

BIMODALITAS DAN LOMPATAN ITCZ: TEORI, PENGAMATAN DAN SIMULASI

Didi Satiadi & Nurzaman Adikusumah
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN
satiadi@yahoo.co.uk

Abstract

Research has been conducted to study ITCZ dynamics based on theory, observation and simulation. Observations were carried out by using MTSAT and TRMM satellites data from 2006 to 2009, whereas simulations were carried out by using CSIRO9 general circulation model for the same time span. The observed and simulated positions and annual migration of the ITCZ were compared to the theory. The results showed that ITCZ generally exhibited bimodality with two stable locations in the south and the north of the equator. Virtual movement of the sun caused one of the position became more dominant than that of the other, such that the ITCZ position appeared to jump from the south to the north and vice versa. The bimodality character and ITCZ jumps were observed from observation and simulation and agreed the theory developed by Chao.

Keywords: ITCZ, Bimodality, Jump, Observation, Simulation

Abstrak

Penelitian telah dilakukan untuk mempelajari dinamika ITCZ berdasarkan teori, pengamatan maupun simulasi. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan data satelit MTSAT dan TRMM dari tahun 2006 s.d. 2009, sedangkan simulasi dilakukan dengan menggunakan model sirkulasi umum atmosfer CSIRO9 untuk kurun waktu yang sama. Posisi dan pergerakan tahunan dari ITCZ dari hasil pengamatan maupun simulasi dibandingkan dengan teori. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ITCZ pada umumnya memperlihatkan sifat bimodalitas dengan dua lokasi kestabilan di sebelah selatan dan di sebelah utara katulistiwa. Pergerakan semu posisi matahari menyebabkan salah satu posisi ini menjadi dominan dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga posisi ITCZ terlihat melompat dari selatan ke utara atau sebaliknya. Sifat bimodalitas dan lompatan ITCZ ini diamati baik dari hasil pengamatan maupun simulasi dan sesuai dengan teori yang dikembangkan oleh Chao.

Kata Kunci: ITCZ, Bimodalitas, Lompatan, Pengamatan, Simulasi

1. PENDAHULUAN

Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ) merupakan fitur dinamika atmosfer skala besar yang dominan di wilayah tropis katulistiwa, terlihat jelas dari citra satelit sebagai pita awan yang memanjang dari barat ke timur. ITCZ merupakan cabang ke atas dari sirkulasi Hadley/Walker di mana konvergensi angin pasat terkopel dengan konveksi ditandai dengan jejak curah hujan yang tinggi. ITCZ bergerak ke arah utara-selatan dalam siklus tahunan mengikuti posisi semu matahari. Dinamika ITCZ sangat mempengaruhi cuaca dan iklim di wilayah tropis katulistiwa, termasuk benua-maritim Indonesia. ITCZ juga penting untuk diteliti karena berkaitan dengan ENSO, IODM,

MJO dan Siklon Tropis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dinamika ITCZ berdasarkan teori, pengamatan, dan simulasi.

Teori awal yang dominan tentang ITCZ dikemukakan oleh Charney pada tahun 1971 yang dikembangkan berdasar pada teori Convective Instability of Second Kind (CISK). Penelitian ITCZ selanjutnya dilakukan oleh Pike di tahun 1971 dan Sumi pada tahun 1992. Menurut teori ITCZ yang dikemukakan oleh Chao (2000,2001,2004), ITCZ cenderung menempati posisi lintang tertentu yang bersifat stabil. Pada posisi ini tercapai suatu kesetimbangan antara gaya tarik akibat rotasi bumi dan lokasi dari puncak SST. Menurut Chao, pergerakan lintang ITCZ dalam siklus tahunannya tidak selalu bertahap, tetapi kadang-kadang mengalami lompatan ke arah kutub.

2. DATA DAN METODA

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

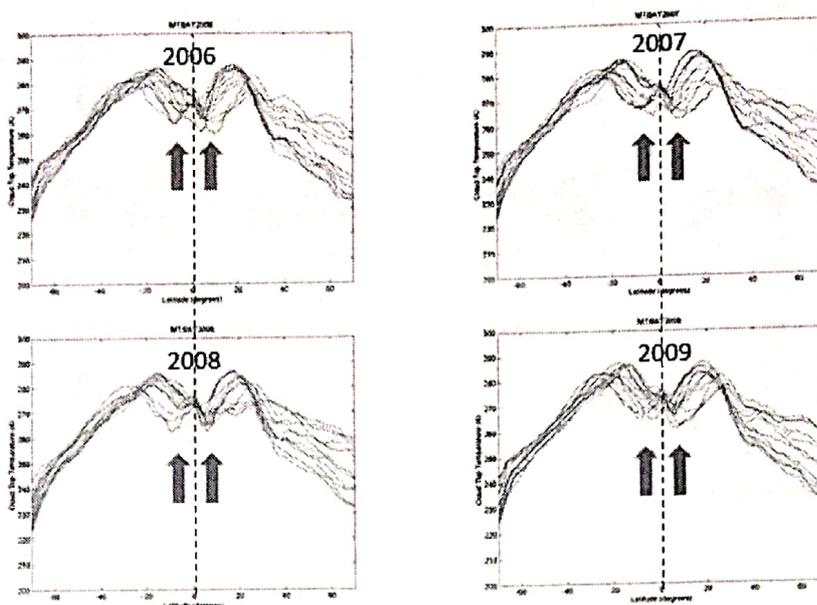
1. Data Satelit MTSAT Channel IR1 (Suhu Puncak Awan) selama tahun 2006-2009 dengan resolusi waktu jam-jaman dan domain pengamatan antara $-70^{\circ}\text{S} - 70^{\circ}\text{N}$ dan antara $80^{\circ}\text{E} - 210^{\circ}\text{E}$ dengan resolusi spasial 5 km.
2. Data curah hujan grid rata-rata bulanan dari TRMM dataset 3B43 dengan domain pengamatan antara $-50^{\circ}\text{S} - 50^{\circ}\text{N}$ dan antara $180^{\circ}\text{W} - 180^{\circ}\text{E}$ selama tahun 2006-2009.
3. Data keluaran curah hujan rata-rata bulanan dari model sirkulasi umum atmosfer CSIRO9 dengan domain antara $-90^{\circ}\text{S} - 90^{\circ}\text{N}$ dan antara $180^{\circ}\text{W} - 180^{\circ}\text{E}$ selama tahun 2006-2009.

Dalam penelitian ini, posisi lintang dari ITCZ ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk satelit MTSAT, posisi lintang ITCZ ditentukan sebagai suhu puncak awan minimum dari rata-rata zonal-bulanan. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa zona konvergensi dari sirkulasi Hadley menghasilkan awan-awan yang paling tinggi dan tebal (menara cumulonimbus) dan dengan demikian menghasilkan curah hujan yang paling besar.
2. Untuk satelit TRMM dan keluaran model GCM, posisi lintang ITCZ ditentukan sebagai curah hujan maksimum dari rata-rata zonal-bulanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

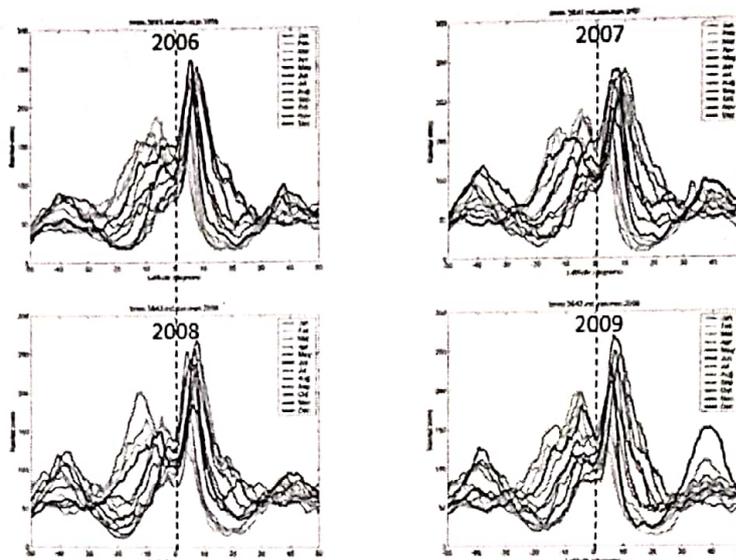
Gambar 1 memperlihatkan profil suhu puncak awan rata-rata zonal-bulanan terhadap lintang untuk bulan Januari s.d. Desember tahun 2006 s.d. 2009 hasil pengamatan satelit MTSAT kanal IR1.



Gambar 1. Suhu Puncak Awan MTSAT vs Lintang 2006-2009

Gambar 1 memperlihatkan bahwa profil suhu puncak awan tersebut memperlihatkan sifat bimodalitas dari ITCZ yang diperlihatkan oleh dua minima suhu puncak awan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa (diperlihatkan dengan tanda panah di sebelah kiri dan kanan garis vertikal yang terputus-putus yang menandai posisi katulistiwa). Pada bulan-bulan DJF, minima di sebelah selatan katulistiwa tampak lebih dominan, sedangkan pada bulan-bulan JJA, minima di sebelah utara katulistiwa tampak lebih dominan.

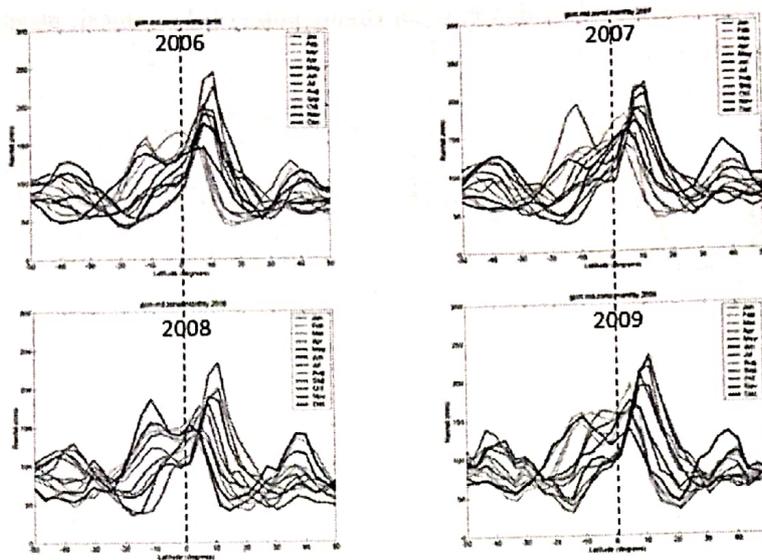
Gambar 2 memperlihatkan profil curah hujan rata-rata zonal-bulanan terhadap lintang untuk bulan Januari s.d. Desember tahun 2006 s.d. 2009 hasil pengamatan satelit TRMM dataset 3B43.



Gambar 2. Curah Hujan TRMM vs Lintang 2006-2009

Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa profil curah hujan tersebut memperlihatkan sifat bimodalitas dari ITCZ yang diperlihatkan oleh dua maksima curah hujan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa. Pada bulan-bulan DJF, maksima di sebelah selatan katulistiwa tampak lebih dominan, sedangkan pada bulan-bulan JJA, maksima di sebelah utara katulistiwa tampak lebih dominan. Namun bimodalitas tersebut tampak tidak simetris. Curah hujan maksimum di sebelah utara katulistiwa tampak lebih tinggi dibandingkan dengan maksimum di sebelah selatan katulistiwa. Hal ini kemungkinan karena ITCZ lebih sering berada di Belahan Bumi Utara (BBU) dibandingkan dengan Belahan Bumi Selatan (BBS). Hal ini terjadi karena perbedaan komposisi daratan/lautan di mana BBU memiliki lebih banyak daratan dibandingkan dengan BBS yang memiliki lebih banyak lautan. Pada saat BBU mengalami musim panas maka tekanan udara akan lebih rendah di BBU dibandingkan dengan di BBS sehingga angin akan bertiup dari BBS ke BBU. Sebaliknya apabila BBS mengalami musim panas maka tekanan udara akan lebih rendah di BBS dibandingkan dengan di BBU sehingga angin akan bertiup dari BBU ke BBS. Namun karena BBU didominasi oleh daratan sedangkan BBS didominasi oleh lautan, maka tekanan musim panas di BBU menjadi lebih rendah daripada di BBS, sehingga ITCZ terdorong lebih kuat ke arah utara dan lebih banyak menghabiskan waktu di BBU. Dengan demikian, asimetri dari ITCZ kemungkinan disebabkan oleh perbedaan komposisi daratan/lautan.

Gambar 3 memperlihatkan profil curah hujan rata-rata zonal-bulanan terhadap lintang untuk bulan Januari s.d. Desember tahun 2006 s.d. 2009 hasil simulasi model sirkulasi umum atmosfer GCM CSIRO-9.

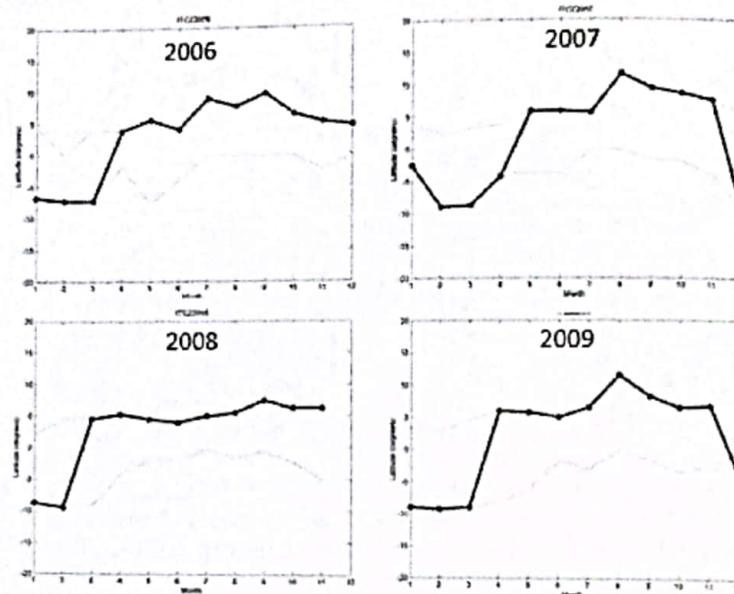


Gambar 3. Curah Hujan GCM vs Lintang 2006-2009

Gambar 3 memperlihatkan bahwa hasil simulasi dengan menggunakan model sirkulasi umum atmosfer juga dapat memperlihatkan sifat bimodalitas dari ITCZ yang diperlihatkan oleh dua maksima curah hujan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa, walaupun bimodalitas tersebut terlihat kurang jelas dibandingkan dengan hasil pengamatan. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa pada bulan-bulan DJF, maksima di sebelah selatan katulistiwa tampak lebih dominan, sedangkan pada bulan-bulan JJA, maksima di sebelah utara katulistiwa tampak lebih dominan. Hasil simulasi juga dapat menunjukkan asimetri dari ITCZ akibat dari perbedaan komposisi daratan/lautan antara BBU dan BBS. Namun hasil simulasi memperlihatkan bahwa maksima curah hujan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengamatan TRMM. Hasil simulasi juga memperlihatkan bahwa maksima di sebelah selatan katulistiwa tampak kurang jelas dibandingkan dengan pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa model sirkulasi umum atmosfer yang digunakan kemungkinan belum dapat mensimulasikan ITCZ dengan baik terutama di untuk wilayah di sebelah selatan katulistiwa.

Gambar 4 memperlihatkan posisi lintang ITCZ rata-rata zonal-bulanan terhadap bulan (Januari s.d. Desember) tahun 2006 s.d 2009 hasil pengolahan data satelit MTSAT. Dalam hal ini posisi lintang ITCZ ditentukan sebagai posisi lintang di mana rata-rata zonal-bulanan suhu puncak awan mencapai minimum. Ketentuan ini dibuat dengan mempertimbangan bahwa posisi ITCZ memiliki awan-awan yang paling tinggi (menara cumulonimbus) dan dengan demikian memiliki suhu puncak awan yang paling rendah. Pada gambar 6 terdapat dua garis paralel yang lebih tipis di sebelah utara dan di sebelah

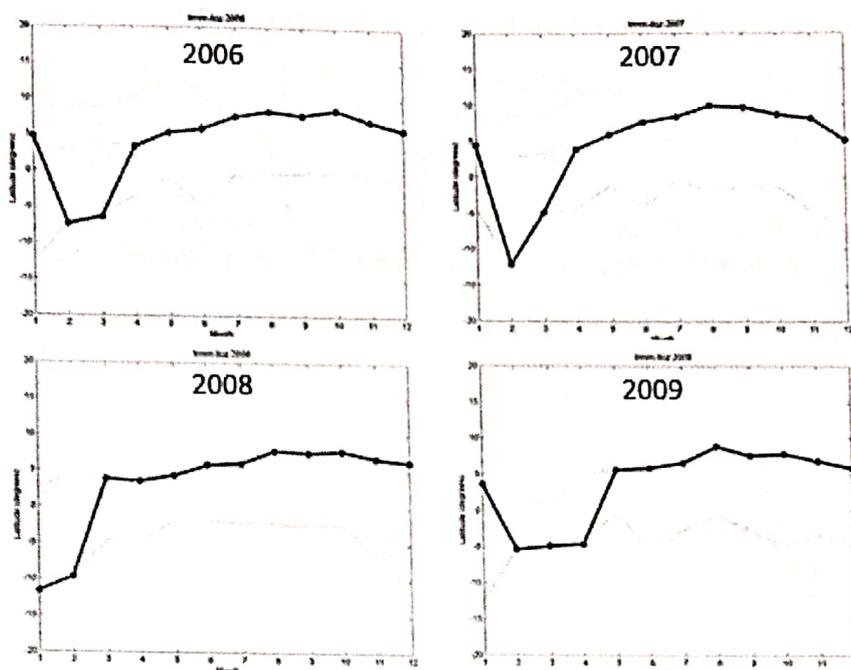
selatan katulistiwa, yang menunjukkan dua minima (bimodalitas) suhu puncak awan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa.



Gambar 4. Posisi Lintang ITCZ-MTSAT vs Bulan 2006-2009

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pergerakan ITCZ dalam siklus tahunannya tidak selalu bertahap, tetapi kadang-kadang mengalami lompatan ke arah utara atau ke arah selatan. Selanjutnya dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa lompatan tersebut sesungguhnya merupakan perpindahan modal dari modal selatan ke modal utara atau sebaliknya dari modal utara ke modal selatan. Lompatan atau perpindahan modal tersebut berkaitan dengan pergerakan posisi semu matahari yang menyebabkan salah satu modal menjadi dominan. Ketika posisi matahari berada di sebelah selatan, maka modal selatan menjadi lebih dominan. Demikian pula sebaliknya, ketika posisi matahari berada di sebelah utara, maka modal utara menjadi lebih dominan.

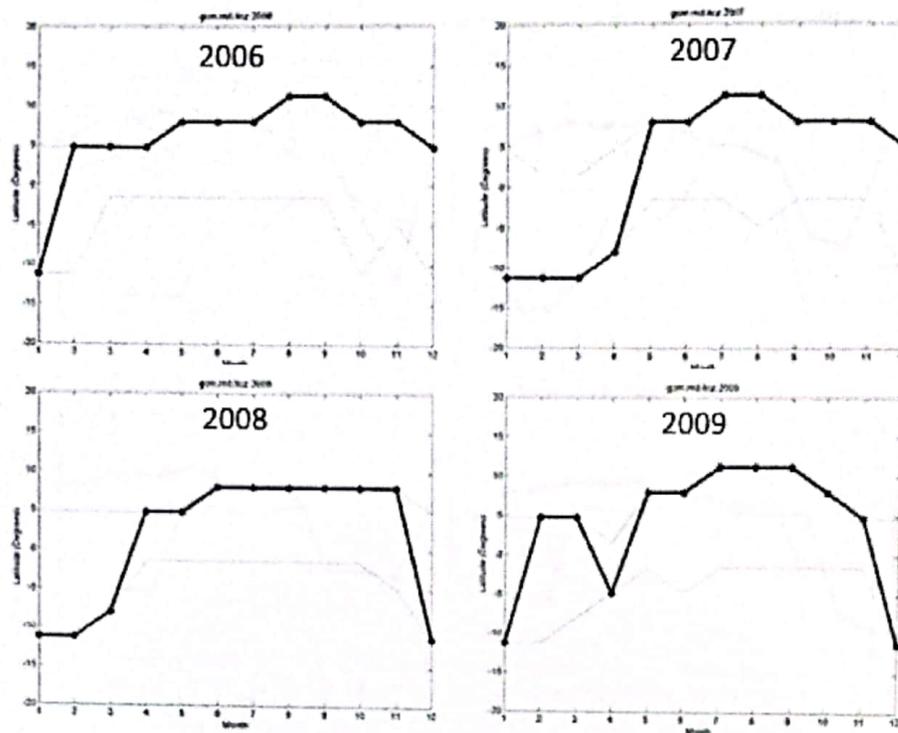
Gambar 5 memperlihatkan posisi lintang ITCZ rata-rata zonal-bulanan terhadap bulan (Januari s.d. Desember) tahun 2006 s.d 2009 hasil pengolahan data satelit TRMM. Dalam hal ini posisi lintang ITCZ ditentukan sebagai posisi lintang di mana rata-rata zonal-bulanan curah hujan mencapai maksimum. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa posisi ITCZ memiliki awan-awan yang paling tinggi dan tebal (menara cumulonimbus) dan dengan demikian menghasilkan curah hujan yang paling lebat. Pada gambar 7 juga terdapat dua garis paralel yang lebih tipis di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa, yang menunjukkan dua maksima (bimodalitas) curah hujan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa.



Gambar 5. Posisi Lintang ITCZ-TRMM vs Bulan 2006-2009

Gambar 5 juga memperlihatkan bahwa pergerakan ITCZ menurut pengamatan curah hujan dengan satelit TRMM dalam siklus tahunannya tidak selalu bertahap, tetapi kadang-kadang mengalami lompatan ke arah utara atau ke arah selatan, di mana lompatan tersebut berkaitan dengan perpindahan atau pergantian modal. Perbandingan antara lompatan ITCZ menurut satelit MTSAT dengan satelit TRMM memperlihatkan bahwa waktu lompatan ke selatan menurut satelit TRMM yang berdasarkan suhu puncak awan terjadi lebih terlambat dibandingkan dengan menurut satelit MTSAT yang berdasarkan curah hujan.

Gambar 6 memperlihatkan posisi lintang ITCZ rata-rata zonal-bulanan terhadap bulan (Januari s.d. Desember) tahun 2006 s.d 2009 hasil simulasi model sirkulasi umum atmosfer CSIRO-9. Dalam hal ini posisi lintang ITCZ ditentukan sebagai posisi lintang di mana rata-rata zonal-bulanan curah hujan mencapai maksimum. Pada gambar 8 juga terdapat dua garis paralel yang lebih tipis di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa, yang menunjukkan dua maksima (bimodalitas) curah hujan di sebelah utara dan di sebelah selatan katulistiwa.



Gambar 6. Posisi Lintang ITCZ-GCM vs Bulan 2006-2009

Gambar 6 juga memperlihatkan bahwa pergerakan ITCZ menurut hasil simulasi model sirkulasi umum atmosfer dalam siklus tahunannya tidak selalu bertahap, tetapi kadang-kadang mengalami lompatan ke arah utara atau ke arah selatan, di mana lompatan tersebut berkaitan dengan perpindahan atau pergantian modal.

4. KESIMPULAN

Penelitian telah dilakukan untuk mempelajari dinamika ITCZ berdasarkan teori, pengamatan maupun simulasi. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan data satelit MTSAT dan TRMM dari tahun 2006 s.d. 2009, sedangkan simulasi dilakukan dengan menggunakan model sirkulasi umum atmosfer CSIRO9 untuk kurun waktu yang sama. Posisi dan pergerakan tahunan dari ITCZ dari hasil pengamatan maupun simulasi dibandingkan dengan teori.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengamatan dengan satelit MTSAT dan TRMM selama tahun 2006 s.d 2009, posisi lintang ITCZ umumnya memperlihatkan sifat bimodalitas dengan dua lokasi kestabilan di sebelah selatan dan di sebelah utara katulistiwa. Pergerakan semu posisi matahari menyebabkan salah satu posisi ini menjadi dominan dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga posisi ITCZ terlihat seolah-olah melompat dari selatan ke utara dan sebaliknya. Hasil simulasi dengan model sirkulasi umum atmosfer CSIRO-9 juga memperlihatkan

bahwa model ini mampu mensimulasikan sifat bimodalitas dan lompatan ITCZ sebagaimana yang telah diamati, dan hasil-hasil ini mendukung terori ITCZ yang dikembangkan oleh Chao.

DAFTAR RUJUKAN

- Charney JG (1971) Tropical cyclogenesis and the formation of the ITCZ. *Mathematical Problems of Geophysical Fluid Dynamics*, W. H. Reid Ed. Lectures in Applied Mathematics Amer Math Soc 13: 355-368
- Pike (1971), Intertropical Convergence Zone Studied with an Interacting Atmosphere and Ocean Model, *Monthly Weather Review*, Vol. 99, No. 6, June 1971, pp. 469-477.
- Sumi A (1992) Pattern formation of convective activity over the aqua-planet with globally uniform sea surface temperature. *J Meteor Soc Japan* 70: 855-876.
- Chao (2000), Multiple Quasi Equilibria of the ITCZ and the Origin of Monsoon Onset, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 57, 1 Marh 2000, pp. 641-651.
- Chao and Chen (2001), Multiple Quasi Equilibria of the ITCZ and the Origin of Monsoon Onset. Part II: Rotational ITCZ Attractors, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 58, 15 September 2001, pp.2820-2831.
- Chao and Chen (2001), The Origin of Monsoons, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 58, 15 November 2001, pp. 3497-3507.
- Chao WC, Chen B (2004) Single and double ITCZ in an aqua-planet model with constant SST and solar angle. *Clim Dynamics* 22: 447-459.