (El-Nino Southern Oscillation) events has an important role for MJO (Madden Julian Oscillation). Variation of intraseasonal zonal wind and convection (OLR) are important components of MJO variability which interact with ENSO components in space-time scale. Before processing, data are filtered with Lanczos bandpass filter 20-100 days. This research using Hovmueller diagram to see the propagation of convection and zonal wind, spectral analysis to see MJO frequency, wavenumber-frequency spectra to see propagation of MJO and its zonal wavenumber, and cross-spectrum analysis to see coherence and phase lag between convection and zonal wind. Spectral analysis have shown that MJO have frequency of 30-60 days. During weak El-Nino event (1991-1992), Hovmueller diagram have discovered that there is eastward propagation of convection in the early years but occurs very quickly or irregularly and then dissipated. Convection have zonal

wavenumber of 1 when May-Oct and zonal wavenumber of 1-4 when Nov-Apr. Cross-spectrum shows that zonal wind leads convection by 1/8 cycle with coherence 0.65 in zonal wavenumber 1-2. Hovmueller diagram have shown that there are no eastward propagation from Indian Ocean to Western Pacific during strong El-Nino event (1997-1998). Convection and propagation were very strong in early 1997 then weakened in July to disappear altogether as El-Nino strengthened. Wavenumber-frequency spectra have shown that Nov-Apr convection has weaker value than May-Oct convection. Cross-spectrum shows large coherence in zonal wavenumber 1-2 with range of 0.35-0.65 and zonal wind leads convection by 1/8 cycle. Significant changes in MJO are seen in the disappearance of propagation of convection, weakening of MJO, and higher observed frequency of MJO as El-Nino activity strengthened.

**Keywords** : band-pass filter; Hovmueller diagram; convection; cross-spectrum; zonal wind

## 1. Pendahuluan

MJO (*Madden-Julian Oscillation*) merupakan komponen dominan dari variabilitas iklim intraseasonal di atmosfer wilayah tropis ketika musim dingin boreal [1][2]. Peristiwa MJO pertama kali terdeteksi oleh Madden dan Julian [3] menggunakan data rawinsodne dengan periode harian di Pulau Kanton, Republik Kiribati (3S, 172W) dan Singapura (1.3N, 103.8E) selama 10 tahun. MJO ditandai oleh sel-sel sirkulasi yang bergerak ke arah timur di sepanjang bidang ekuatorial Samudera Hindia

hingga Samudera Pasifik bagian barat. Pergerakan sel sirkulasi tersebut mengakibatkan variasi medan angin, suhu permukaan laut, keawanan, presipitasi, dan konveksi (*outgoing longwave radiation*) di sepanjang wilayah yang dilaluinya. Analisis spektral umumnya menunjukkan puncak kerapatan gelombang dengan periode 30-90 hari dan nomor gelombang satu yang khas pada arah zonal selama peristiwa MJO berlangsung [2].

Perkembangan peristiwa ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*) menunjukkan peran

penting bagi MJO. Penelitian secara observasional maupun teoritis menunjukkan bahwa aktivitas ENSO dapat mempengaruhi aktivitas MJO maupun sebaliknya (aktivitas MJO dapat mempengaruhi aktivitas ENSO) sebagai *stochastic forcing* yang sering terjadi di Pasifik Equatorial bagian barat seperti pada peristiwa El-Nino sangat kuat periode 1982/1983 dan 1997/1998 [2][4]. Variasi angin permukaan (UWND) dan konveksi (OLR) intramusiman yang merupakan komponen dari variabilitas MJO sangat berinteraksi dengan komponen ENSO karena koherensi spasial dan temporal yang besar pada fluks panas permukaan dan momentum [5]. Interaksi antara komponen variabilitas ENSO dan MJO tersebut bersifat non linier dan memiliki ketergantungan musiman dengan korelasi yang cukup signifikan [2].

Penelitian ini mengkaji karakteristik MJO ketika ENSO lebih lanjut menggunakan analisis ragam untuk mengetahui pengaruh MJO, diagram Hovmueller untuk melihat perambatan konveksi, analisis spektral untuk melihat frekuensi MJO, analisis spektral bilangan

gelombang-frekuensi untuk melihat perambatan dan bilangan gelombang zonal, serta analisis spektral silang untuk melihat koherensi serta fase konveksi dan UWND dengan *band-pass filter* 20-100 hari. Artikel ini tersusun atas bahan dan metode yang menjelaskan data dan teknik analisis, hasil dan pembahasan yang menjelaskan karakteristik MJO ketika ENSO hasil analisis Diagram Hovmueller dan analisis spektral, dan terakhir diikuti oleh simpulan.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Wilayah Kajian

Wilayah kajian yang digunakan pada penelitian ini adalah sabuk ekuatorial yang membentang sekitar  $30^{\circ}\text{N}$  hingga  $30^{\circ}\text{S}$  serta longitude yang dibatasi antara  $30^{\circ}\text{E}$  hingga  $60^{\circ}\text{W}$  dengan fokus utama Samudera Hindia sebagai wilayah awal perambatan MJO atau awal mula terjadinya konveksi (wilayah 1, 2, dan 3) dan Samudera Pasifik bagian barat yang merupakan wilayah akhir perambatan MJO (wilayah 6, 7, dan 8).

### 2.2. Alat dan Bahan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data reanalisis NCEP/NCAR *daily OLR Interpolated* dengan interval 1981-2013 dengan resolusi spasial  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  sebagai *proxy* dari konveksi dan data reanalisis NCEP/NCAR *daily UWND* pada ketinggian 850 hPa dengan interval waktu 1981-2013 dengan resolusi spasial  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  sebagai *proxy* dari angin zonal. Alat yang digunakan adalah *NCAR Command Language (NCL)* versi 6.3 dan *Climate Data Operator (CDO)*.

### 2.3. Teknik Analisis Data

Sebelum dianalisis lebih lanjut, untuk menghasilkan data dengan frekuensi intramusiman dan meminimalisir pengaruh frekuensi harian dan tahunan, data di-*filter* menggunakan *band-pass filter* dengan *lower cutoff frequency* 100 hari dan *higher cutoff frequency* 20 hari. Penentuan frekuensi *band-pass filter* tersebut didasari dari penelitian Waliser *et al.* [6]. Data yang telah di-*filter* dibagi menjadi beberapa tahun sesuai dengan klasifikasi peristiwa El-Nino. Sampel tahun 1996-1997 mewakili tahun normal atau tidak adanya peristiwa El-Nino, tahun 2004-2005 mewakili peristiwa El-

Nino lemah, tahun 2002-2003 mewakili peristiwa El-Nino sedang, dan tahun 1997-1998 mewakili peristiwa El-Nino sangat kuat.

Selanjutnya, data dianalisis menggunakan berbagai metode pada setiap sampel tersebut untuk melihat karakteristik bilangan gelombang, frekuensi, perambatan, dan koherensinya. Metode yang digunakan antara lain adalah analisis ragam untuk melihat pengaruh MJO di setiap kekuatan El-Nino, diagram Hovmuller untuk melihat pergerakan konveksi, analisis spektra data untuk melihat frekuensi sinyanya MJO, analisis spektra *wavenumber-frequency* untuk melihat karakteristik gelombang dalam domain spasial dan waktu seperti perambatan, bilangan gelombang, dan kekuatan spektra MJO, serta analisis spektrum silang untuk melihat koherensi dari dua data *time series*.

Data yang digunakan dalam analisis ragam adalah data konveksi (OLR) dan angin zonal (UWND). Setiap data (konveksi dan angin zonal) dibagi menjadi dua, yaitu data yang telah difilter dan tidak difilter untuk menghitung fraksi ragam yang didefinisikan sebagai berikut:

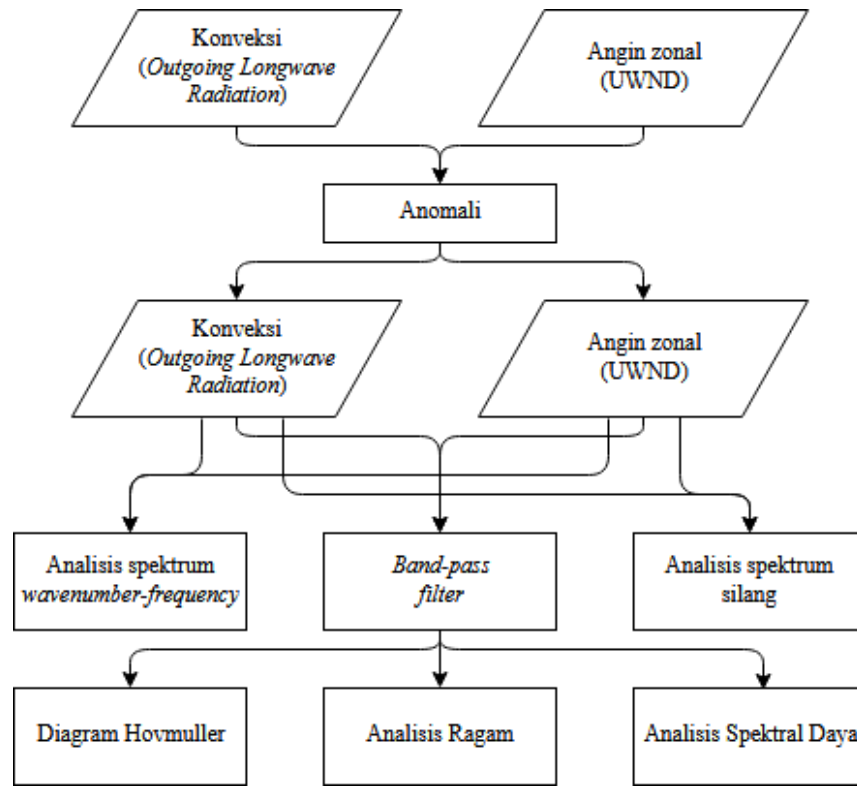
$$\sigma_f = \frac{\sigma_{filter}}{\sigma_{non-filter}} \quad (1)$$

Apabila nilai fraksi ragam di wilayah kajian mendekati nilai satu, maka wilayah kajian tersebut sangat terpengaruh oleh MJO dan sebaliknya apabila nilai fraksi ragam di wilayah kajian mendekati nol, maka wilayah kajian tersebut tidak terpengaruh oleh MJO. Nilai fraksi ragam ini juga berguna untuk melihat pengaruh MJO terhadap wilayah kajian apakah berubah atau tidak akibat pengaruh El-Nino.

Berbagai analisis spektrum dilakukan dalam menganalisis karakteristik MJO. Analisis spektra daya digunakan pada sebuah data *time series* untuk melihat periodisitas dari data. Seperti yang telah disebutkan, sebelum melakukan analisis spektra daya, data di-*filter* menggunakan fungsi Lanczos *band-pass filter* pada NCL dengan bobot sejumlah 200. Garis nilai signifikan sebesar 95% berwarna biru di atas garis merah dan nilai tidak

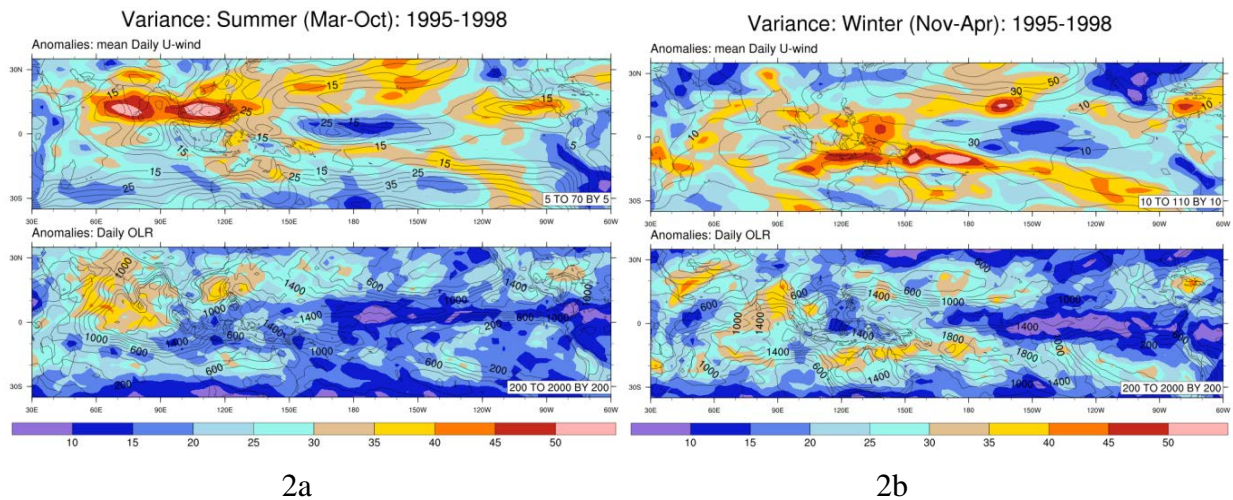
signifikan sebesar 5% berwarna biru di bawah garis merah. Garis ini menunjukkan apakah sinyal frekuensi yang tertangkap oleh analisis spektra daya signifikan secara statistik atau tidak. Analisis spektra daya berguna untuk melihat pengaruh ENSO terhadap frekuensi MJO.

Analisis spektra *wavenumber-frequency* digunakan untuk melihat perambatan, kekuatan sinyal, dan bilangan gelombang zonal MJO. Terakhir adalah analisis spektrum silang untuk melihat koherensi dan beda fase antara data OLR dan UWND. Analisis spektrum silang pada penelitian ini menggunakan *segment length* 256 dan *segment overlap* 50. Berbeda dengan analisis ragam dan spektra daya, ketika melakukan analisis spektra *wavenumber-frequency* dan analisis spektra silang, data tidak dilakukan *band-pass filter* sebelumnya.

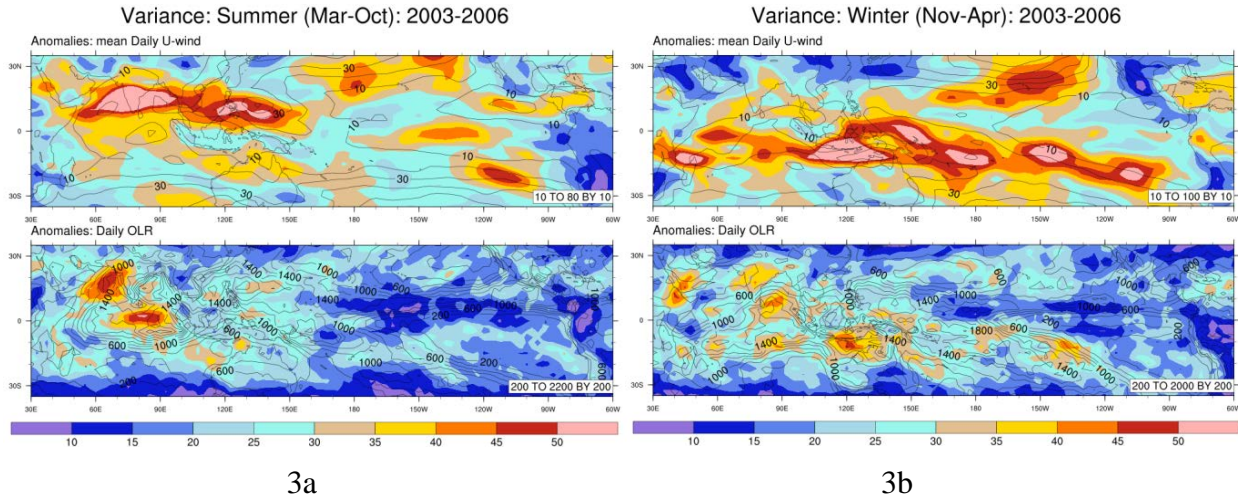


Gambar 1. Metodologi karakteristik MJO ketika ENSO

### 3. Hasil dan Pembahasan

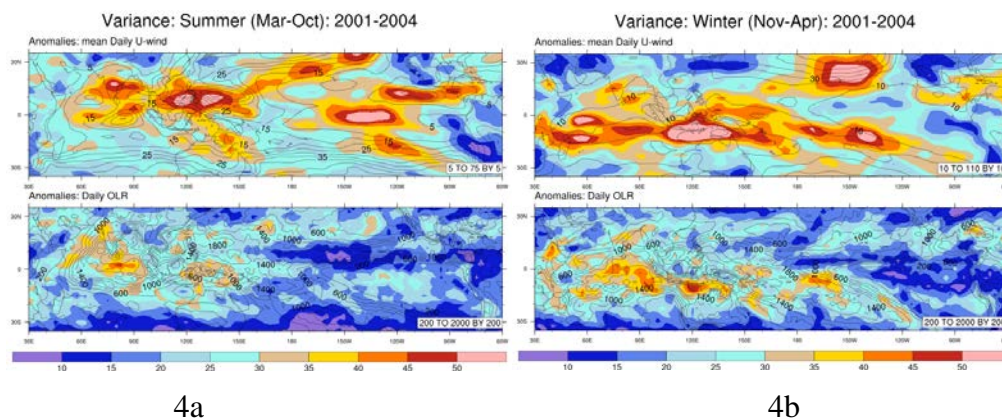


Gambar 2. Fraksi ragam (warna) dan ragam (garis) ketika tahun normal



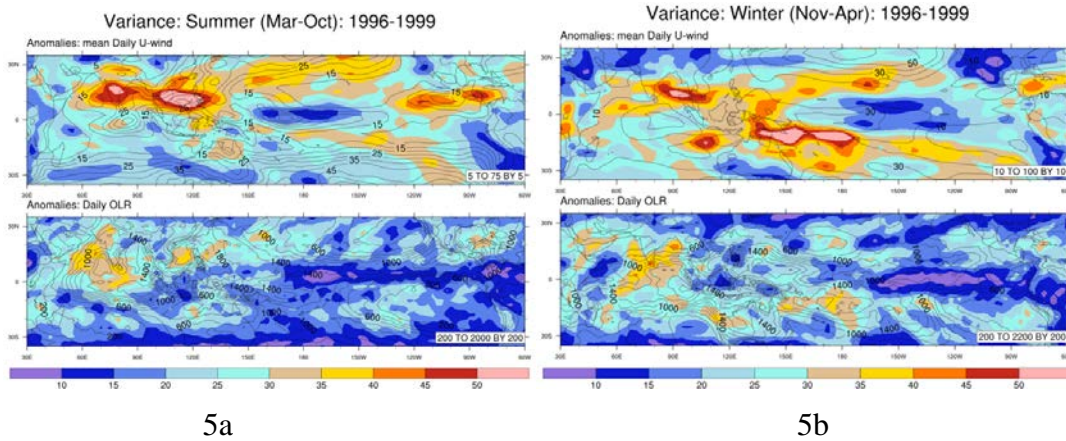
Gambar 3. Fraksi ragam (warna) dan ragam (garis) ketika peristiwa El-Nino lemah *Madden-Julian Oscillation* (MJO) merupakan variabilitas iklim intraseasonal yang memiliki karakteristik antara lain frekuensi yang lebar sekitar 30-60 hari [7], bilangan gelombang zonal 1-3, kecepatan fase timuran sebesar 4 m/s [6], dan ditandai dengan perambatan awan menuju timur [1]. Penelitian

sebelumnya menjelaskan bahwa frekuensi MJO memiliki nilai yang lebih tinggi saat ENSO [8][9] serta konveksi aktif baratan dengan periode 10-20 harian juga terlihat saat ENSO 1997/1998 [10].



Gambar 4. Fraksi ragam (warna) dan ragam (garis) ketika peristiwa El-Nino sedang

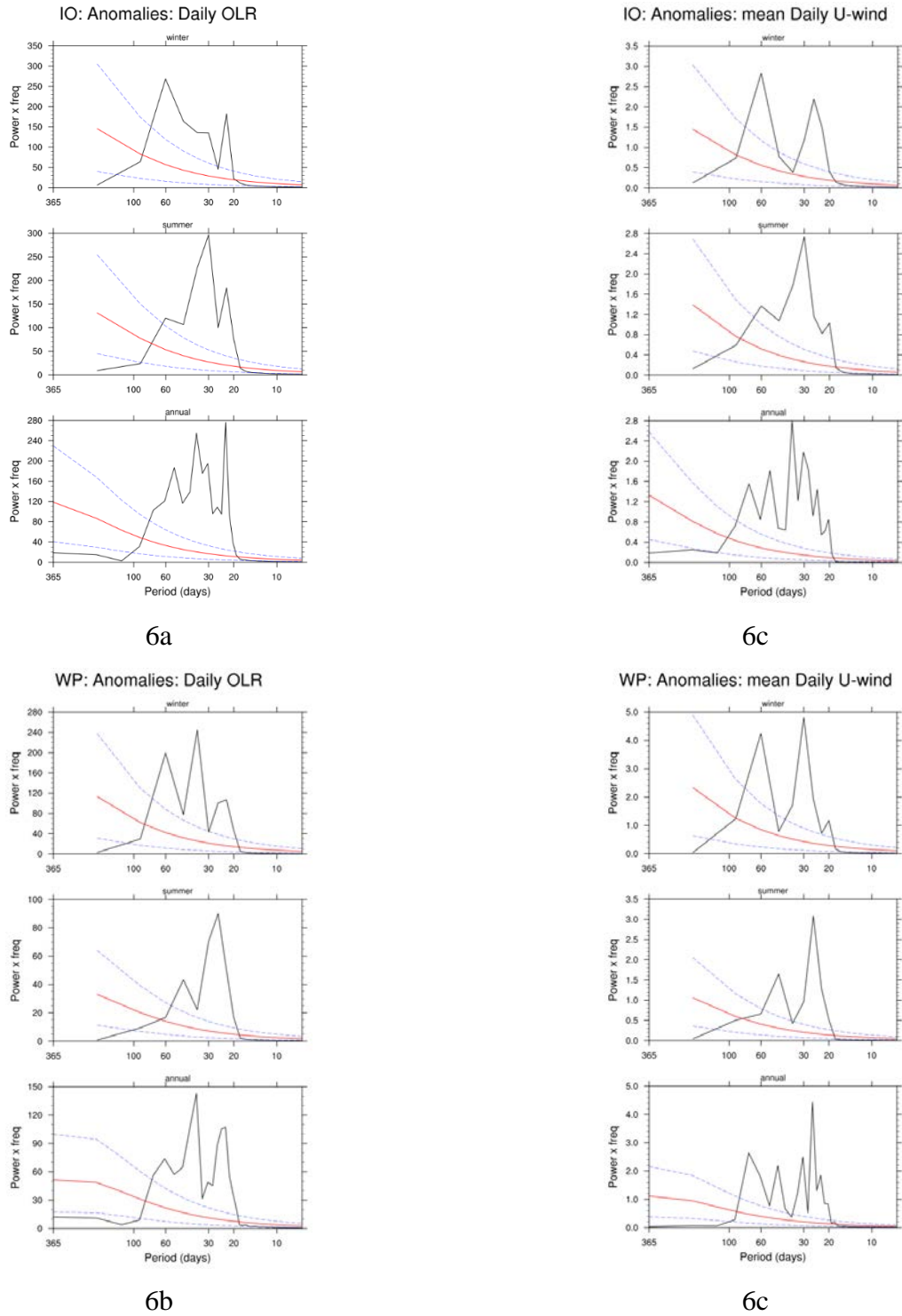




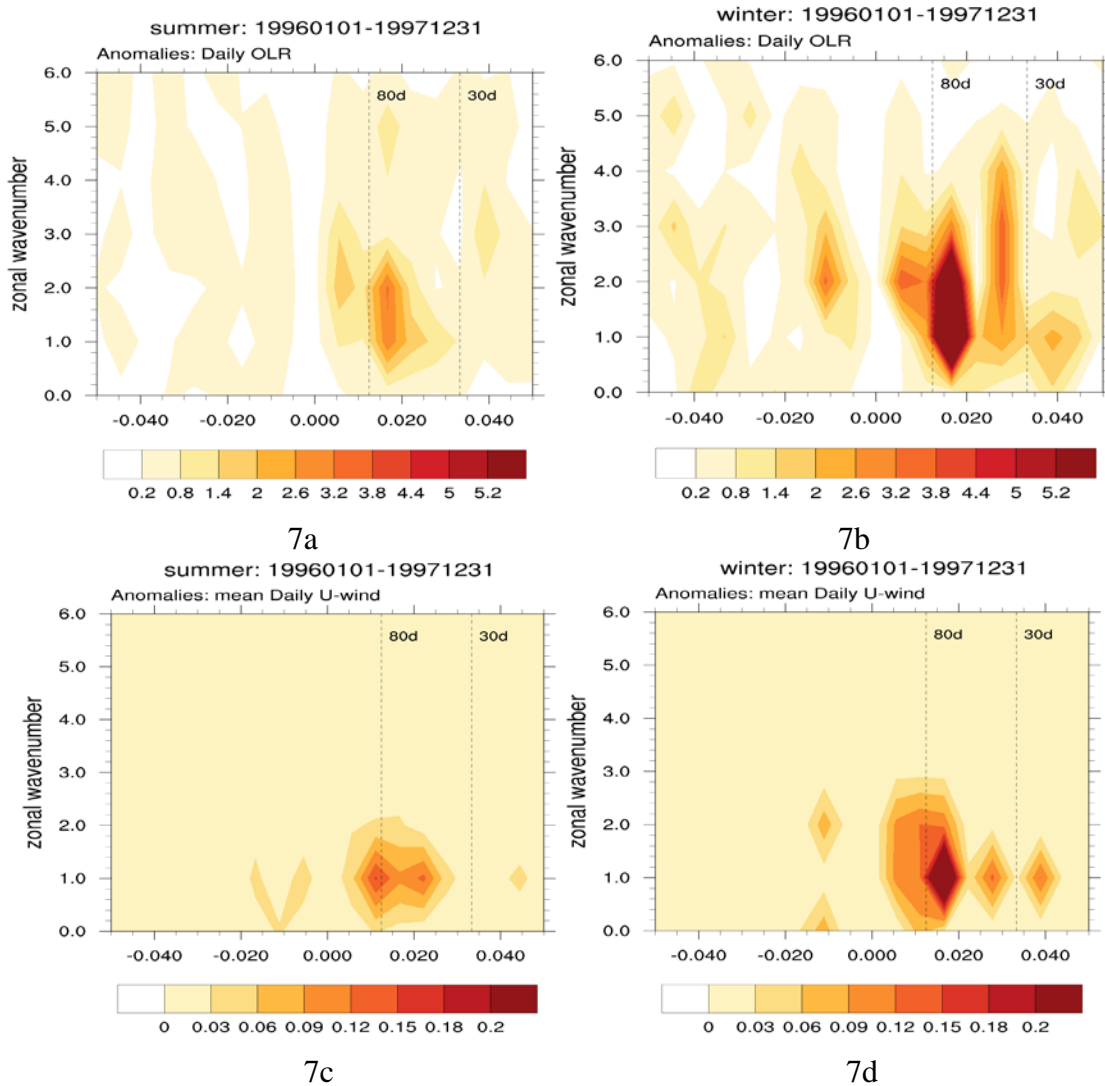
Gambar 5. Fraksi ragam (warna) dan ragam (garis) ketika peristiwa El-Nino kuat

Analisis ragam pada Gambar 2-5 menunjukkan wilayah-wilayah yang terpengaruh MJO. Pengaruh MJO dibandingkan dengan variabilitas lain cukup besar pada tahun normal (Gambar 2). Pengaruh tersebut dapat dilihat dari fraksi ragam pada konveksi (OLR) yang mencapai 30-40% di Samudera Hindia pada saat *boreal winter* maupun *boreal summer*. Pengaruh terhadap angin zonal (UWND) juga tinggi di Samudera Hindia, bahkan mencapai 50%. Pola

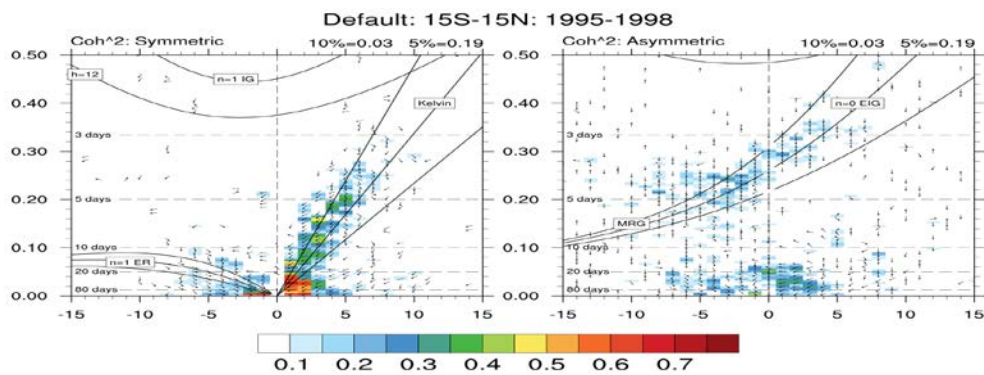
pengaruh OLR tidak terlalu banyak berubah ketika tahun ENSO lemah dan sedang. Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa pola OLR masih terpusat di Samudera Hindia dengan nilai fraksi ragam yang sama sekitar 30-50%. Nilai fraksi ragam variabel UWND pada tahun ENSO juga menunjukkan pola yang serupa dengan fraksi ragam pada tahun normal.



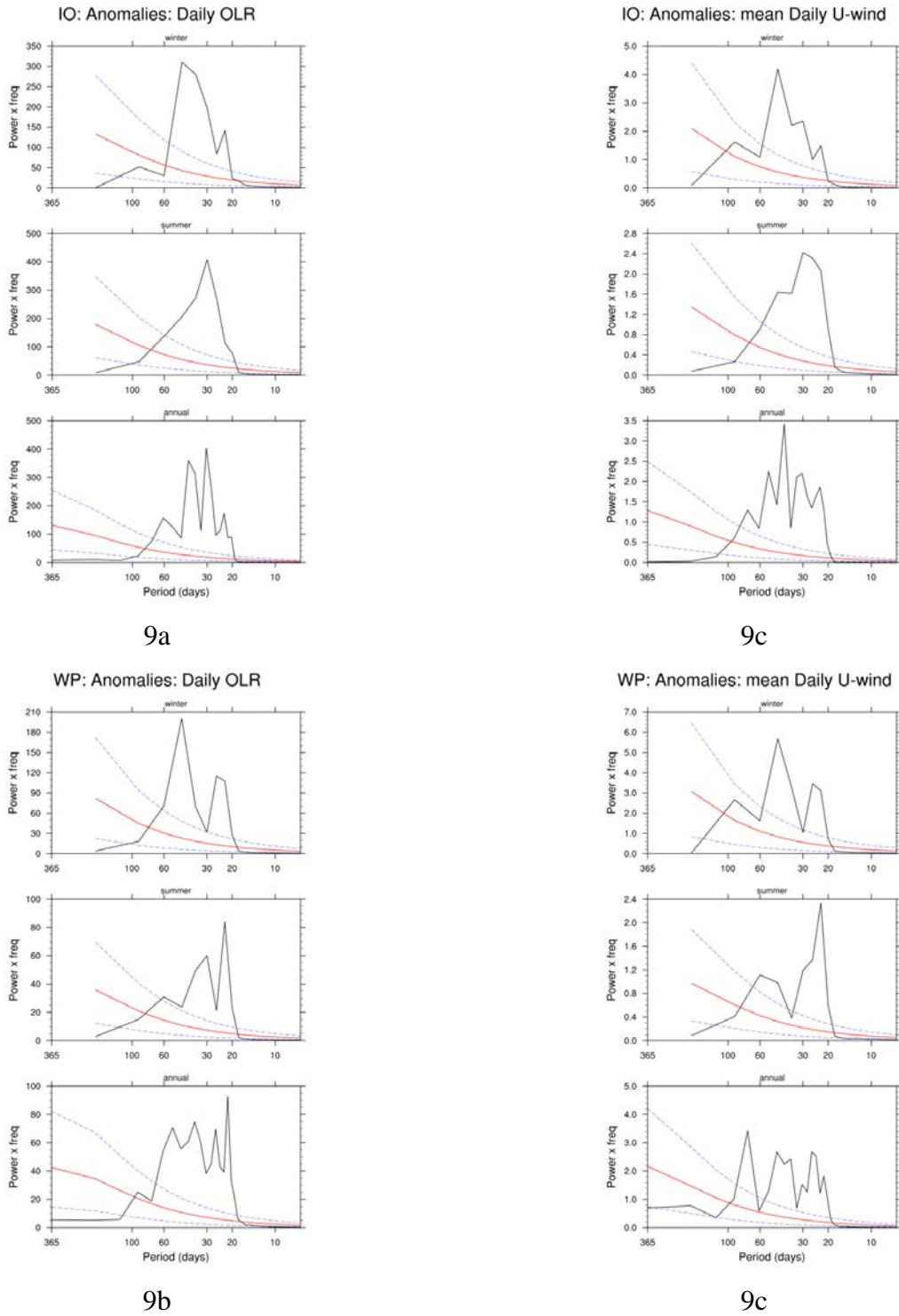
Gambar 6. Analisis spektra daya konveksi (OLR) dan angin zonal (UWND) ketika tahun normal



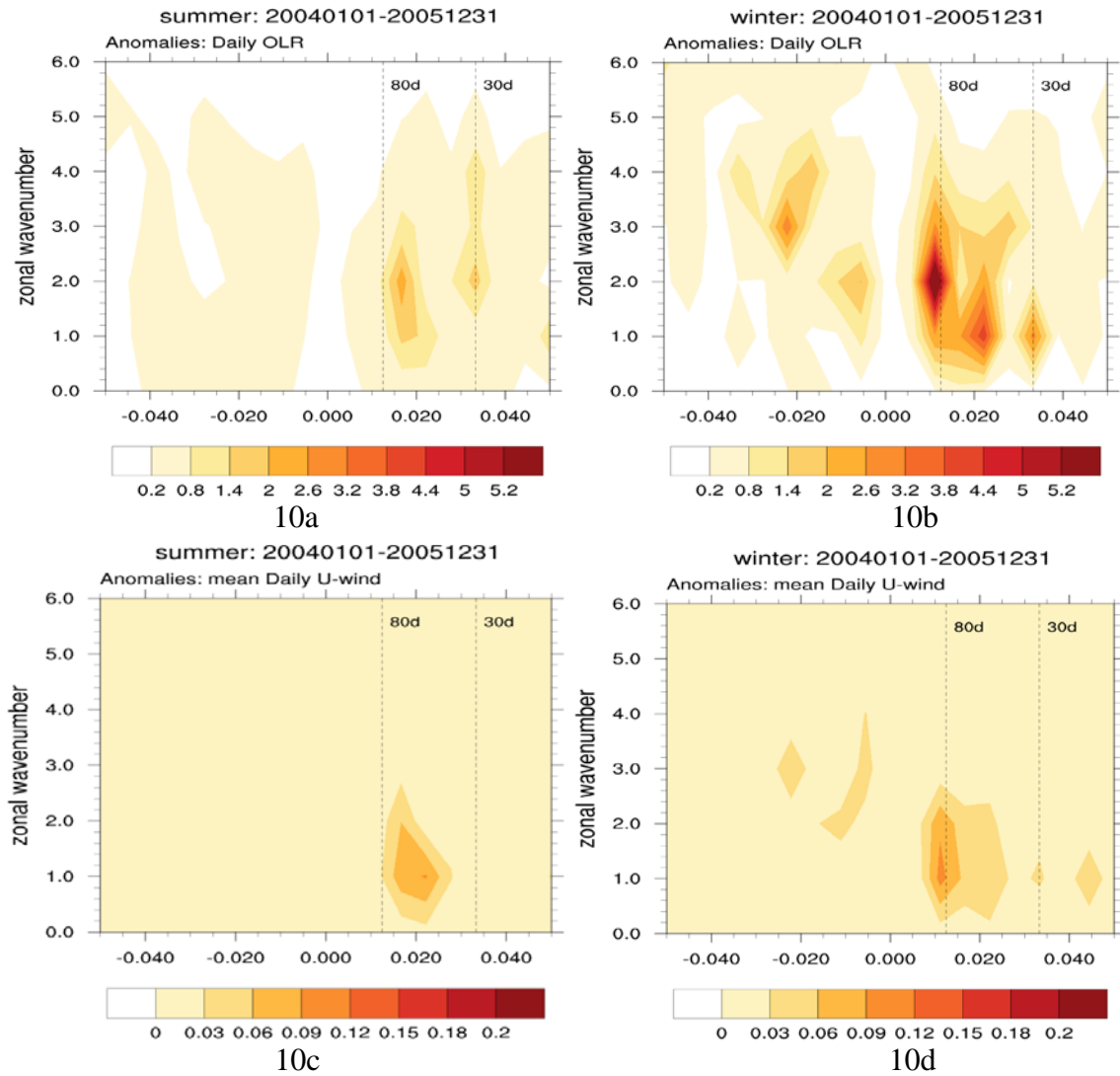
Gambar 7. Analisis spektra *wavenumber-frequency* ketika tahun normal



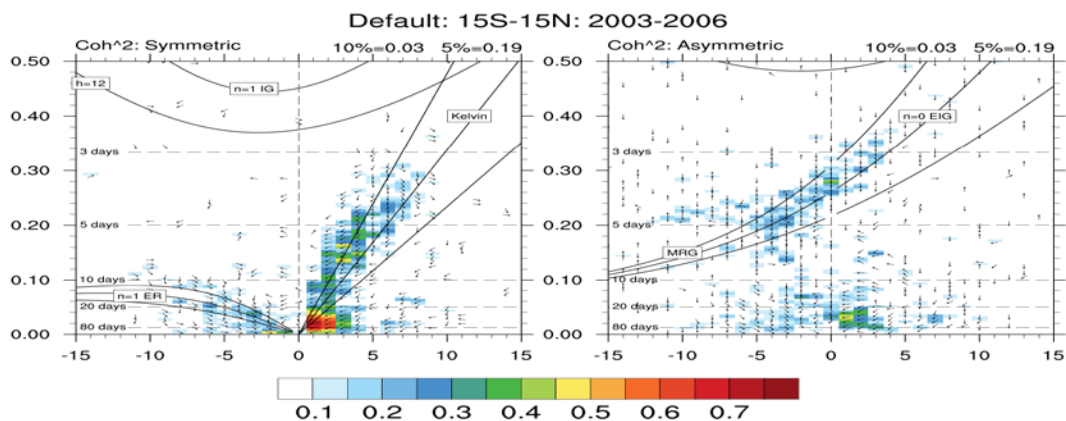
Gambar 8. Analisis spektrum silang ketika tahun normal



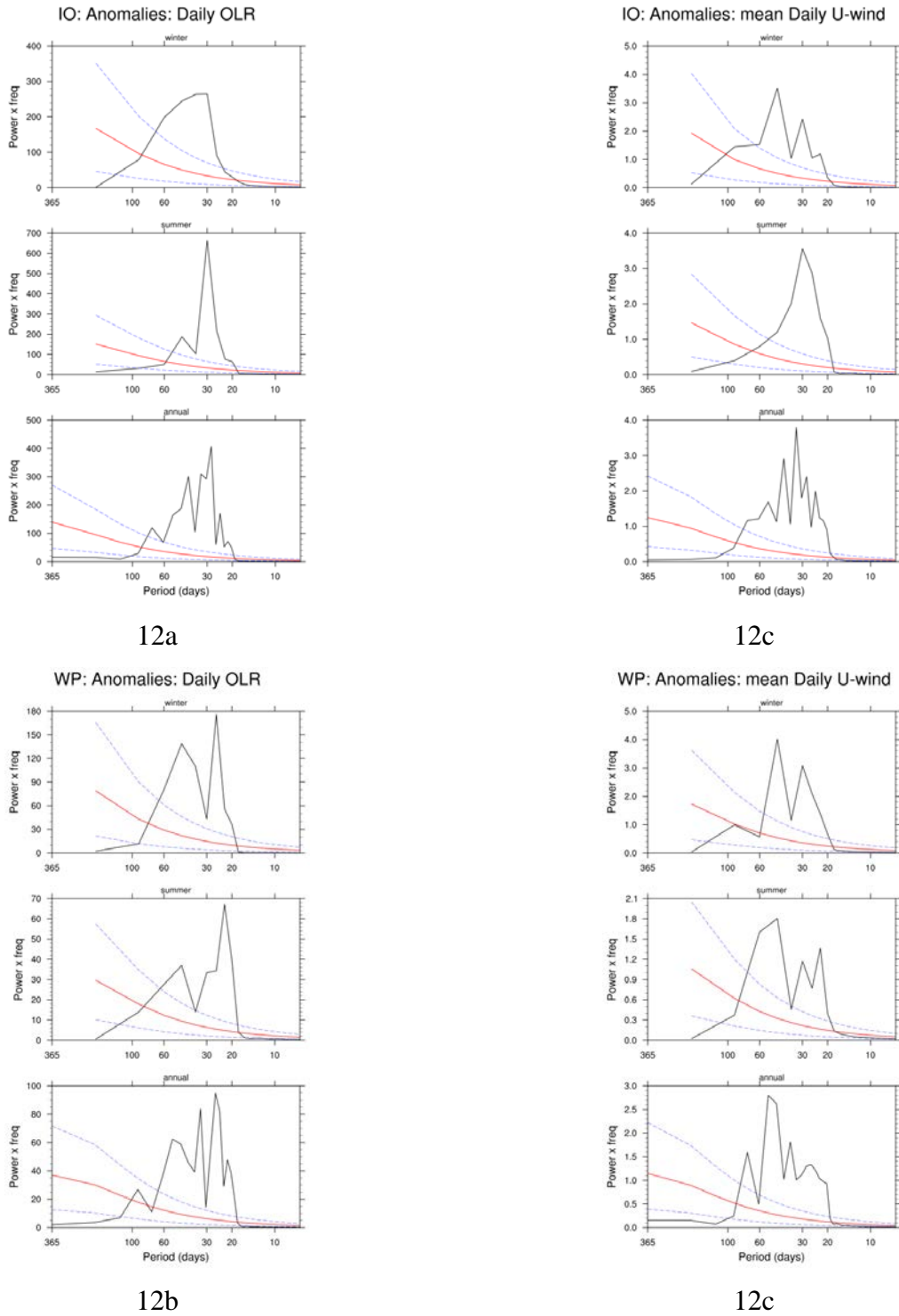
Gambar 9. Analisis spektra daya konveksi (OLR) dan angin zonal (UWIND) ketika El-Nino lemah



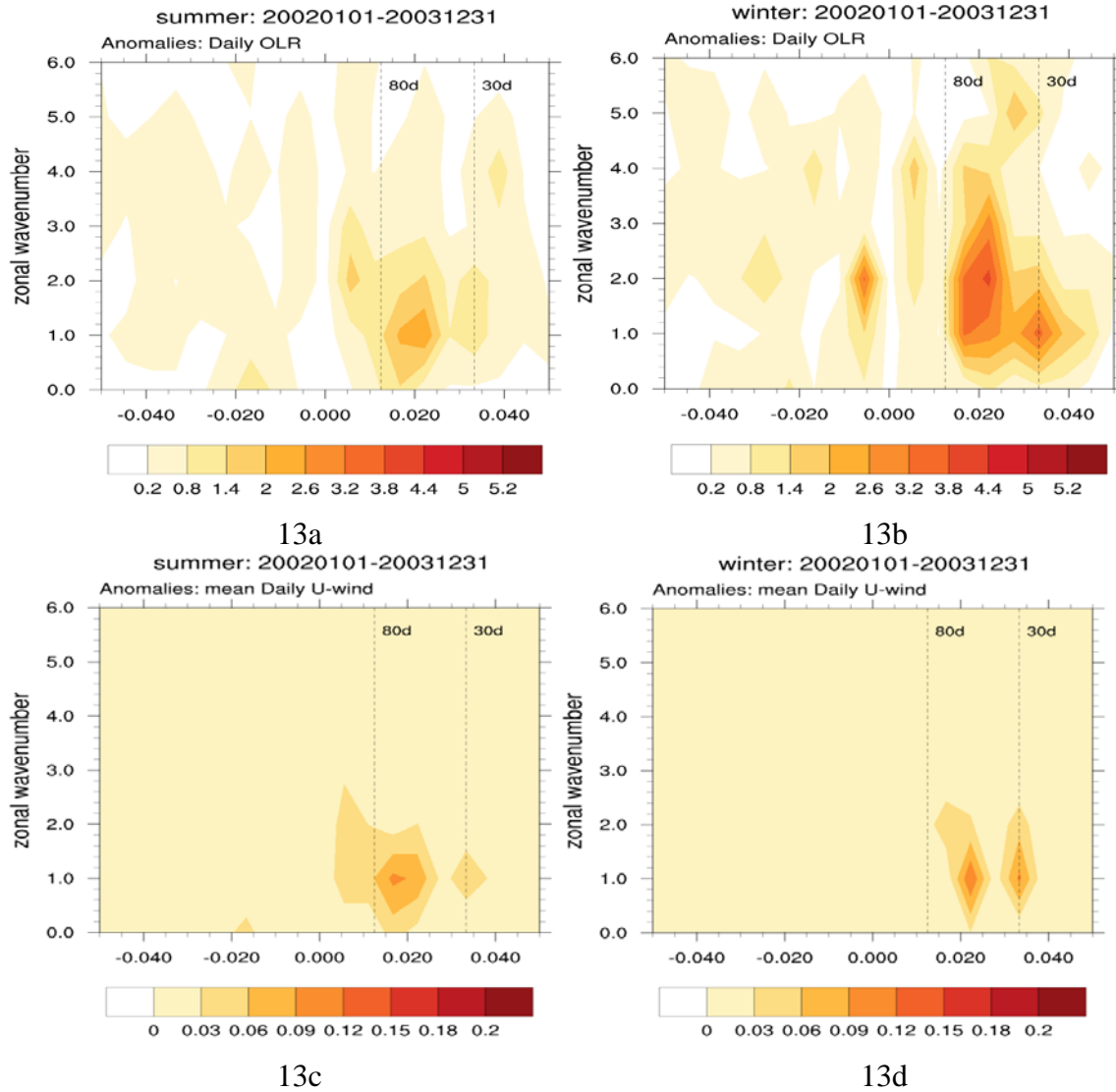
Gambar 10. Analisis spektra *wavenumber-frequency* ketika El-Nino lemah



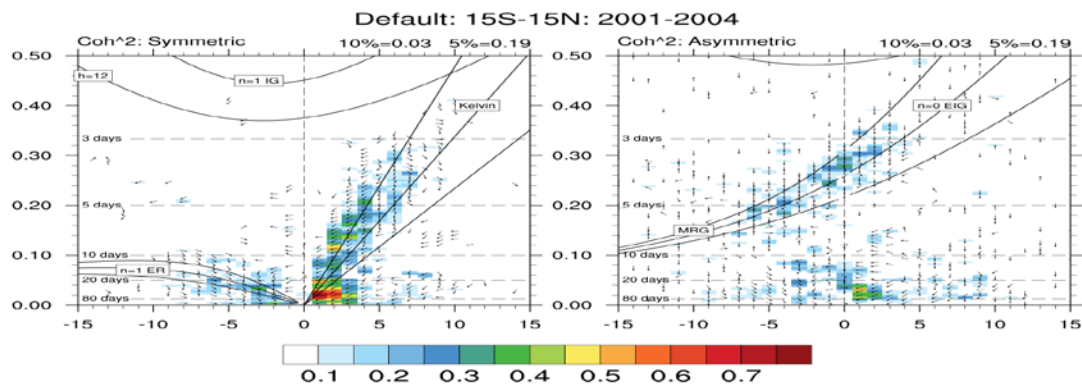
Gambar 11. Analisis spektrum silang ketika El-Nino lemah



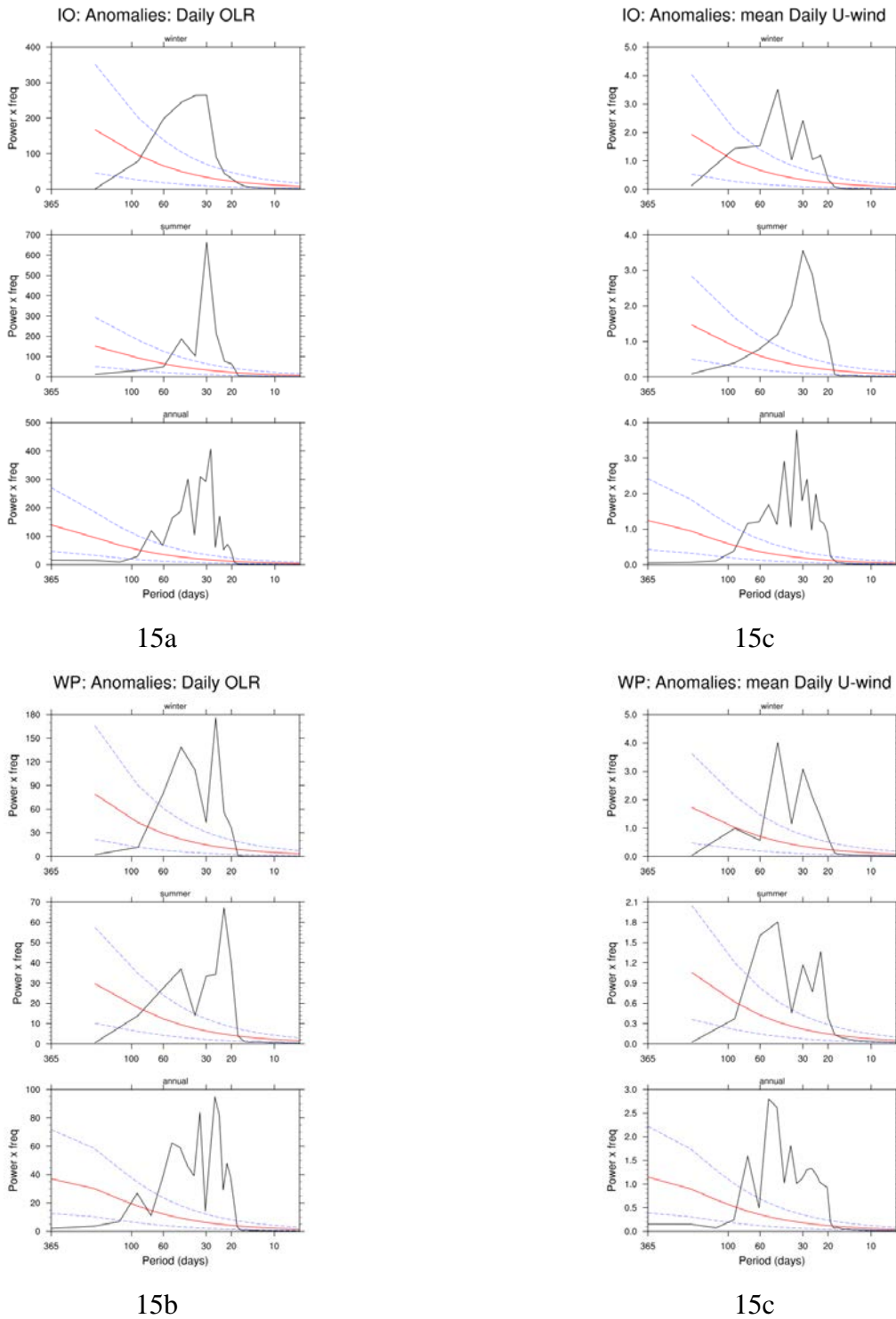
Gambar 12. Analisis spektra daya konveksi (OLR) dan angin zonal (UWND) ketika El-Nino sedang



Gambar 13. Analisis spektra wavenumber-frequency ketika El-Nino sedang

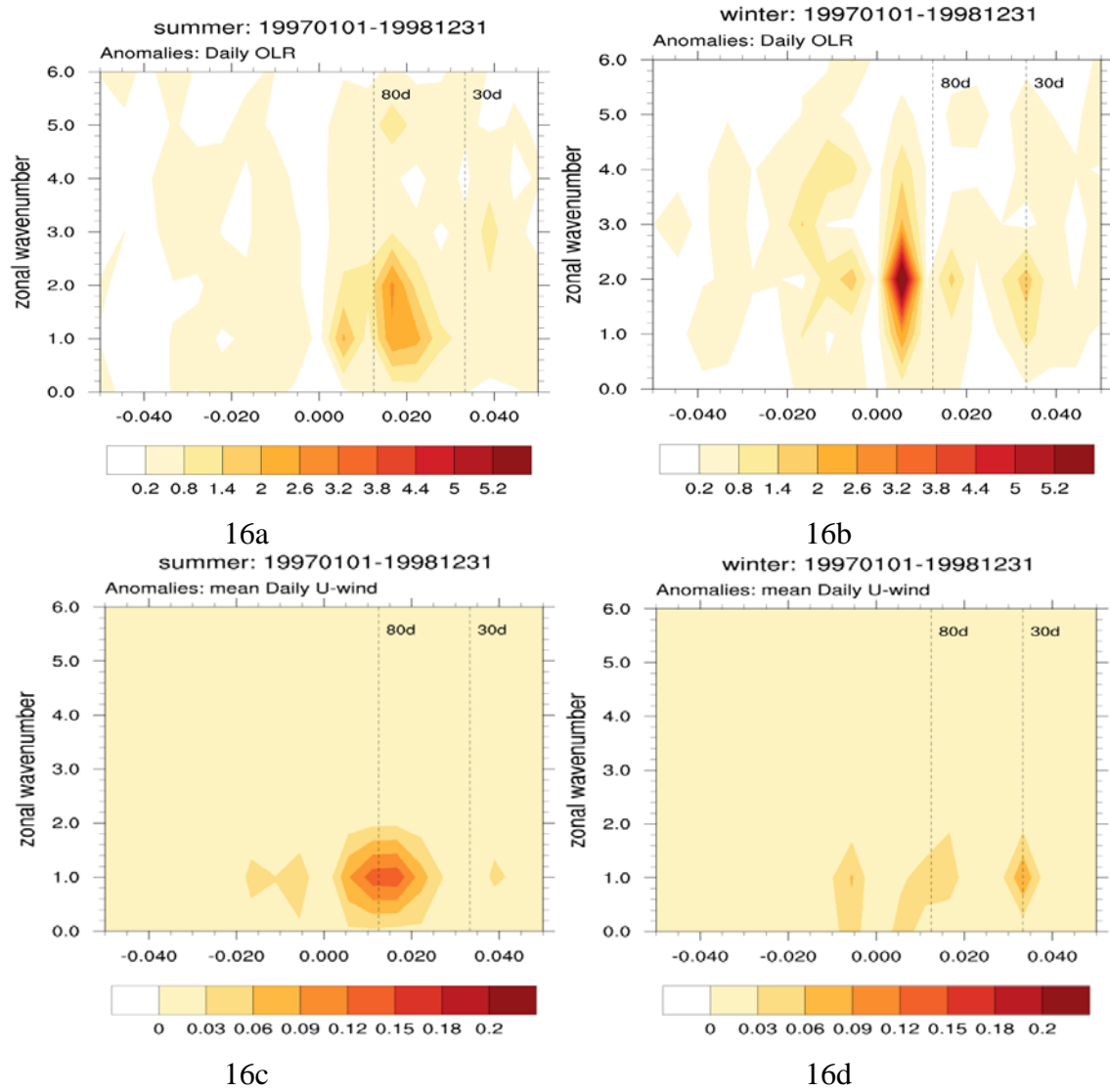


Gambar 14. Analisis spektrum silang ketika El-Nino sedang

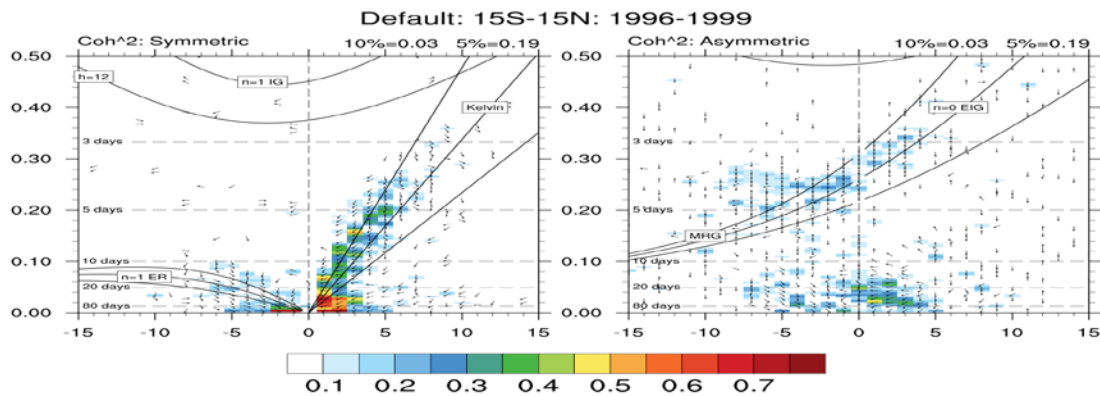


Gambar 12. Analisis spektra daya konveksi (OLR) dan angin zonal (UWND) ketika El-Nino sedang





Gambar 16. Analisis spektra wavenumber-frequency ketika El-Nino sangat kuat



Gambar 17. Analisis spektrum silang ketika El-Nino sangat kuat

Gambar 6-8 menunjukkan karakteristik MJO ketika tahun normal (1996-1997), Gambar 9-11 menunjukkan karakteristik MJO ketika El-Nino lemah (2004-2005), Gambar 12-14 menunjukkan karakteristik MJO ketika El-Nino sedang (2002-2003), dan Gambar 15-17 menunjukkan karakteristik MJO ketika El-Nino sangat kuat (1997-1998). Hasil analisis spektra pada Gambar 6 menunjukkan bahwa frekuensi yang berada pada 30-60 harian signifikan secara statistik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa frekuensi 30-60 harian, dalam hal ini adalah MJO yang terdeteksi pada data berarti signifikan secara statistik.

Di samping itu, hasil analisis wavenumber-frequency spectra pada Gambar 7 menunjukkan bahwa MJO memiliki pergerakan ke timur dengan bilangan gelombang zonal 1-3 saat boreal winter dan 1-2 saat boreal summer. Bilangan gelombang ini menunjukkan bahwa MJO merupakan sirkulasi yang bergerak dengan skala planeter. Bilangan gelombang zonal yang terdeteksi pada OLR memiliki bilangan yang lebih tinggi ( $s=1$  hingga  $s=2$ ), sedangkan bilangan

gelombang zonal yang terdeteksi di angin memiliki bilangan gelombang zonal lebih rendah dari OLR ( $s=1$ ). Sinyal serupa juga terdeteksi oleh Wheeler dan Hendon [11].

Gambar 8 memperlihatkan pergerakan awan ke timur dengan periode sekitar 30 harian. Pergerakan awan tersebut akan dijelaskan secara rinci menggunakan diagram Hovmuller. Koherensi antara OLR dan UWND juga dapat terlihat pada Gambar 8. Koherensi pada daerah MJO memiliki nilai 0.6-0.7 dengan fase UWND mendahului OLR sebesar  $1/8$  putaran pada bilangan gelombang zonal 1-2 dan koherensi sebesar 0.3-0.4 pada bilangan zonal 3. Hasil serupa juga di dapatkan oleh Waliser *et al.* [6]. Waliser *et al.* [6] menggunakan diagram STSA untuk menjelaskan bahwa MJO terletak di bilangan gelombang zonal 1-3 dengan periode 20-80 hari.

Karakteristik MJO ketika tahun El-Nino lemah, sedang, dan sangat kuat secara umum tidak terlalu banyak berubah. Saat El-Nino lemah pada tahun 2004-2005, hasil analisis spektra menunjukkan bahwa frekuensi yang signifikan secara

statistik adalah sekitar 20-60 harian. Hasil tersebut membuktikan bahwa MJO memiliki periodisitas lebih rendah atau frekuensi lebih tinggi saat tahun El-Nino. Hasil analisis spektra wavenumberfrequency juga menunjukkan bahwa MJO pada saat El-Nino lemah memiliki puncak pada bilangan gelombang 1-3 untuk OLR dan 1 untuk UWND (Gambar 10). Keduanya (OLR dan UWND) juga memiliki karakteristik sinyal yang lebih kuat saat boreal winter daripada boreal summer. Koherensi antara OLR dan UWND memiliki nilai koherensi 0.6-0.7 pada bilangan gelombang 1-2 dan koherensi 0.3 pada bilangan gelombang 3 dengan fase UWND mendahului OLR sebesar 1/8. Berdasarkan hal ini, karakteristik MJO tidak terlalu banyak berubah kecuali frekuensinya yang menjadi lebih tinggi. Karakteristik MJO ketika tahun El-Nino sedang (2002-2003) menunjukkan pelemahan nilai spektral daripada tahun normal. Bilangan gelombang zonal 1-3 untuk OLR dan bilangan gelombang 1 untuk UWND. Hasil analisis spektra daya menunjukkan bahwa frekuensi MJO ketika tahun El-Nino sedang memiliki

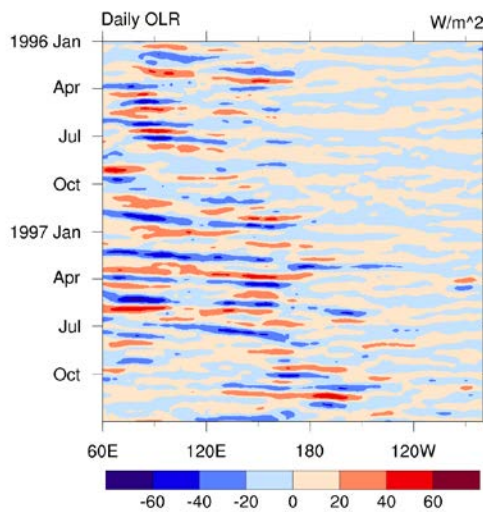
frekuensi 20-60 harian dengan puncak sekitar 20-25 hari. Nilai ini menunjukkan adanya kenaikan nilai frekuensi MJO dibandingkan tahun normal dan tahun El-Nino lemah. Sama seperti tahun El-Nino lemah, koherensi dan fase MJO pada tahun El-Nino sedang menunjukkan nilai yang serupa dengan tahun normal.

Karakteristik MJO ketika tahun El-Nino sangat kuat (1997-1998) menunjukkan pelemahan dalam spektralnya. Perubahan karakteristik yang signifikan terlihat pada gambar 16, nilai spektra pada *boreal winter* MJO lebih kecil daripada saat *boreal summer*. Karakteristik ini tidak terlihat pada tahun El-Nino lemah, sedang, dan juga tahun normal. Analisis spektra daya pada Gambar 15 menunjukkan bahwa periodisitas MJO ketika El-Nino kuat yang signifikan secara statistik adalah periode 20-60 harian. Nilai bilangan gelombang saat El-Nino kuat mencapai bilangan gelombang 1-4 untuk OLR saat *boreal winter* dan bilangan gelombang 1 saat *boreal summer* serta bilangan gelombang 1 untuk UWND. Koherensi menunjukkan nilai 0.5-0.8

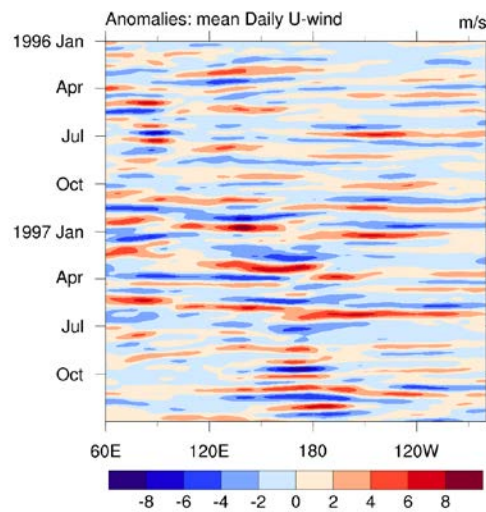
pada bilangan gelombang 1-2 dan 0.4 pada bilangan gelombang 3 dengan fase UWND mendahului OLR sebanyak 1/8 putaran.

Diagram Hovmueller dengan jelas menunjukkan perbedaan pergerakan

konveksi (OLR) dan UWND ketika tahun normal dengan tahun El-Nino. Diagram Hovmueller (Gambar 18) menunjukkan pergerakan OLR dan UWND ke timur terlihat jelas ketika tahun tahun normal.

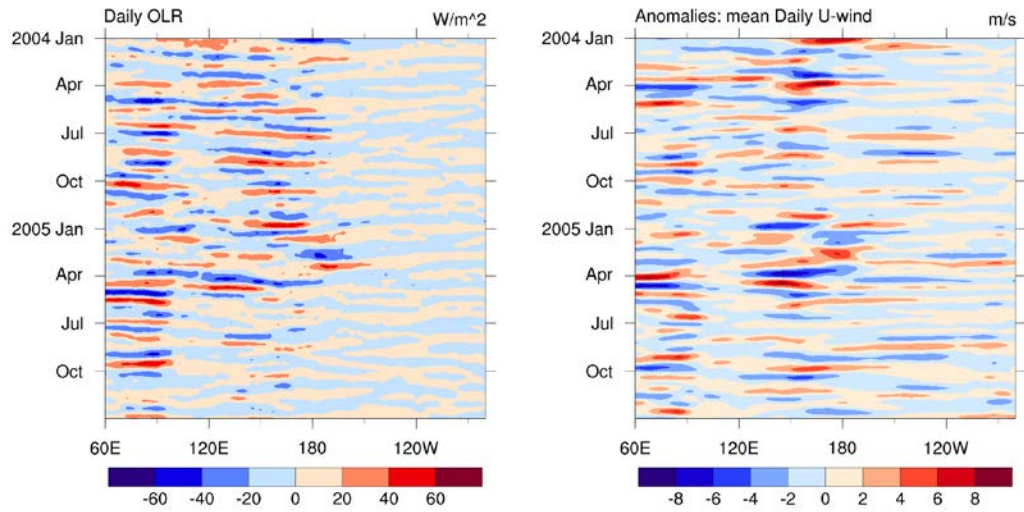


18a



18b

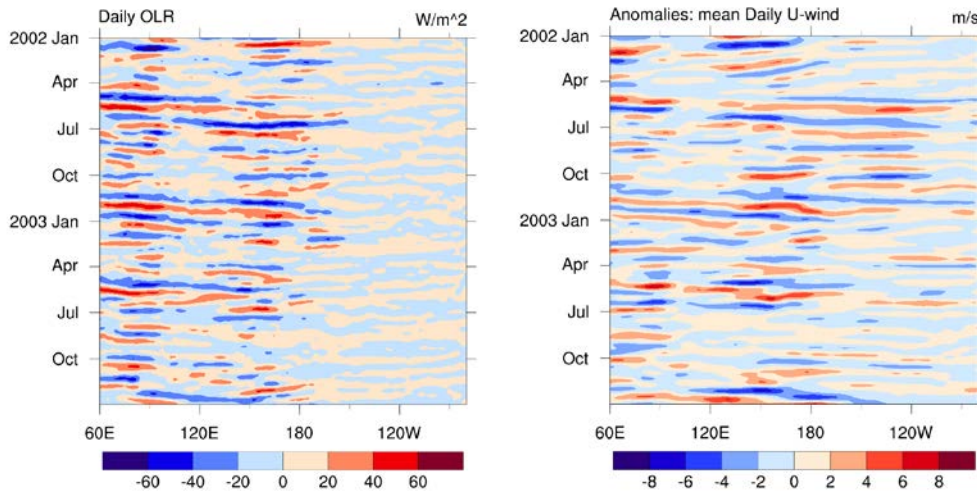
Gambar 18. Diagram Hovmueller OLR dan UWND ketika tahun normal



19a

19b

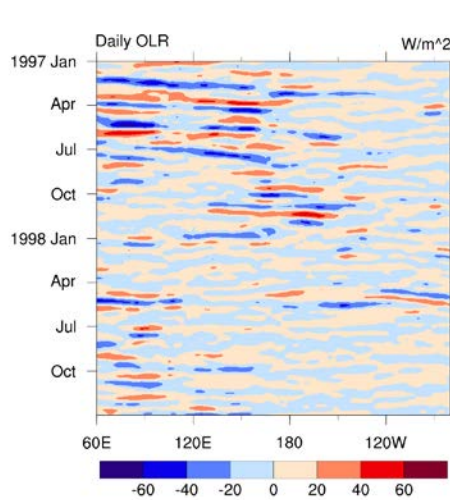
Gambar 19. Diagram Hovmueller OLR dan UWND ketika El-Nino lemah



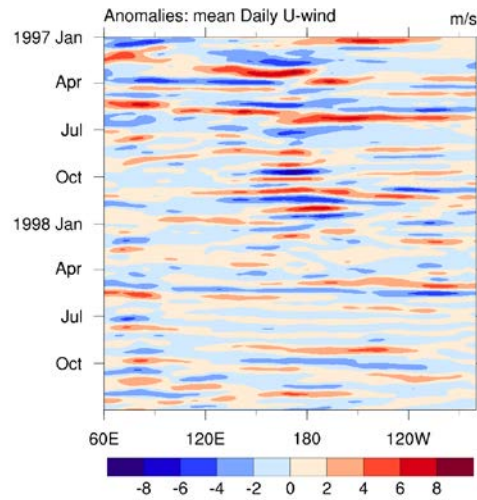
20a

20b

Gambar 20. Diagram Hovmueller OLR dan UWND ketika El-Nino sedang



21a



21b

Gambar 21. Diagram Hovmueller OLR dan UWND ketika El-Nino sangat kuat ketika tahun El-Nino lemah, Diagram Hovmueller (Gambar 19) menunjukkan bahwa OLR dan UWND bergerak ke timur pada awal tahun dan kemudian menghilang pada bulan Mei 2005. Ketika tahun El-Nino sedang (Gambar 20), Diagram Hovmueller menunjukkan pergerakan OLR dan UWND yang cepat, hilang, dan kemudian muncul lagi. Pergerakan OLR dan UWND yang terlihat jelas hanya ketika bulan Juni 2002, Desember 2002, dan Mei 2003. Ketika tahun El-Nino sangat kuat, Diagram Hovmueller (Gambar 21) menunjukkan pergerakan OLR dan UWND masih terlihat pada awal tahun 1997 hingga bulan Juni 1997, kemudian menghilang dan sama sekali tidak terlihat

pada bulan-bulan berikutnya seiring meningkatnya intensitas El-Nino.

#### 4. Simpulan

Karakteristik *Madden Julian Oscillation* (MJO) yang paling banyak mengalami perubahan ketika fase aktif *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) dibandingkan dengan tahun normal adalah pergerakan konveksi (OLR) dan UWND yang melemah saat tahun ENSO dan frekuensi dari MJO yang meningkat saat tahun ENSO. Perubahan karakteristik ini menunjukkan bahwa fase aktif MJO mengalami pelemahan saat terjadi El-Nino. Akan tetapi, berdasarkan analisis spektral, karakteristik MJO tidak banyak berubah, bilangan gelombang zonal tetap

memiliki nilai 1-3 dan bergerak ke timur baik ketika tahun El-Nino maupun tahun normal. Koherensi antara OLR dan UWND juga tetap terdeteksi dan tidak melemah karena El-Nino begitu juga dengan fasenya yang tidak menunjukkan perubahan pada *lag* OLR dengan UWND.

### 5. Ucapan Terima Kasih

Pertama-tama tim penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan paper yang berjudul Karakteristik Madden Julian Oscillation (MJO) ketika El-Nino Southern Oscillation (ENSO). Ucapan terimakasih juga penulis tujukan kepada Bapak Sonni Setiawan, M.Si. sebagai dosen mata kuliah dinamika atmosfer yang telah membantu tim penulis dalam memecahkan masalah berkaitan dengan metode yang digunakan. Tidak lupa, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada NCEP/NCAR dan MPI (Max-Planck *Institute*) yang sangat membantu penulis dalam penyediaan data reanalisis dan perangkat lunak pengolah data tersebut serta MJOCLIVAR *Working*

*Group* yang telah menyediakan *script* NCL untuk analisis karakteristik MJO.

### 6. Referensi

1. Madden R.A., Julian P.R., (1994). Observation of the 40-50 Day Tropical Oscillation-A Review. *Monthly Weather Review*, 122: 814-837.
2. Tang Y., Yu B., (2008). MJO and Its Relationship to ENSO. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-18.
3. Madden R.A., Julian P.R., (1971). Description of 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *Journal of Atmospheric Science*, 28: 702-708
4. Yu L., Rienecker M., (1998). Evidence of an Extratropical Atmospheric Influence during the Onset of the 1997-98 El Nino. *Geophysical Research Letters*, 25: 3537-3540.
5. Hendon H. H., Wheeler M. C., Zhang C., (2007). Seasonal Dependence of the MJO-ENSO Relationship. *Journal of Climate*, 20: 531-543.



6. Waliser, D., Sperber, K., Hendon, H. *et al.* (2009). MJO Simulation Diagnostics. *Journal of Climate*, 22 : 3006-3030.
7. Krishnamurti, T.N., Subrahmanyam, D. (1982). The 30-50 Day Mode at 850 mb during MONEX. *Journal of Atmospheric Science*, 39 : 2088-2095
8. Gray, B.M., (1988). Seasonal Frequency Variations in the 40-50 Day Oscillation, 8 : 511- 519.
9. Kuhnel, I. (1989). Spatial and Temporal Variation in Australia-Indonesian Region Cloudiness. *International Journal of Climatology*, 9 : 395-405.
10. Nakazawa T., (2000). MJO and Tropical Cyclone Activity During 1997/1998 ENSO. *Advances in Space Research*, 25: 953-958.
11. Wheeler, M., Hendon, H., (2004). An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. *Monthly Weather Review*, 132: 1917-1932.