

## **PENYUSUNAN INDEKS MONSUN INDONESIA (IMI) BERBASIS HASIL ANALISIS DATA WIND PROFILING RADAR (WPR)**

**Robbi Sudiantoro<sup>1</sup> dan Eddy Hermawan<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Geofisika dan Meteorologi, IPB, Jalan Raya Darmaga Kampus IPB  
Darmaga, Bogor 16680**

**e-mail: e-mail: robbi\_gfm@yahoo.co.id**

**<sup>2</sup> Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN, Jalan Dr. Djundjunan No. 133,  
Bandung 40173**

**e-mail: eddy\_lapan@yahoo.com**

### **ABSTRACT**

*This paper mainly discussed the role of Wind Profiling Radar (WPR) data located in Pontianak, Manado and Biak associated with the preparation of Indonesian Monsoon Index (IMI). This is important because the Monsoon is one of the most dominant oscillations which control of atmospheric dynamics Indonesia. In accordance with the basic concept of the existing Monsoon, the main concern of this paper is to analyze the behavior of zonal wind data that exist in the lower troposphere, the layer precisely around 850 hPa or equivalent to 1.5 km mean sea level (MSL) for period of January 2007 to July 2009 associated with behavior Monsoon Asia index data represented by ISMI and WNPMI and Australian Monsoon index represented by AUSMI. The results show that the zonal wind data generated WPR is in three locations can be used as one of the main parameters indexing Indonesian Monsoon based on the WPR data analysis.*

*Keywords: WPR and IMI*

### **ABSTRAK**

Paper ini utamanya membahas tentang peran data *Wind Profiling Radar* (WPR) yang ada di Pontianak, Manado dan Biak terkait dengan penyusunan Indeks Monsun Indonesia (IMI). Hal ini penting dilakukan mengingat Monsun merupakan satu osilasi yang paling dominan menguasai dinamika atmosfer Indonesia. Sesuai dengan konsep dasar Monsun yang ada, maka perhatian utama makalah ini adalah menganalisis perilaku data angin zonal yang ada di lapisan troposfer bawah, tepatnya di sekitar lapisan 850 hPa atau setara dengan 1.5 km dpl periode Januari 2007 hingga Juli 2009 yang dihubungkan dengan perilaku data indeks Monsun Asia yang diwakili oleh ISMI dan WNPMI, dan indeks Monsun Australia yang diwakili AUSMI. Hasilnya menunjukkan

bahwa data angin zonal yang dihasilkan WPR yang ada di tiga lokasi tersebut dapat digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam penyusunan indeks Monsun Indonesia berbasis analisis data WPR.

Kata kunci: WPR dan IMI

## 1. PENDAHULUAN

Ide awal atau gagasan utama penelitian ini dilakukan berasal dari adanya satu kebutuhan akan pentingnya pengembangan satu indeks Monsun yang kemudian dikenal dengan istilah IMI (Indeks Monsun Indonesia) hingga kini belum tercapai dengan baik. Walaupun hal ini telah dilakukan sejak 2008 menggunakan data EAR (*Equatorial Atmosphere Radar*) yang ada di Loka Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat menggunakan konsep pembalikan arah dan kecepatan angin (*reversal wind*) masing-masing di lapisan 850 dan 200 hPa atau setara dengan kira-kira 1.5 dan 12.7 km dpl (di atas permukaan laut).

Pengembangan IMI sangat diperlukan mengingat perilaku iklim, khususnya anomali curah hujan yang terjadi di Benua Maritim Indonesia (BMI), khususnya kawasan barat Indonesia sangat dipengaruhi oleh fenomena atau kejadian Monsun. Hal ini diduga akibat letaknya yang relatif dekat dengan Lautan Hindia, selain juga fasilitas lengkap untuk mengkaji fenomena Monsun ada di Loka LAPAN Kototabang.

Pengembangan IMI bukanlah pertama kali dilakukan, karena sejak diketahuinya indeks Monsun global atau regional, khususnya indeks Monsun Asia yang diwakili oleh parameter ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*) dan WNPPI (*Western North Pacific Monsoon Index*) dan Australia yang diwakili oleh AUSMI (*Australian Monsoon Index*) telah lama digunakan untuk menurunkan satu indeks Monsun yang berlaku untuk kawasan yang lebih spesifik, seperti BMI. Artinya, IMI yang diturunkan selama ini tidak lain merupakan penurunan indeks Monsun global yang telah divalidasi dengan perilaku atau anomali curah hujan yang ada di beberapa kawasan Indonesia, sehingga belum dapat dianggap berlaku umum (*general*).

Namun, sebagaimana kita pahami bersama sesuai dengan definisi Monsun, maka selain faktor curah hujan, maka ada indikasi lain yang memang sangat relevan digunakan dalam mengindikasikan terjadinya Monsun, yakni faktor arah dan kecepatan angin, sehingga sangatlah relevan jika digunakan data radar, khususnya *Wind Profiling Radar* (WPR) yang memang dirancang khusus untuk mendeteksi arah dan kecepatan angin dalam tiga dimensi.

Idealnya memang, data angin yang digunakan pada dua lapisan tersebut, seyogyanya dianalisis dalam kurun waktu dan tempat yang "hampir" bersamaan (*simultan*), tidak terpisah satu dengan lainnya, seperti penentuan indeks Monsun yang dikembangkan oleh Webster dan Yang (1992) dikenal sebagai **WYM Index** yang didefinisikan sebagai  $WYM\ Index = U_{850}(40-110BT, EQ-20LU)$  hingga  $U_{200}(40-110BT, EQ-20LU)$ , dimana  $U_{850}$  dan  $U_{200}$ , masing-masing menyatakan kecepatan angin zonal (Barat-Timur) pada lapisan 850 dan 200 hPa.

Jika metode Wester dan Yang (1992) menunjukkan pada satu kawasan atau lokasi tertentu, yakni 40-110BT dan ekuator-20LU, dan menggunakan dua lapisan utama, masing-masing 850 dan 200 hPa, namun tidaklah demikian halnya dengan IMI yang dilakukan dalam penelitian ini. Idealnya memang digunakan data arah dan kecepatan angin di dua lapisan utama di atas, namun hal ini tidaklah mungkin dilaksanakan, mengingat data utama WPR yang digunakan dalam penelitian ini, tidak memiliki kemampuan jangkauan hingga 200 hPa, maksimum ketinggian yang dicapai tidak lebih dari 5 km dpl.

Memang memungkinkan jika dilakukan menggunakan data EAR, namun ini hanya satu titik lokasi saja, itupun terletak di Kototabang, Bukittinggi. Sementara WPR tersebar di tiga kota, masing-masing Pontianak, Manado, dan Biak dengan lokasi pengamatan yang relatif dekat dengan sabuk (*belt*) ekuator.

Dengan segala keterbatasan yang dimiliki, penelitian ini dilakukan dengan data utamanya WPR yang tersebar di tiga kota di atas. WPR dirancang khusus sebagai alat pemantau arah dan kecepatan angin tiga dimensi dengan resolusi pengamatan yang relatif tinggi (*high resolution*) dengan orde menit-an, dan resolusi

ketinggian yang juga relatif “tinggi”, yakni sekitar 150 m per lapisan ketinggian atmosfer.

Data tersebut telah ada sejak Januari 2007 dan beroperasi dengan baik hingga sekarang. Hasilnya tentulah masih jauh dari sempurna, terutama jika belum dilibatkannya perilaku arah dan kecepatan angin di lapisan 200 hPa. Namun, jika berreferensi kepada indeks Monsun lain, sebenarnya ada juga peneliti lain yang hanya menggunakan data angin zonal di satu satu lapisan utama saja, yakni di lapisan 850 hPa, seperti yang dilakukan oleh Kajikawa et al. (2010) yang mendefinisikan AUSMI sebagai berikut  $AUSMI\ Index = U850(110-130BT, 15LS-5LS)$ .

Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa dasar utama dipilihnya ketiga lokasi di atas tidak lain dan tidak bukan adalah data angin di lapisan 850 hPa merupakan data **in-situ** yang dimiliki LAPAN saat ini yang dianggap valid untuk mewakili kondisi real yang ada. Ini penting dilakukan sebagai langkah awal agar IMI yang dikembangkan nantinya benar-benar mencerminkan perilaku Monsun yang ada di Indonesia, khususnya di tiga kota tersebut di atas.

Indonesia merupakan satusatunya kawasan unik di ekuator yang 2/3 bagian utamanya didominasi oleh lautan (*maritime*) dan sisanya daratan (*archipelago*). Satu kawasan unik yang jelas-jelas dipengaruhi Monsun, akibat diapit dua Benua Besar (Asia dan Australia) dan dua Samudera Besar (Pasifik dan Hindia) dengan garis pantai yang relatif panjang sekitar 81.000 km, dan dikelilingi oleh sekitar 17.508 pulau. Konsekuensi logis dari kondisi di atas adalah dibutuhkan satu indeks Monsun yang benar-benar sesuai untuk kawasan Indonesia.

Dengan demikian, maka tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan satu model IMI berbasis hasil analisis data WPR yang telah “dikawinkan” dengan dua data indeks Monsun global, masing-masing indeks Monsun Asia (diwakili ISMI dan WNPMI) dan Australia (diwakili AUSMI), terutama disaat kedua indeks Monsun di atas terjadi dalam kurun waktu yang hampir bersamaan (*simultan*). Tentu hal ini terkait dengan apa yang pernah kita alami di tahun 1997 dan 1998, ketika dua fenomena alam pada waktu itu, masing-masing *El-Niño* dan *Dipole Mode* terjadi secara *simultan*.

Ini penting dipahami, sebab ada kalanya mereka saling menguatkan, namun ada kalanya pula saling melemahkan, sehingga dampak yang ditimbulkannya pun terhadap anomali curah hujan di Indonesia akan berbeda. Disini akan terlihat mana diantara ketiga indeks Monsun di atas yang relatif paling dominan dalam mempengaruhi dinamika curah hujan di Indonesia, termasuk kesamaan pola model yang didapat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Monsoon* atau Monsun berasal dari bahasa Arab dari kata "*Mausam*" yang berarti musim. Monsun didefinisikan sebagai angin yang berubah arah selama setahun atau angin yang bertiup musiman dan merupakan sistem sirkulasi regional. Monsun merupakan rata-rata waktu (misalnya, bulanan) dari sistem konvektif daratan di daerah tropis (Chao dan Chen, 2001).

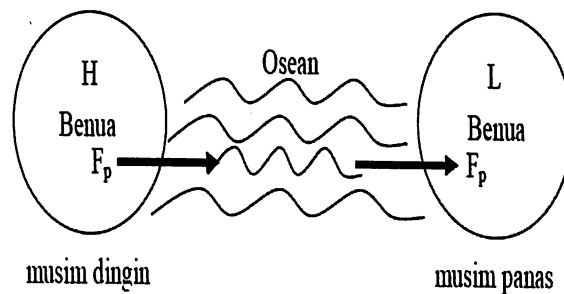
Secara umum dapat digambarkan bahwa Monsun berhubungan dengan ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*) substansial jauh (lebih dari 100 km) dari ekuator. Keberadaannya yang relatif dekat dari ITCZ, menyebabkan Monsun tidak bergantung pada perbedaan daratan dan laut yang kontras. Perbedaan daratan dan lautan yang kontras hanya untuk melengkapi lokasi yang menguntungkan dari bujur ITCZ (Muna, 2005).

Namun secara keseluruhan Monsun dapat didefinisikan sebagai pembalikan angin permukaan tahunan, termasuk pembalikan perpindahan kelembaban tahunan dan distribusi presipitasi tahunan yang kontras antara musim panas dan musim dingin. Pusat musim panas menyebabkan musim hujan dan relatif kering saat musim dingin. (Wang, 2006).

Pada dasarnya Monsun sebagai fenomena global dinamika atmosfer, disebabkan oleh (Chang, 2005 dan Ding et al., 2005):

1. Peredaran semu matahari terhadap bumi yang bergerak antara 23,5LU hingga 23,5LS mengakibatkan arah pergerakan angin mengikuti peredaran matahari tersebut dengan periode setengah tahunan atau sering disebut sebagai periode musiman,
2. Adanya perbedaan kapasitas panas yang diterima antara daratan dan lautan yang cukup besar.

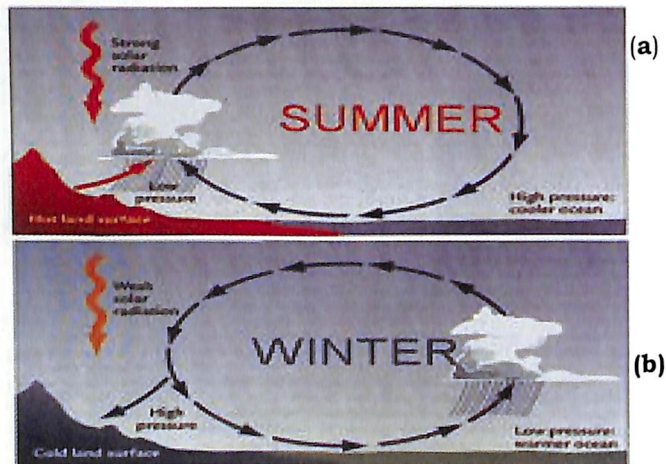
Pada saat musim panas, daratan mempunyai suhu lebih tinggi dari pada lautan. Karena itu pada musim panas daratan merupakan pusat tekanan rendah dan angin atau sirkulasi udara berlangsung dari lautan ke daratan tersebut. Dan sebaliknya pada musim dingin suhu daratan lebih kecil daripada suhu lautan, sehingga pada musim dingin daratan merupakan pusat tekanan tinggi dan sirkulasi udara berlangsung dari daratan ke lautan (Prawirowardoyo, 1996). Dengan perkataan lain, Monsun dapat dianggap sebagai sirkulasi darat-laut (*sea breeze circulation*), namun untuk skala besar, yakni Benua-Samudera sebagaimana dijelaskan oleh Tjasyono (2008).



**Gambar 2.1** Sirkulasi musiman sistem monsun dalam musim dingin dan panas (Tjasyono, 2008)

Beberapa ahli tersebut menjelaskan bahwa mekanisme utama terjadinya monsun dapat diuraikan sebagai berikut :

- Pada musim panas, pemanasan radiasi daratan (contoh: Benua Asia) meningkatkan skala termal rendah daratan dan sekitarnya serta bertiupnya angin level rendah dari barat daya. Angin ini menyebabkan terjadinya konvergensi kelembaban dan konvergensi kumululus.
- Pada musim dingin, pendinginan radiasi daratan meningkatkan skala termal tinggi daratan dan sekitarnya serta bertiupnya angin level rendah dari timur laut. Hal ini menyebabkan terjadinya divergensi udara kering (Muna, 2005).



**Gambar 2.2** Mekanisme sirkulasi monsun saat (a) *summer*, (b) *winter* (Muna, 2005)

Daerah Monsun adalah daerah arah angin yang berbalik arah paling sedikit  $120^{\circ}$  antara bulan Januari dan Juli. Bulan Januari merupakan bulan maksimum musim dingin di BBU (Belahan Bumi Utara) atau musim panas di BBS (Belahan Bumi Selatan). Sedangkan bulan Juli adalah bulan maksimum musim panas di BBU atau musim dingin di BBS.

Sedangkan kriteria Monsun menurut Ramage (1971) adalah :

1. Arah angin (*prevailing*) mengalami perubahan sedikitnya  $120^{\circ}$  antara bulan Januari dan Juli,
2. Frekuensi rata-rata arah angin utama (*prevailing*) melebihi 40% pada bulan Januari dan Juli,
3. Kecepatan angin paduan rata-rata melebihi 3 m/s di salah satu atau di setiap bulannya (Januari dan Juli), dan secara rata-rata terjadi kurang dari 1 siklus pergantian siklon-antisiklon yang terjadi di setiap 2 tahun pada bulan Januari atau Juli di sekitar wilayah persegi 50 lintang dan bujur.

### 3. DATA DAN METODOLOGI

Data angin WPR beresolusi menit-an periode Januari 2007 hingga Juli 2009 yang berasal dari Pontianak, Manado, dan Biak. Data tersebut diperoleh melalui web berikut, <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr>. Sementara data indeks Monsun global, masing-masing AUSMI, ISMI, dan WNPMI diperoleh melalui web

<http://www.iprc.soest.hawaii.edu/users/ykaji/monsoon/seasonal-monidx.html> pada periode yang sama.

Data WPR yang beresolusi menitan tadi kemudian diubah menjadi data angin harian dengan fokus hanya pada ketinggian “sekitar” 850 hPa atau setara dengan 1.5 km dpl. Sementara data indeks Monsun global di setting dengan resolusi yang sama, yakni rata-rata harian periode Januari 2007 – 31 Juli 2009 atau sekitar 943 hari.

Mengingat fenomena Monsun di Indonesia sangatlah kuat dipengaruhi oleh Monsun Asia dan juga Monsun Australia, maka secara sederhana pengertian IMI dalam makalah ini dapat diformulasikan menjadi satu bentuk regresi linier berganda (*multiple regression*):

$$\text{IMI} = U_{850 \text{ hPa}} = a[\text{ISMI}] + b[\text{WNPMI}] + c[\text{AUSMI}] + \text{kostanta}$$

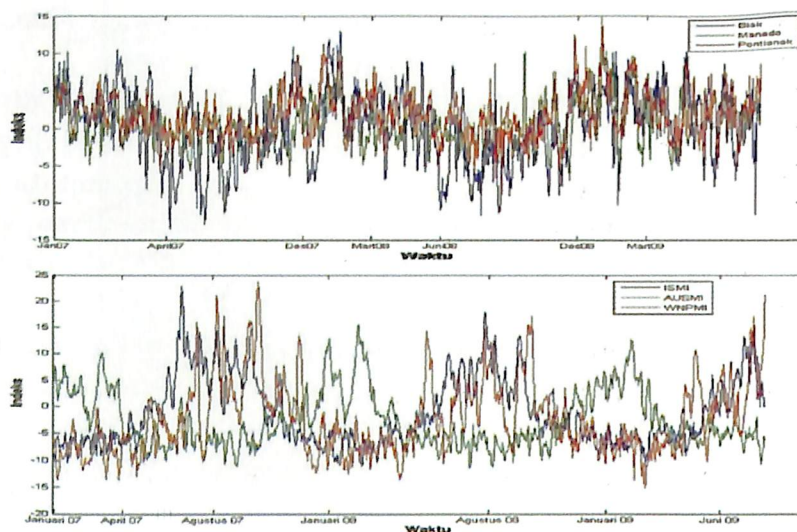
dimana IMI menyatakan Indeks Monsun Indonesia yang diwakili oleh perilaku angin zonal di lapisan 850 hPa, masing-masing untuk kota Pontianak, Manado, dan Biak. Sementara a, b, dan c menyatakan besarnya nilai parameter yang mencerminkan sumbangsih pengaruh ISMI, WNPMI dan AUSMI terhadap IMI. Diharapkan dengan formula tersebut, maka besarnya kekuatan IMI merupakan hasil resultan besarnya kekuatan indeks Monsun Asia dan Australia.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 HASIL

Hasil awal yang ditampilkan berupa time-series data angin zonal WPR masing-masing di atas Pontianak, Manado, dan Biak periode Januari 2007 hingga Juli 2009, dan juga data indeks Monsun Asia dan Australia yang masing-masing diwakili ISMI, WNOMI, dan AUSMI selama kurang lebih 943 hari pengamatan seperti nampak pada Gambar 4.1.1.

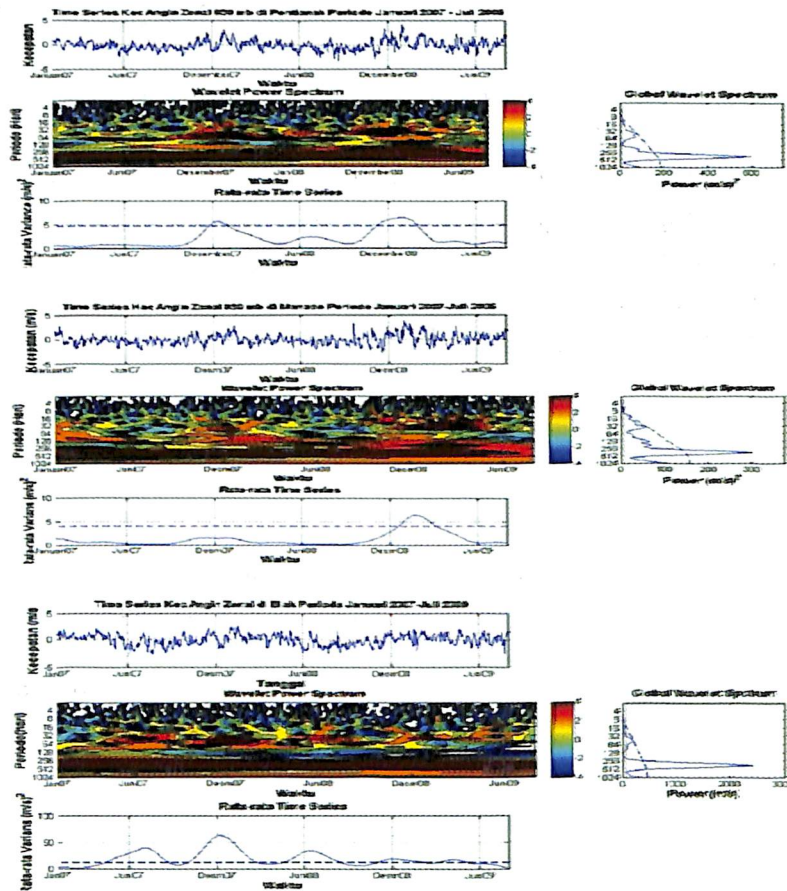




**Gambar 4.1.1** Time-series data angin zonal WPR diatas Pontianak, Manado dan Biak Januari 2007 hingga Juli 2009, dan juga indeks Monsun Asia dan Australia, masing-masing diwakili oleh ISMI, AUSMI, dan WNPMI pada periode yang sama

Agar hasilnya mudah dianalisis, maka berikut disajikan hasil analisis *spectral* berbasis *wavelet* pada periode yang sama, khususnya untuk data angin zonal WPR pada periode waktu yang sama seperti nampak pada Gambar 4.1.2. Hal ini dilakukan selain untuk mengetahui osilasi dominan yang terjadi selama periode pengamatan di atas, juga untuk mengetahui bila atau kapan *variance* atau penyimpangan data WPR itu terjadi.

Hal ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa memang terjadi interkoneksi antara indeks Monsun Asia dan Australia. Sekilas memang terlihat bahwa ketiga data angin zonal yang dihasilkan WPR menunjukkan pola osilasi dominan yang sama, yakni sekitar 365 harian, sehingga terlihat jelas bahwa ketiga kota di atas pengaruh Monsun sangat mendominasinya.



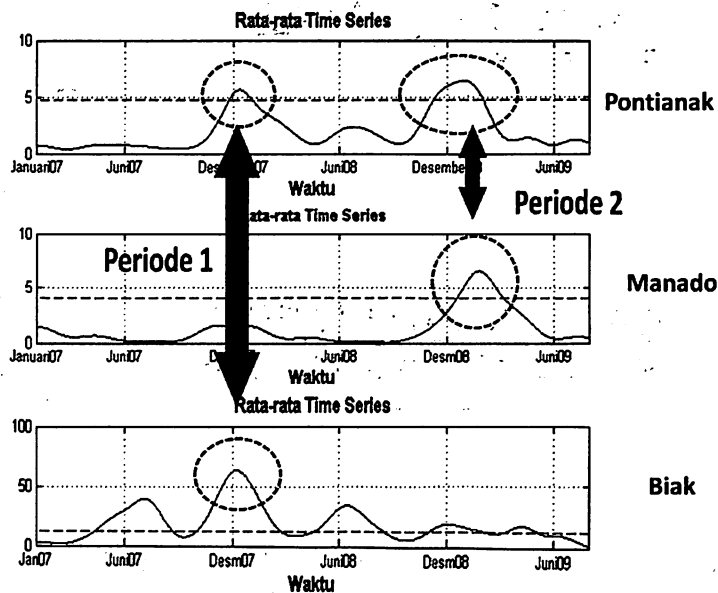
**Gambar 4.1.2** Wavelet angin zonal WPR pada lapisan 850 hPa periode Januari 2007 hingga Juli 2009 masing-masing untuk kota Pontianak, Manado, dan Biak

Jika Gambar 4.1.2. diperhatikan dengan seksama, maka akan nampak adanya satu nilai *variance* (terletak di sebelah kiri panel) yang tidak lain mengindikasikan besarnya nilai penyimpangan angin zonal di tiga kota di atas. Penyimpangan itulah yang menjadi *interest* kami untuk dianalisis lebih lanjut di bab PEMBAHASAN berikut.

#### 4.2 PEMBAHASAN

Berbasis hasil analisis di atas, maka pembahasan difokuskan kepada hasil analisis nilai *variance* yang dikelompokkan menjadi dua bagian, masing-masing periode pertama (Periode 1) dan periode kedua (Periode 2).

Periode pertama terhitung sejak 1 November 2007 hingga 30 Januari 2008 ketika nilai *variance* antara data WPR Pontianak dan Biak sama-sama saling menguat, Sementara periode kedua, terhitung sejak 7 Desember 2008 hingga 7 Maret 2009 ketika *variance* antara data WPR Pontianak dan Manado juga sama-sama saling menguat. Ini menandakan bahwa ada unsur interaksi yang kuat antara data WPR Pontianak, Manado dan Biak, walaupun ketiganya terpisah dalam jarak yang relatif jauh. Hasil *variance* nya dapat dilihat pada Gambar 4.2.1.



**Gambar 4.2.1** Puncak-puncak yang terdapat di tiga kota dari data WPR (*Wind Profiling Radar*)

Terkait dengan kejadian di atas, maka dipandang perlu untuk menyajikan hasil analisis statistik CCF (*Cross Correlation Function*) yang menggambarkan perbandingan antara data WPR Pontianak vs Biak (Periode 1) dan Pontianak vs Manado (Periode 2), seperti nampak pada Tabel 4.2.1 dan 4.2.2 berikut. Memang belum dapat diambil kesimpulan yang bersifat umum, namun ada hal menarik untuk dapat dibahas lebih lanjut.

**Tabel 4.2.1** Periode 1, 1 November 2007 – 30 Januari 2009

Kota	CCF		
	ISMI (Lag)	WNPMI (Lag)	AUSMI (Lag)
Pontianak	-0.355 (5)	0.406 (0)	0.486 (0)
Biak	-0.248 (4)	0.253 (4)	0.599 (1)

**Tabel 4.2.2** Periode 2, 7 Desember 2008 – 7 Maret 2009

Kota	CCF		
	ISMI (Lag)	WNPMI (Lag)	AUSMI (Lag)
Pontianak	-0.251 (7)	-0.203 (7)	0.21 (6)
Manado	0.419 (1)	0.277 (1)	0.301 (1)

Pada periode pertama terlihat bahwa pengaruh Monsun Asia relatif lebih kecil dibandingkan dengan pengaruh Monsun Australia yang dibuktikan dengan nilai CCF yang relatif besar (sekitar 0.6) pada indeks Monsun AUSMI (Tabel 4.2.1). Berbasis itu, maka diperlukan adanya analisis data time-series ISMI, WNPMI, dan AUSMI periode tersebut terhadap kota Pontianak dan Biak pada periode 1 November 2007 sampai dengan 30 Januari 2008.

Jika diperhatikan dengan seksama Tabel 4.2.1 di atas, terlihat bahwa Pontianak relatif lebih kuat dipengaruhi oleh AUSMI dengan nilai CCF sebesar 0.486. Sedangkan nilai CCF untuk ISMI dan WNPMI masing-masing sebesar -0.355 dan 0.406. Demikian juga pada kota Biak, iklim global yang paling besar pengaruhnya adalah AUSMI dengan nilai korelasi sebesar 0.599. Berturut-turut besar korelasi ISMI dan WNPMI yaitu -0.248 dan 0.253.

Hubungan positif terjadi jika kenaikan satu variabel diikuti kenaikan variabel yang lain. Demikian juga dengan sebaliknya, hubungan negatif dapat terjadi jika kenaikan satu variabel diikuti penurunan variabel yang lain.

Pada periode kedua, seperti terlihat pada Tabel 4.2.2, dominasi pengaruh Monsun Australia terhadap Pontianak masih terjadi pada periode ini yang ditandai dengan Monsun Asia baik ISMI maupun WNPMI bernilai negatif terhadap kota Pontianak. Namun berbeda dengan Manado, Monsun Asia (WNPMI dan ISMI) tidak bernilai negatif. Pada Tabel 4.2.2 terlihat bahwa korelasi terbesar Pontianak dipengaruhi oleh AUSMI dengan nilai CCF sebesar 0.21. Sedangkan Manado, dipengaruhi oleh ISMI dengan nilai CCF sebesar 0.419.

Sesuai dengan tujuan utama penelitian ini dilakukan yakni diperolehnya satu bentuk model IMI yang diturunkan dari data angin zonal di lapisan 850 hPa, maka berikut disajikan adanya pengaruh indeks Monsun Asia dan Australia, terutama disaat periode pertama dan kedua. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketiga indeks Monsun diatas terhadap perilaku angin zonal di lapisan 850 hPa yang terjadi diatas Pontianak, Manado, dan Biak sebagaimana dijelaskan di Tabel 4.2.1 dan 4.2.2.

Berbasis kepada metode analisis yang digunakan, maka dibuatlah satu model regresi berganda masing-masing untuk periode pertama dan kedua dengan formula sebagai berikut.

$$\text{IMI} = U_{850 \text{ hPa}} = a[\text{ISMI}] + b[\text{WNPMI}] + c[\text{AUSMI}] + \text{kostanta}$$

Model di atas menjelaskan seberapa besar indeks iklim global mempengaruhi angin zonal di kota Pontianak, Manado, dan Biak. Perbedaan fase antara Monsun Asia dengan Monsun Australia, menunjukkan bahwa ketika Monsun Asia menguat, maka diduga Monsun Australia akan meredam kekuatannya. Begitu juga sebaliknya ketika Monsun Australia menguat, maka Monsun Asia meredam kekuatannya. Nilai variabel a, b, dan c merupakan nilai parameter yang dihasilkan dari persamaan regresi linier berganda diatas.

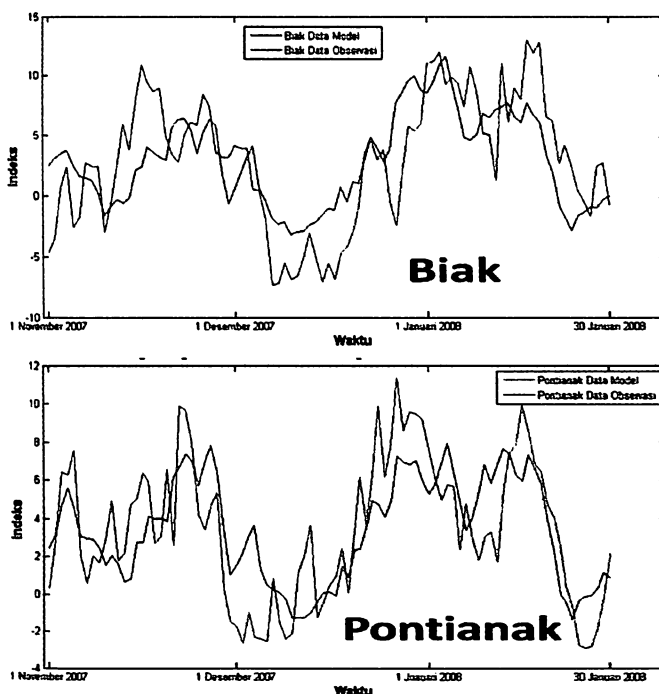
Berikut disajikan perbandingan antara data observasi angin zonal di lapisan 850 hPa dengan model yang dihasilkan

masing-masing untuk periode pertama dan kedua yang diharapkan dapat dijadikan acuan dibangunnya IMI yang sesuai untuk BMI, khususnya Pontianak, Manado, dan Biak berbasis kepada adanya *kesamaan fase* yang dihasilkannya sebagaimana terlihat di Gambar 4.2.1 di atas.

**Periode pertama periode 1 November 2007 - 30 Januari 2008 (Pontianak vs Biak),** maka bentuk persamaan IMI nya :

$$\text{Biak (U}_{850\text{hPa}}) = -0.288 [\text{ISMI}] + 0.329 [\text{WNPMI}] + 0.455 [\text{AUSMI}] + 2.352$$

$$\text{Pontianak (U}_{850\text{hPa}}) = -0.039 [\text{ISMI}] + 0.311 [\text{WNPMI}] + 0.815 [\text{AUSMI}] + 2.880$$

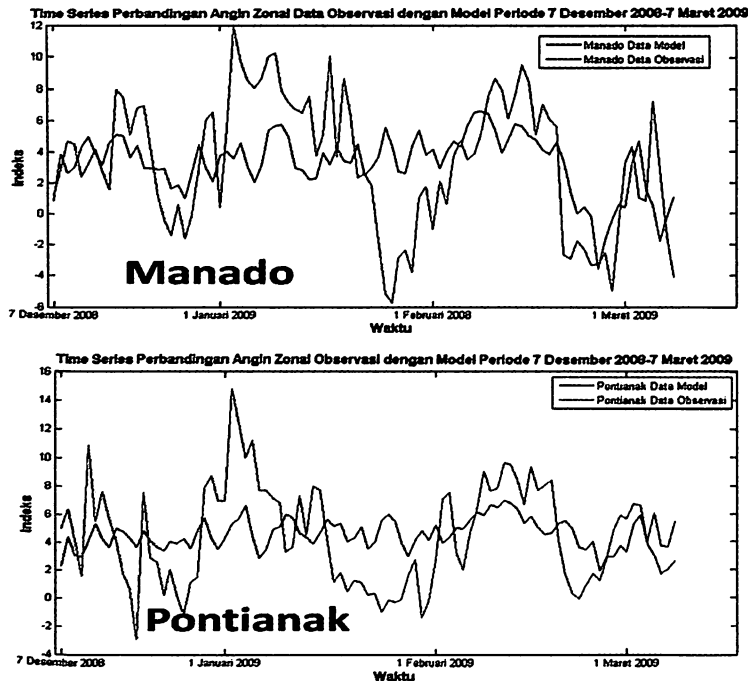


**Gambar 4.2.2** Time Series perbandingan antara data angin zonal observasi dan model di 850 hPa di atas Biak dan Pontianak

**Periode kedua periode 7 Desember 2008 – 7 Maret 2009 (Manado vs Pontianak),** maka bentuk persamaan IMI nya:

$$\text{Manado (U}_{850\text{hPa}}) = 0.814 [\text{ISMI}] + 0.152 [\text{WNPMI}] + 0.305 [\text{AUSMI}] + 8.282$$

$$\text{Pontianak (U}_{850\text{hPa}}) = 0.634 [\text{ISMI}] - 0.192 [\text{WNPMI}] + 0.208 [\text{AUSMI}] + 6.374$$



**Gambar 4.2.3** Sama dengan Gambar 4.2.2, tetapi untuk periode kedua di atas Manado dan Pontianak

Dari Gambar 4.2.2 dan juga 4.2.3 terlihat jelas bahwa perbedaan antara data observasi angin zonal WPR dengan model yang dihasilkannya relatif lebih nyata pada periode pertama dibandingkan periode kedua. Di periode pertama terhitung sejak 1 November 2007 hingga 30 Januari 2008, terlihat jelas bahwa model mengikuti pola data observasi, baik yang ada di atas Pontianak ataupun Biak).

Sementara pada periode kedua terhitung sejak 7 Desember 2008 hingga 7 Maret 2009, model ternyata tidak dapat mengikuti pola data observasi, baik yang ada di atas Manado ataupun Pontianak. Hal ini diduga terkait dengan lokasi Manado yang memang relatif agak jauh dari sabuk ekuator.

## 5. KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian ini dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa data angin zonal di lapisan 850 hPa atau setara dengan 1.5 km dpl yang berada di Pontianak, Manado, dan Biak dapat digunakan sebagai langkah awal dalam pengembangan satu model Indeks Monsun Indonesia (IMI) sesuai

dengan konsep dasar Monsun yang fokus mengamati perilaku perubahan arah angin (*reversal wind*) di dua lapisan utama, masing-masing 850 dan 200 hPa. Idealnya memang dianalisis juga data angin zonal di lapisan 200 hPa secara bersamaan (*simultan*), namun data WPR (*Wind Profiling Radar*) yang ada di tiga kota tersebut hanya mampu mendeteksi hingga lapisan 5 km dpl.

Walaupun demikian, untuk lebih mendekati kondisi real (nyata), maka data angin zonal di 850 hPa tersebut, divalidasi atau diverifikasi dengan data indeks Monsun Asia masing-masing diwakili oleh ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*) dan WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*) dan juga Australia diwakili AUSMI (*Australian Monsoon Index*). Ada satu pokok yang harus dipahami bahwa terjadinya anomali angin zonal di lapisan tersebut diasumsikan terjadi disaat ISMI, WNPMI, dan AUSMI mengalami lonjakan kenaikan yang ditunjukkan dengan nilai *variance* dan harus sama-sama satu fase dengan angin zonal WPR.

Dengan kata lain, haruslah terjadi dalam kurun waktu yang hampir bersamaan (*simultan*). Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil analisis statistic berbasis CCF (*Cross Correlation Function*) dengan waktu jeda (*lag-time*) yang bervariasi. Secara umum terlihat bahwa perilaku pembelokkan angin di 850 hPa di tiga kota tersebut didominasi oleh AUSMI.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu selesainya makalah ini. Termasuk para *reviewer* yang telah memberikan masukan yang konstruktif. Makalah ini merupakan kesempurnaan makalah makalah sebelumnya yang basis utamanya menggunakan data EAR yang ada di Loka LAPAN Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat.



## DAFTAR RUJUKAN

- Chang, C.P., 2005: The Asian Winter – Australian Summer Monsoon: An Introduction., Goswami, B. M., 2005: South Asian Summer Monsoon: An Overview., Hendon, H., 2005: The Australian Summer Monsoon., Wang, B., Li, T., Ding, Y., Zhang, R., and Wang, H., 2005: East Asian-Western North Pacific Monsoon: A Distinctive Component of the Asian-Australian Monsoon System., *The Global Monsoon System: Research and Forecast, Report of the International Committee of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III) 2-6 Nov 2004*, Hangzhou, China, WMO/TD No.70 (TMRP Report No. 70).
- Chao, W.C., Chen, B., 2001: The Origin of Monsoons. *Journal of the Atmospheric Sciences (JAS)*, 58, 3497-3507.
- Ding, Y., Wang, H., Wang, B., 2005: East Asian Monsoon: East Asia. *The Global Monsoon System: Research and Forecast, Report of the International Committee of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III) 2-6 Nov 2004*, Hangzhou, China, WMO/TD No.70 (TMRP Report No. 70).
- Kajikawa, Y., B. Wang and J. Yang, 2010: A multi-time scale Australian monsoon index, *Int. J. Climatol*, doi: 10.1002/joc.1955.
- Muna, R., 2005: On the origin of Monsoon; Conventional theory vs. new findings. *Course ATM.*, 656.
- Prawirowardoyo, S., 1996: Meteorologi. Penerbit ITB, Bandung.
- Ramage, C. S., 1971: Monsoon Meteorology. *Academic Press*, New York and London, 1-7, 231-238.
- Tjasyono H.K, Bayong., 2008: Sains Atmosfer. Penerbit Badan Meteorologi dan Geofisika, Bandung, 243-276.
- Wang, B., and Q. Ding, 2006: Changes in global monsoon precipitation over the past 56 years. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06711, doi:10.1029/2005GL025347.
- Webster, P. J. and S. Yang, 1992: Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 118, 877-926.
- <http://apdrc.soest.hawaii.edu/projects/monsoon/>
- <http://www.iprc.soest.hawaii.edu/users/ykaji/monsoon/seasonal-monidx.html>