

KARAKTERISTIK *INDIAN OCEAN DIPOLE MODE* DI SAMUDERA HINDIA HUBUNGAN-NYA DENGAN PERILAKU CURAH HUJAN DI KAWASAN SUMATERA BARAT BERBASIS ANALISIS *MOTHER WAVELET*

Eddy Hermawan^{*)}, Kokom Komalaningsih^{**)}

^{*)}Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

^{**)} Program Studi Geofisika dan Meteorologi (GM) Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor

E-mail : eddy@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

This paper is mainly concerned to investigate the characteristic of *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD), especially on *Sea Surface Temperature* (SST) to the rainfall anomaly over West Sumatera. The monthly of IOD and rainfall data that we used in this studi is started from 1960 to 1999 for 39 year observations. By using the *minitab* software based on the *Principal Component Analysis* (PCA), those rainfall data are grouped into group-1 to group-3. They show that those group rainfall has a similar dominant pattern oscillation with the SST IOD is about 3 years. It indicates that rainfall over West Sumatera which always wet every year suspecting correlated well to the SST anomaly over Indian Ocean.

ABSTRAK

Makalah ini utamanya mengkaji karakteristik *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) yang ada di Samudera Hindia, khususnya dari parameter *Sea Surface Temperature* (SST) terhadap anomali curah hujan yang ada di beberapa kawasan yang ada di Sumatera Barat. Data IOD dan curah hujan bulanan yang kami gunakan dalam studi ini antara tahun 1960 hingga 1999 (selama 39 tahun pengamatan). Dengan menggunakan software *minitab* berbasis *Principal Component Analysis* (PCA), data curah hujan tadi dikelompokkan menjadi kelompok 1 hingga kelompok 3. Hasilnya menunjukkan bahwa ketiga kelompok curah hujan tadi ternyata memiliki osilasi dominan yang sama dengan data IOD, khususnya parameter SST sekitar 3 tahunan. Hal ini mengindikasikan bahwa kawasan Sumatera Barat yang relatif basah sepanjang tahun, diduga terkait erat dengan anomali SST yang ada di Samudera Hindia.

Kata kunci : *IOD, Curah hujan, Minitab, dan Analisis wavelet*

1 PENDAHULUAN

Awal musim kering mulai merebak di beberapa kawasan di Indonesia saat ini. Hal ini ditandai dengan berkurangnya jumlah intensitas curah hujan baik dalam dekade harian, dasa harian dan ataupun bulanan, terutama di kawasan timur Indonesia termasuk kawasan Pantai Utara Pulau Jawa (Pantura). Masyarakat umumnya seringkali menganalogikan datangnya musim kemarau yang terik dan panjang dengan kehadiran fenomena alam *El-Nino*. Ada fenomena lain yang tidak kalah pentingnya yakni Monsun dan *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD). Fenomena terakhir inilah yang walaupun masih agak asing di telinga sebagian besar masyarakat kita, namun kehadirannya ternyata dapat menimbulkan kekeringan dan banjir yang berkepanjangan seperti halnya *El-Nino* dan *La-Nina*.

Memang belum ada metode yang akurat yang bisa memisahkan dengan tegas apakah gejala kekeringan yang akhir-akhir ini didominasi oleh *El-Nino*, Monsun ataupun IOD, ataupun gabungan ketiganya dengan atau tanpa adanya faktor lokal yang akan menambah atau mengurangi dampak yang ditimbulkannya mengingat keterbatasan data dan minimnya pengetahuan sistem dinamika atmosfer yang kita miliki. Namun, kajian awal ke arah sana untuk mengidentifikasi faktor alam mana yang relatif dominan berperan telah mulai dilakukan.

Banyak cara memang yang dapat kita lakukan mulai dari pemanfaatan data satelit hingga pengukuran *in-situ* di lapangan atau dengan menggunakan model iklim baik yang berbasis GCM (*Global Circulation Model*) maupun LAM (*Limited Area Model*). Terlepas dari itu semua, berdasarkan beberapa referensi yang ada, ternyata pembahasan masalah IOD hingga kini terus dikaji banyak orang, seperti yang dilakukan Ashok et al. (2001). Inilah yang menjadi ide dasar untuk mengkaji karakteristik fenomena ini lebih dalam sekaligus menganalisis dampak yang ditimbulkannya.

2 TEORI

2.1 Pengertian Dasar *Dipole Mode* (DM)

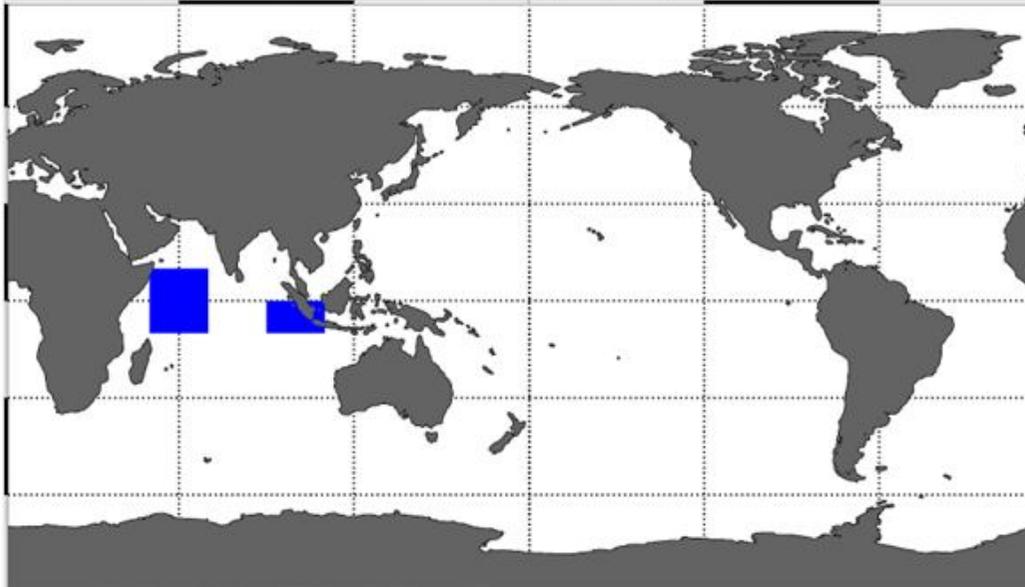
Suhu permukaan laut di daerah tropis sangatlah bervariasi baik dalam skala ruang dan waktu. Interaksi yang cukup kuat antara atmosfer dan lautan di wilayah Samudera Hindia menghasilkan fenomena *Dipole Mode* yang didefinisikan sebagai gejala ataupun tanda-tanda meningkatnya suhu permukaan laut yang tidak normal di Samudera Hindia sebelah selatan India yang diiringi dengan menurunnya suhu permukaan laut tidak normal di perairan Indonesia, tepatnya di sekitar wilayah Barat Sumatera (Saji et al., 2003).

Sedangkan *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) didefinisikan sebagai perbedaan anomali *Sea Surface Temperature* (SST) antara Bagian Barat ($10^{\circ}\text{LU}-10^{\circ}\text{LS}$; $60^{\circ}\text{BT}-80^{\circ}\text{BT}$) dan Timur ($0^{\circ}-10^{\circ}\text{LS}$; $90^{\circ}\text{BT}-110^{\circ}\text{BT}$) dari

Samudera Hindia (Saji *et al.*, 1999; Behera and Yamagata, 2003) seperti terlihat pada Gambar 2-1. Dari Gambar tersebut terlihat adanya dua kutub pusat tekan rendah, satu terletak di pantai timur benua Afrika dan lainnya di pantai barat Sumatera, Indonesia.

Area: Indian Ocean Dipole SST

Longitude: [50.0, 70.0] Latitude: [-10.0, 10.0], sea grid points only
Longitude: [90.0, 110.0] Latitude: [-10.0, 0.0], sea grid points only

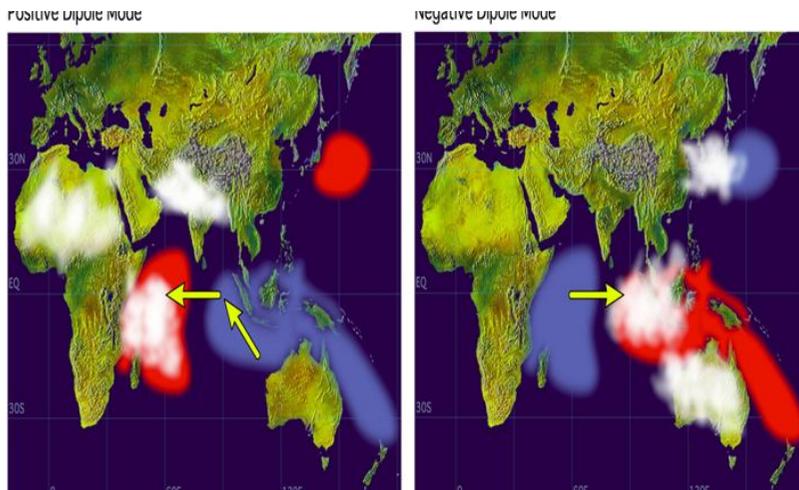


Gambar 2-1: Wilayah *Indian Ocean Dipole Mode SST* (Saji *et al.*, 1999; Saji and Yamagata; 2003b)

Selain itu, ternyata IOD secara langsung maupun tidak langsung terkait erat dengan adanya Sirkulasi Walker (*Walker Circulation*) yang terjadi di sepanjang *belt* ekuator akibat adanya perbedaan tekanan antara wilayah bagian timur Samudera Hindia dekat Sumatera Bagian Barat dengan bagian barat Samudera Hindia dekat Afrika sehingga aliran udara berlangsung secara horizontal dari tekanan udara yang tinggi (wilayah dengan kumpulan massa udara dingin) menuju wilayah dengan tekanan udara rendah (wilayah dengan kumpulan massa udara hangat). Agak rumit memang untuk dijelaskan dengan rinci mekanisme pembentukannya. Namun, pada bahasan kali ini difokuskan kepada bagaimana IOD ini melintasi wilayah Indonesia yang dicirikan adanya variasi musiman dari parameter *Sea Surface Temperature* (SST), *Sea Level Pressure* (SLP) dan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) di sepanjang kawasan Pasifik Barat mulai dari bagian timur pantai benua Afrika hingga pantai barat Pulau Sumatera.

Fenomena IOD juga mempunyai pengaruh signifikan terhadap pola curah hujan yang terjadi di suatu kawasan tertentu. Variasi curah hujan antara wilayah Sumatera Barat diduga memiliki hubungan yang terbalik dengan curah hujan yang terjadi di sebelah timur Afrika. Hal ini berarti pada

saat wilayah Sumatera Barat mengalami curah hujan di atas normal hingga beberapa kawasan mengalami banjir, maka di wilayah timur Afrika mengalami kekeringan, begitupun sebaliknya. Berdasarkan fenomena tadi, maka dikenal adanya dua macam IOD, masing-masing IOD Positif (+) dan IOD Negatif (-), seperti terlihat pada Gambar 2-2 berikut ini.



Gambar 2-2: Perbedaan IOD (+) dan IOD (-) kaitannya dengan pergeseran massa udara (<http://w3.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/saji/dmi.html>)

IOD (+) terjadi saat wilayah pantai barat Sumatera bertekanan tinggi, sementara sebelah timur pantai benua Afrika bertekanan rendah sehingga terjadi aliran udara dari bagian barat Sumatera ke bagian timur Afrika yang mengakibatkan pembentukan awan-awan konvektif di wilayah Afrika dan menghasilkan curah hujan di atas normal. Sebaliknya, di wilayah Barat Sumatera terjadi kekeringan setelah massa uap airnya gagal diturunkan sebagai hujan.

Sebaliknya, pada saat IOD (-), wilayah barat Sumatera termasuk Sumatera Barat mengalami surplus curah hujan dan wilayah timur Afrika mengalami kekeringan. Hal ini terjadi berdasarkan asumsi bahwa tingginya tekanan di wilayah Afrika Bagian Timur dan tekanan rendah di Bagian Barat Indonesia menyebabkan terjadinya pergerakan awan konvektif yang dibentuk di daerah Samudera Hindia dari wilayah Afrika ke wilayah Indonesia sehingga mengakibatkan tingginya curah hujan di wilayah Indonesia khususnya Indonesia Bagian Barat. Di sini terlihat adanya keterkaitan antara fenomena IOD dengan perilaku curah hujan di wilayah Indonesia Bagian Barat.

Hasil kajian sementara yang dilakukan peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa kejadian IOD tidaklah terjadi setiap saat. Ia muncul di tahun 1964, 1965, 1969, 1971, 1975, 1976, 1986, 1996, dan 1997 (Rao, *et.al.*,

2002). Sedangkan tahun ENSO terjadi pada tahun 1958, 1960, 1961, 1967, 1974, 1977, 1983, 1989, 1992, 1993, dan 1994 (Ashok et al., 2003). Berdasarkan informasi di atas terlihat bahwa kejadian IOD tidak terkait langsung dengan peristiwa ENSO karena kejadian tersebut berlangsung pada tahun yang berbeda. Namun kejadian ENSO diduga berhubungan dengan IOD dalam hal mekanisme pembentukannya.

Tabel 2-1: TAHUN-TAHUN KEJADIAN IODM (Rao et. al., 2002)

Peristiwa <i>Dipole Mode Positif</i> yang kuat	Peristiwa <i>Dipole Mode Negatif</i> yang kuat
1877	1874
1902	1879-80
1923	1889
1926	1890
1935	1892-93
1944	1899
1946	1901
1953	1906
1961	1909-10
1963	1917
1972	1920
1982	1954-55
1994	1958-60
1997	1964
	1975
	1984
	1989
	1992
	1996

Jika dicermati lebih mendalam, maka berdasarkan data Tabel 2-1 di atas terlihat bahwa ada dua kejadian ekstrim dimana Indonesia mengalami kemarau panjang melebihi batas normalnya yakni pada tahun 1982 dan 1997. Kalau fenomena ini murni diakibatkan oleh kejadian *El-Nino* semata, maka kemarau panjang yang terjadi, tidaklah separah yang kita duga. Kami menduga ada faktor lain yang ikut mendukungnya, yakni *Dipole Mode (+)*. Hal ini amat sangat dimaklumi karena pada saat itu pusat-pusat konveksi bergerak menuju ke arah barat meninggalkan wilayah barat Indonesia.

2.2 Karakteristik Iklim, Khususnya Curah Hujan Sumatera Barat

Provinsi Daerah Tingkat I Sumatera Barat terletak di belahan pantai barat bagian tengah pulau Sumatera. Secara geografis berada pada meridian bumi antara $0^{\circ} 54' \text{ LU} - 3^{\circ} 30' \text{ LS}$ dan $98^{\circ} 36' - 101^{\circ} 53' \text{ BT}$. Provinsi Sumatera Barat mempunyai luas 42.297,30 km² terletak pada bagian tengah sebelah barat Pulau Sumatera yang berbatasan : sebelah Utara dengan Provinsi Sumatera Utara, sebelah Selatan dengan Provinsi Jambi dan Bengkulu, sebelah Timur dengan Provinsi Riau, sedangkan sebelah Barat dengan Samudera Hindia. Sebagian besar wilayah Provinsi Sumatera Barat masih terdiri dari hutan belantara dan tanah berkemiringan relatif tinggi, sehingga hanya sekitar 15% dari luas wilayah daratannya yang dapat diusahakan sebagai areal pertanian. Di areal yang terbatas inilah terdapat pusat kehidupan dan pemukiman penduduk berupa kota-kota, nagari-nagari atau desa-desa.

Perubahan cuaca di Sumatera Barat sangat dipengaruhi oleh sirkulasi Monsun dan konvergensi intertropis. Hal ini menyebabkan daerah ini mempunyai iklim tropis dengan suhu udara normal berkisar antara 22°C sampai 33°C , dengan tingkat kelembaban udara antara 36%-75%. Daerah bagian barat yang menghadap Samudera Hindia sangat dipengaruhi oleh angin laut, sehingga hampir sepanjang tahun mengalami udara yang lembab. Oleh karena itu suhu permukaan laut di perairan Samudera Hindia memegang peranan penting dalam menentukan suplai uap air pada saat peredaran Monsun dan pada saat IOD berlangsung.

Pada saat IOD (+), suhu permukaan laut di perairan Samudera Hindia cenderung lebih tinggi dari normalnya dan biasanya diiringi dengan kondisi hujan yang lebih rendah dari normalnya. Sebaliknya bagian timur dari Pegunungan Bukit Barisan yang mengarah ke Selat Malaka, terutama pada bulan Juli-Agustus udaranya relatif lebih kering. Secara umum Provinsi Sumatera Barat memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 1785 mm sampai dengan 5615 mm per tahun. Rata-rata curah hujan bulanan senantiasa melebihi 100 mm dengan curah hujan tertinggi pada bulan November.

3 DATA DAN METODE ANALISIS

Data yang digunakan dalam studi ini adalah data SST bulanan Samudera Hindia Bagian Barat ($50^{\circ}\text{BT}-70^{\circ}\text{BT}$, $10^{\circ}\text{LS}-10^{\circ}\text{LU}$) periode 1960 hingga 1999 baik data aktual maupun anomali SST, anomali *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) bulanan antara Samudera Hindia bagian Tengah ($70^{\circ}\text{BT}-80^{\circ}\text{BT}$, $5^{\circ}\text{LS}-5^{\circ}\text{LU}$) dan Samudera Hindia Bagian Timur ($90^{\circ}\text{BT}-100^{\circ}\text{BT}$, $10^{\circ}\text{LS}-\text{Equator}$) periode Januari 1979 hingga 2000, data anomali SLP bulanan antara Samudera Hindia Bagian Timur ($86^{\circ}\text{BT}-87^{\circ}\text{BT}$, $9^{\circ}\text{LS}-$

10°LS) dan Samudera Hindia Bagian Barat (44°BT-45°BT, 14°LS-15°LS) periode Januari 1960 sampai 1999. Semua data ini diperoleh dari internet dengan website (<http://w3.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/saji/dmi.html>).

Selain itu juga digunakan data curah hujan bulanan di 79 stasiun yang ada di Sumatera Barat dari tahun 1960 sampai 2000. Sebagai data pembanding digunakan data *Global Precipitation Climate Projection* (GPCP) untuk daerah Sumatera (8°LU-8°LS, 93° BT-106°BT) yang diperoleh dari website (<http://cics.umd.edu/~yin/GPCP/main.html>).

Metode analisis yang digunakan adalah analisis spektral dengan transformasi *wavelet* model *Morlet* diambil dari modul (dalam matlab) dari C. Torrence dan G.Compo, dengan alamat <http://paos.colorado.edu/research/wavelets>. Analisis ini di pergunakan untuk data SST, SLP, dan OLR dan data curah hujan Sumatera Barat dan dianalisis osilasi dominannya. Data curah hujan 79 stasiun di Sumatera Barat kemudian diclusterkan dengan minitab menggunakan teknik *Principle Component Analysis* (PCA). Data kemudian disusun berdasarkan kode stasiun dan data hujan, dimana pada kolom C-1 ditempatkan kode stasiun dan kolom C2-C13 ditempatkan data hujan menurut bulan kejadian, berurutan mulai Januari sampai Desember. Dari 79 stasiun penakar curah hujan yang tersebar di Sumatera Barat, dikelompokkan menjadi lima kelompok utama. Kelompok-kelompok tersebut kemudian diregresikan dengan data SST, SLP dan OLR untuk melihat korelasinya dan di bandingkan tingkat osilasinya. Kemudian ditentukan sifat hujan untuk masing-masing kelompok dan dihubungkan dengan kondisi SST, SLP dan OLR.

Data SST, SLP, OLR dan curah hujan yang telah dikelompokkan kemudian direkap dan disusun disesuaikan urutan tahunnya untuk memudahkan pengolahan. Pengolahan dilanjutkan dengan menggunakan Matlab dengan teknik transformasi *wavelet* model *Morlet* dengan menggunakan modul C. Torrence, dan G. Compo, yang diambil dari website (<http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>).

Pengolahan dimulai dengan memplot data SST baik data aktual maupun anomalnya. Kemudian dilanjutkan dengan memplot data curah hujan bulanan dengan mengambil data tiga kelompok yakni kelompok 1, 2, dan 3 yang disesuaikan tahunnya dengan data SST. Alasan hanya tiga kelompok yang diambil karena kelompok 4 dan 5 banyak terjadi kekurangan data sehingga saat diplot hasilnya tidak memungkinkan. Setelah data SST dilanjutkan dengan memplot data SLP dan kedua data tersebut dibandingkan dengan hasil plotting data curah hujan dari masing-masing kelompok. Sedangkan untuk data OLR diplot dari tahun 1979-2000 sehingga data curah hujan dari 3 kelompok tersebut pun diplot dari tahun 1979-2000 tidak dari tahun 1960-1999 seperti halnya data SST dan SLP. Kemudian dari hasil tersebut dibandingkan dan dilihat osilasi dominannya.

Dari data Curah hujan yang ada kemudian dilihat sifat hujannya dan

dibandingkan fluktuasinya dengan karakteristik IOD. Sifat hujan dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut (BMG, 2003) :

- Di atas normal : apabila jumlah curah hujan melebihi 115%.
- Normal : apabila jumlah curah hujan di antara 85%-115%.
- Di bawah normal : apabila jumlah curah hujan kurang dari 85%.

Sesuai dengan hasil clustering dan sifat hujannya kemudian dibuat spasialnya melalui *overlay* dengan peta dasar Sumatera Barat. Hasil spasial tersebut kemudian dibandingkan dengan spasial dari GPCP.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada tiga parameter utama yang menjadi acuan dasar ketika menganalisis terjadinya fenomena *Dipole Mode*, yaitu suhu permukaan laut (SST= *Sea Surface Temperature*), tekanan permukaan laut (SLP= *Sea Level Pressure*), dan radiasi gelombang panjang (OLR=*Outgoing Longwave Radiation*). Rincian lebih lanjut hasil analisis ketiga parameter di atas dijelaskan sebagai berikut.

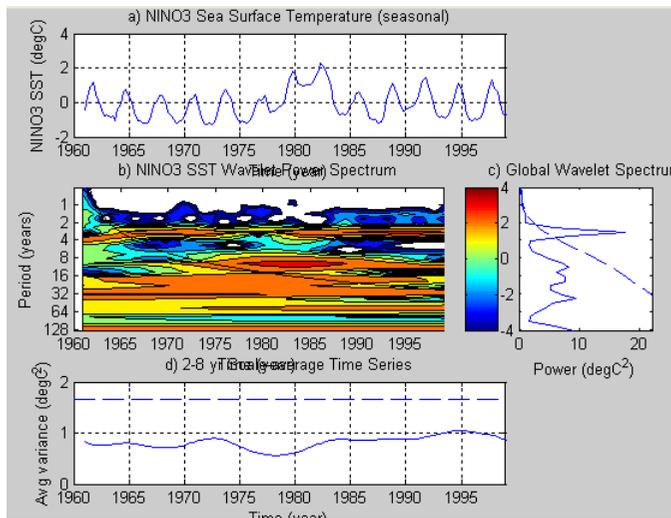
4.1 Dinamika SST di Timur Samudera Hindia

Kawasan Indonesia bagian barat, khususnya daerah Sumatera Barat dan sekitarnya merupakan salah satu basis daerah sumber terjadinya IOD. Analisis berikut ini dimulai dari tahun 1960 sampai dengan tahun 1999 di bagian barat Samudera Hindia (wilayah Afrika) sehingga fenomena yang terjadi di kawasan Sumatera bagian barat berkebalikan dengan yang terjadi di wilayah Afrika tersebut. Sesuai dengan hasil pengolahan di matlab melalui analisis *wavelet* dengan menggunakan fungsi *wavelet Morlet* maka jika dilihat dari parameter SST, IOD mencapai puncaknya pada tahun 1983 dengan nilai anomali sekitar 3.7°C. Namun setelah itu sekitar tiga tahun kemudian mengalami penurunan yang signifikan pada SST sehingga awan-awan konvektif yang di bentuk di bagian timur Samudera Hindia ini tidak sebanyak tahun 1983. Kemungkinan besar aktivitas konveksi ini lebih tinggi di kawasan barat (wilayah Afrika) Samudera Hindia.

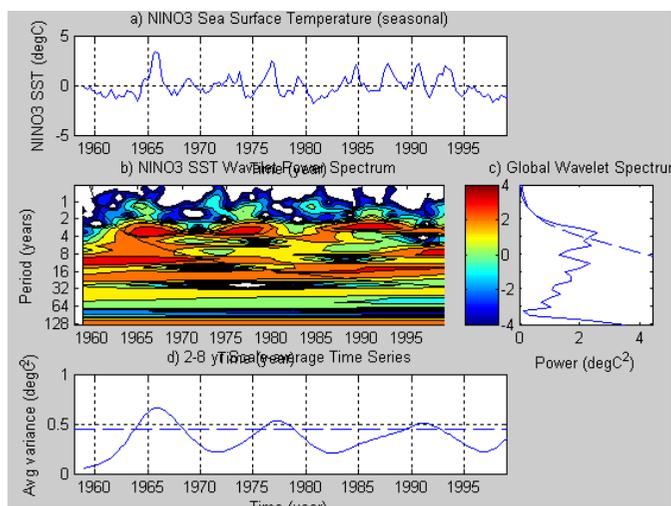
Variasi SST tidak konstan sepanjang waktu (1960-1999). Berdasarkan data yang digunakan, SST rata-rata bulanan di bagian barat Samudera Hindia berkisar antara 22°C -29°C. Sedangkan untuk anomali SST berkisar antara -2.64 sampai +3.69. Dari kedua pengolahan data tersebut didapatkan bahwa osilasi atau periode maksimum untuk SST adalah sama yakni 3 tahunan, hasil ini sesuai dengan analisis Godfrey *et. al.* (2003) dan hasil pengolahan yang dilakukan oleh Torrence (1997). Nilai osilasi tersebut diperoleh dari analisis *wavelet* spektrum global pada Gambar 4-1 dan 4-2.

Berdasarkan pengolahan data dari tahun 1960 sampai 1999 ternyata

IOD muncul maksimumnya sekitar tahun 1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1977, 1980, 1983, 1986, 1989, 1992, 1995 dan 1998 dengan nilai anomali SST $\leq 2^{\circ}\text{C}$. Sedangkan IODM yang negatif terjadi sekitar tahun 1963, 1966, 1969, 1972, 1975, 1984, 1987, 1990, 1993 dan 1996. Frekuensi IOD sesuai dengan SST, di mana fluktuasi maksimum dari IOD tersebut mirip dengan fluktuasi nilai SST aktual dan anomalnya. Data fluktuasi SST ini dapat dijadikan salah satu faktor untuk menganalisis hubungan IOD dengan curah hujan. Karena yang dianalisis adalah wilayah barat Samudera Hindia, maka saat terjadinya SST maksimum, di wilayah barat Sumatera memiliki suhu yang cukup rendah sehingga daerah tersebut bertekanan tinggi dan fenomena yang terjadi adalah IOD (+).



Gambar 4-1: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk SST aktual periode 1960-1999



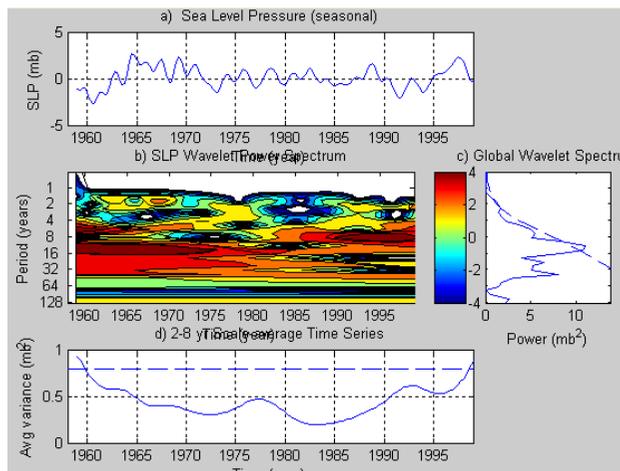
Gambar 4-2: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk data anomali SST

4.2 Dinamika SLP di Timur Samudera Hindia

Tekanan dan suhu permukaan laut adalah berhubungan terbalik. Pada tahun-tahun saat wilayah timur Samudera Hindia mengalami SST maksimum berarti tekanan di daerah tersebut adalah rendah. Konveksi saat itu cukup tinggi karena suhu permukaan laut yang tinggi sehingga memungkinkan untuk penguapan yang besar dan menghasilkan cukup banyak uap air sehingga wilayah timur Samudera Hindia termasuk Sumatera Barat. Berdasarkan hal tersebut maka saat itu daerah Sumatera Barat sedang mengalami *IODM* positif dimana terjadi pergerakan massa udara yang membawa uap air dari wilayah barat ke wilayah timur Samudera Hindia.

Anomali SLP juga menunjukkan fluktuasi yang cukup besar. Pada tahun 1964, 1967, 1969, 1971, 1976, 1978, 1982, 1968 dan 1993 dengan nilai anomali positif yakni $SLP < 5$ mb. Sedangkan tahun 1961, 1962, 1973, 1977, 1981 dan 1984 dengan nilai $SLP \geq -2$ mb. Pada saat anomali SLP di bagian timur tersebut positif maka di wilayah sekitar Sumatera Barat bertekanan tinggi sehingga hasil ini sesuai dengan kondisi SST yang dianalisis pada bagian barat Samudera Hindia yang bersuhu tinggi maka wilayah Sumatera Barat pada saat itu bersuhu rendah dan bertekanan tinggi. Fenomena ini memungkinkan pembentukan konveksi yang tinggi di wilayah Afrika.

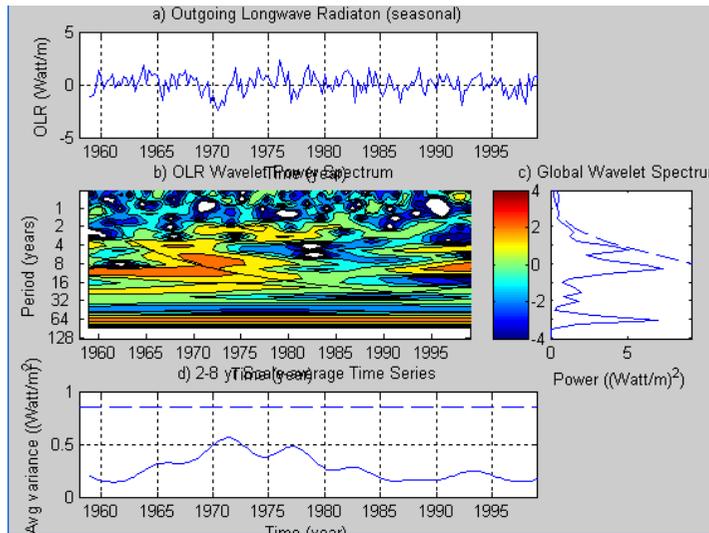
Analisis *wavelet* dengan menggunakan fungsi Morlet untuk parameter SLP seperti terlihat pada Gambar 4-3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa periode maksimum dari SLP adalah sekitar 12 tahunan artinya setiap 12 tahun dari periode SLP, nilainya maksimum. Hasil ini ternyata berbeda dengan SST. Namun hasil ini sesuai dengan data SLP yang diambil yakni bagian barat (44BT-45BT, 14LS-15LS) dan bagian timur Samudera Hindia (86°BT-87°BT, 9°LS-10°LS). Sedangkan untuk SST yang diambil hanyalah data SST bagian barat Samudera Hindia (50°BT-70°BT, 10°LS-10°LU).



Gambar 4-3: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk anomali SLP

4.3 Dinamika OLR di Timur Samudera Hindia

Nilai OLR dapat menunjukkan kondisi iklim yang dilihat dari variasi curah hujan. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4-4 bahwa anomali OLR yang dianalisis dari data tahun 1979-2000 memiliki periode maksimum sekitar 12 tahunan yang sama dengan periode SLP. Nilai OLR mengakibatkan pemanasan perairan yang berpengaruh terhadap SST dan SLP. Berdasarkan osilasi maksimum OLR yang sama dengan SLP ini berarti OLR berpengaruh signifikan terhadap SLP.



Gambar 4-4: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk anomali OLR

Dari Gambar 4-4 terlihat nilai maksimum untuk anomali OLR terjadi sekitar tahun 1976 sebesar 2 Wm^{-1} . Nilai OLR negatif terbesar yaitu -2 Wm^{-1} terjadi sekitar tahun 1970, sehingga kisaran nilai anomali OLR ini adalah -2 Wm^{-1} sampai $+2 \text{ Wm}^{-1}$. Nilai anomali OLR yang positif terjadi pada tahun 1960, 1961, 1964, 1968, 1972, 1974, 1976, 1978, 1982, 1984, 1988, dan 1994. Sedangkan yang negatif terjadi pada tahun 1966, 1970, 1977, 1983, 1987, 1992, 1997, dan 1998. Pada kondisi OLR yang positif bagian barat Sumatera dan bagian tengah Lautan Hindia mengalami pemanasan optimum sehingga bertekanan rendah pada saat itu terjadi IOD (-). Pada kondisi tersebut wilayah Sumatera Barat memiliki curah hujan di atas normal karena kiriman uap air dari daerah yang bertekanan tinggi dalam hal wilayah bagian barat Samudera Hindia.

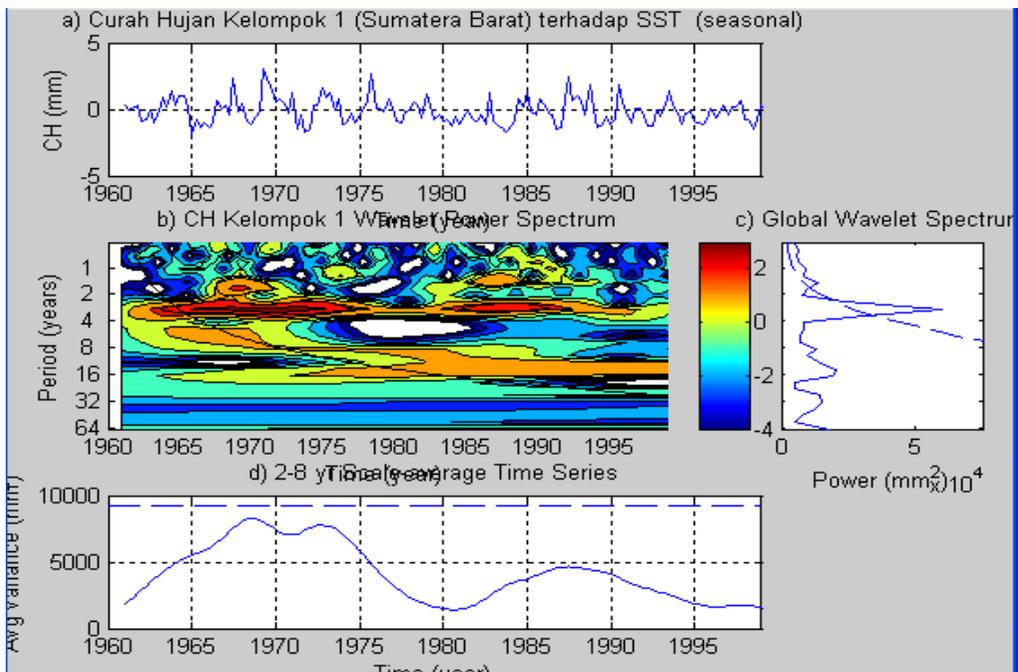
4.4 Dinamika SST, SLP dan OLR terhadap Curah Hujan di Sumatera Barat

Sebagaimana telah dikemukakan di bagian awal makalah ini bahwa karakteristik IOD sangat berpengaruh terhadap curah hujan di kawasan

Sumatera Barat. Setelah dikelompokkan dari 79 stasiun penangkar hujan yang ada di Sumatera Barat dihasilkan 5 kelompok hujan yang di- bentuk berdasarkan kemiripan nilai rata-rata curah hujan bulannya. Dari kelima kelompok tersebut diambil hanya tiga kelompok. Hal ini disebabkan data dari kelompok 4 dan 5 tidak representatif dan banyak yang kosong, sehingga sulit untuk dianalisis lebih lanjut.

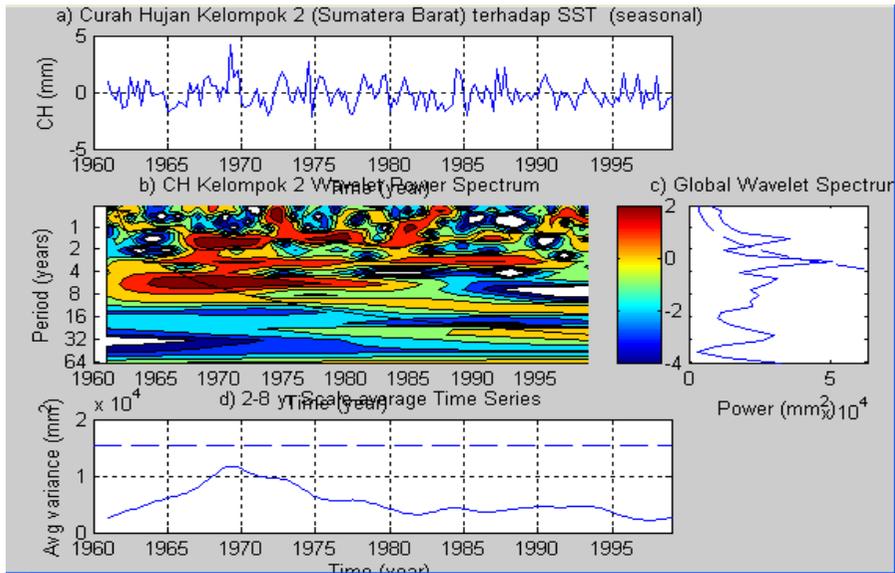
Dari pengolahan di matlab melalui transformasi *Wavelet* dengan fungsi Morlet, maka dihasilkan osilasi curah hujan dari ketiga kelompok tersebut adalah sama yakni sekitar 3 tahunan, seperti tampak pada Gambar 4-5, 4-6, dan 4-7. Dari hasil ini terlihat bahwa osilasi curah hujan di Sumatera Barat lebih dominan dipengaruhi SST dibandingkan SLP dan OLR karena osilasi curah hujan yang terjadi mirip dengan osilasi SST yakni sebesar 3 tahunan. Perbedaan SST ini mempengaruhi ke pergerakan angin sehingga berpengaruh pula terhadap pengiriman dan pemindahan uap air. Konveksi yang terjadi di daerah bertekanan rendah akan menghasilkan hujan di atas normal.

Untuk kelompok 1, curah hujan tertinggi terjadi sekitar tahun 1969 yang berarti merupakan puncak fase IOD (-). Puncak hujan juga terjadi pada tahun 1988 namun tidak terlalu signifikan. Curah hujan yang cukup tinggi terjadi pada tahun 1963, 1967, 1969, 1971, 1973, 1976, 1979, 1983, 1986, 1988, 1991, 1993, dan 1998.

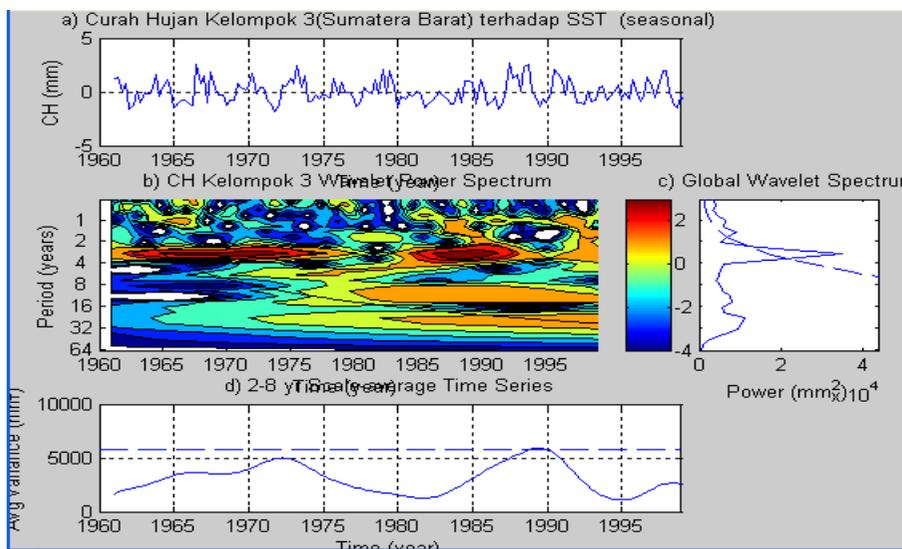


Gambar 4-5: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk curah hujan kelompok 1 periode 1960-1999

Kelompok 2 tidak terlalu signifikan menunjukkan osilasi maksimumnya hal ini disebabkan selain dipengaruhi oleh faktor regional yakni Samudera Hindia juga dipengaruhi oleh faktor lokal seperti sebaran pegunungan dan bukit barisan. Kelompok 2 juga memiliki puncak hujan sekitar tahun 1969, namun puncak hujan berikutnya tidak terlalu jelas seperti pada kelompok 1 sehingga sebaran curah hujan untuk kelompok 2 terlihat cukup merata sepanjang tahun. Curah hujan yang cukup tinggi terjadi sekitar tahun 1969, 1972, 1975, 1978, 1980, 1981, 1985, 1987, 1988, 1991, 1993, 1996, dan 1998.



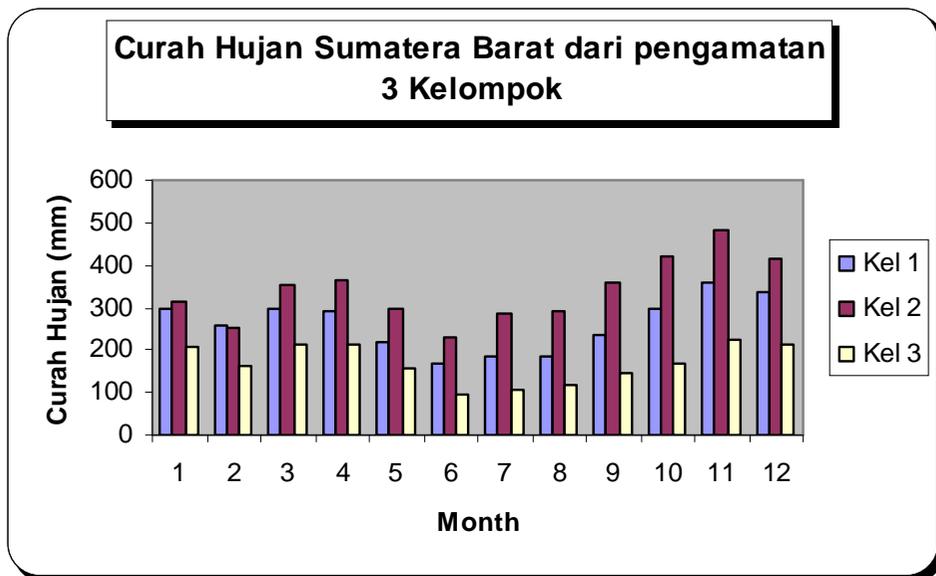
Gambar 4-6: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk curah hujan kelompok 2 periode 1960-1999



Gambar 4-7: Hasil analisis wavelet spektrum global untuk curah hujan kelompok 3 periode 1960-1999

Sedangkan untuk kelompok 3 memiliki osilasi maksimum yang sama dengan kelompok lainnya yakni 3 tahunan. Puncak hujan tertinggi terjadi sekitar tahun 1989. Curah hujan yang cukup tinggi terjadi sekitar tahun 1967, 1968, 1971, 1973, 1976, 1979, 1984, 1987, 1988, 1991, 1992, 1996, 1997, dan 1998.

Untuk keragaman curah hujan di Sumatera Barat adalah sangat dipengaruhi perairan. Daerah yang dekat Samudera Hindia memiliki curah hujan yang tinggi karena penguapan yang terjadi di daerah tersebut cukup tinggi dan akan menghasilkan hujan konvektif. Selain itu, pada tahun-tahun tertentu curah hujan di daerah tersebut dipengaruhi oleh IOD. Curah hujan di Sumatera Barat ternyata termasuk pola ekuatorial yang terlihat dari dua puncak hujan bulanan sekitar bulan Maret-April dan Oktober-November (Gambar 4-8).



Gambar 4-8 : Distribusi tiga kelompok curah hujan di Sumatera Barat

Gambar di atas menunjukkan hasil yang sama dari ketiga kelompok yang dianalisis yakni bahwa semua kelompok memiliki curah hujan bulanan dengan pola ekuatorial dan puncak hujan untuk ketiga kelompok tersebut tampak sama.

Sifat hujan dari 79 Stasiun di Sumatera Barat diolah dengan mengikuti ketentuan BMG, dimana pembagian sifat hujan dilakukan per tiga bulan. Sifat hujan ini dianalisis dengan mengambil studi kasus tahun 1996 dan 1997. Tahun 1996 merupakan tahun terjadinya IOD (-), sementara tahun 1997 terjadi IOD (+), sehingga curah hujan yang ada dapat dibandingkan. Ternyata pada tahun IOD (+), terlihat bahwa curah hujan yang ada berkisar normal dan di bawah normal. Sedangkan pada Tahun IOD (-), curah hujan berkisar normal dan di atas normal, seperti terlihat pada Tabel 4-1 dan Gambar 4-9.

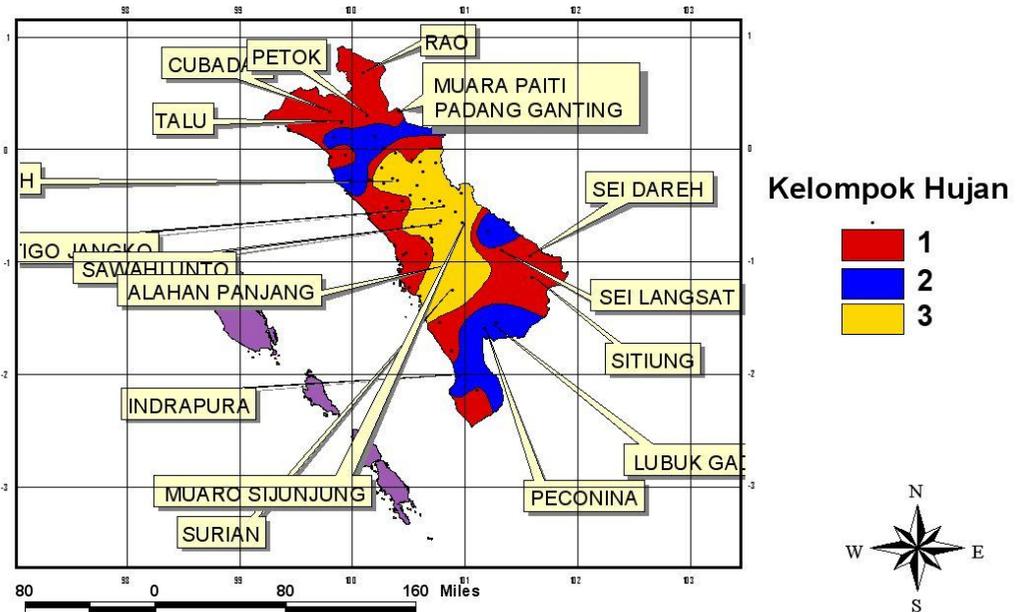
Tabel 4-1: SIFAT HUJAN PADA TAHUN 1996 (SAAT IOD NEGATIF) DAN 1997 (SAAT IOD POSITIF) PADA BULAN DJF (DESEMBER-JANUARI-FEBRUARI)

Stasiun	Rataan DJF	Kisaran Normal		1997	Sifat hujan	1996	Sifat hujan
Tabing	322	273	370	322	di bawah normal	346	Normal
Sicincin	366	311	421	366	di bawah normal	393	Normal
Limau Purut	307	261	353	307	di bawah normal	330	Normal
Teluk Bayur	387	329	445	387	di bawah normal	416	Normal
Muara Panas	241	205	278	241	di bawah normal	259	Normal
Solok	315	268	362	315	di bawah normal	339	Normal
Lubuk Gadang	466	396	536	466	di bawah normal	501	Normal
Padang Panjang	303	258	349	303	di bawah normal	326	Normal
Batusangkar	291	248	335	291	di bawah normal	313	Normal
Painan	265	226	305	265	di bawah normal	285	Normal
Koto Kandis	309	262	355	309	di bawah normal	332	Normal
Balai Selasa	339	288	390	339	di bawah normal	364	Normal
Tapan	370	315	426	370	di bawah normal	398	Normal
Indrapura	420	357	483	420	di bawah normal	452	Normal
Kumanis	197	168	227	197	di bawah normal	212	Normal
Sawahlunto	236	200	271	236	di bawah normal	253	Normal
Muaro Sijunjung	211	180	243	211	di bawah normal	227	Normal
Sei Langsat	296	252	340	296	di bawah normal	318	Normal
Sei Dareh	281	239	324	281	di bawah normal	302	Normal
Sitiung	292	248	336	292	di bawah normal	314	Normal

Bukittinggi	189	160	217	189	di bawah normal	203	Normal
Maninjau	252	214	290	252	di bawah normal	271	Normal
Lubuk Basung	390	331	448	390	di bawah normal	419	Normal
Payakumbuh	197	167	227	197	di bawah normal	212	Normal
Suliki	315	268	363	315	di bawah normal	339	Normal
Koto Tinggi	262	223	301	262	di bawah normal	282	Normal
Pangkalan Koto Baru	337	286	388	337	di bawah normal	362	Normal
Lubuk Sikaping	512	435	589	512	di bawah normal	550	Normal
Kinali	271	230	311	271	di bawah normal	291	Normal
Sukamenanti	347	295	399	347	di bawah normal	373	Normal
Talu	309	262	355	309	di bawah normal	332	Normal
Rao	301	256	346	301	di bawah normal	323	Normal
Petok	178	152	205	178	di bawah normal	192	Normal
Sei Baremas	293	249	337	293	di bawah normal	315	Normal
Sasak	313	266	360	313	di bawah normal	337	Normal
Palembayan	259	220	298	259	di bawah normal	279	Normal
Bonjol	310	263	356	286	di bawah normal	321	Normal
Bandar Buat	359	305	412	359	di bawah normal	386	Normal
Gobah	176	149	202	176	di bawah normal	189	Normal
Tanjung Pati	230	195	264	230	di bawah normal	247	Normal
Kandang Empat	392	333	451	392	di bawah normal	422	Normal
Padang Laban	328	279	378	328	di bawah normal	353	Normal
Matur	237	201	273	237	Normal	255	Normal
Tarusan	309	263	355	286	di bawah	321	Normal

					normal		
Muara Paiti	319	271	367	335	Normal	351	Normal
Cupak	228	194	263	228	di bawah normal	388	Normal
Padang Ganting	190	161	218	190	Normal	204	Normal
Sumani	209	178	240	209	Normal	211	Normal
Sunur	292	248	336	292	Normal	314	Normal
Tiku	313	266	360	313	di bawah normal	337	Normal
Alahan Panjang	170	145	196	170	Normal	183	Normal
Peconina	548	466	630	548	di bawah normal	589	Normal
Surian	142	120	163	135	Normal	149	Normal
Guguk	218	185	250	218	di bawah normal	234	Normal
Indarung	368	313	424	368	Normal	368	Normal
Tigo Jangko	156	132	179	156	Normal	132	Normal
Koto Nan Tiga	246	209	283	246	Normal	465	Normal
Tanjung Ampalu	151	128	173	151	di bawah normal	162	Normal
Sumpur Kudus	250	213	288	250	di bawah normal	148	Normal
Galogandang	172	146	198	172	di bawah normal	185	Normal
Tanjung Gadang	417	354	479	417	Normal	123	Normal
Bptp Sumani	208	177	239	208	di bawah normal	280	Normal
Rambatan	190	161	218	190	di bawah normal	204	Normal
Laing	200	170	230	200	di bawah normal	215	Normal
Sukarami	342	290	393	342	di bawah normal	367	Normal
Batipuh	269	229	309	269	di bawah normal	269	Normal
Cubadak	237	201	273	237	di bawah normal	237	Normal
Mondohiding	232	197	267	232	di bawah normal	249	Normal
Tanjung Barulak	188	160	217	188	di bawah normal	202	Normal

Isohyet DJF Sumatera Barat



Gambar 4-9: Peta isohyet untuk bulan Desember-Januari-Februari (DJF) dari tiga kelompok hujan di Sumatera Barat

Peta isohyet pada gambar di atas dibuat untuk membandingkan data hasil pengelompokan (clustering). Dilihat dari nilai kisaran curah hujan, stasiun hujan yang mempunyai karakteristik curah hujan bulanan yang sama akan dijadikan dalam satu kelompok (cluster).

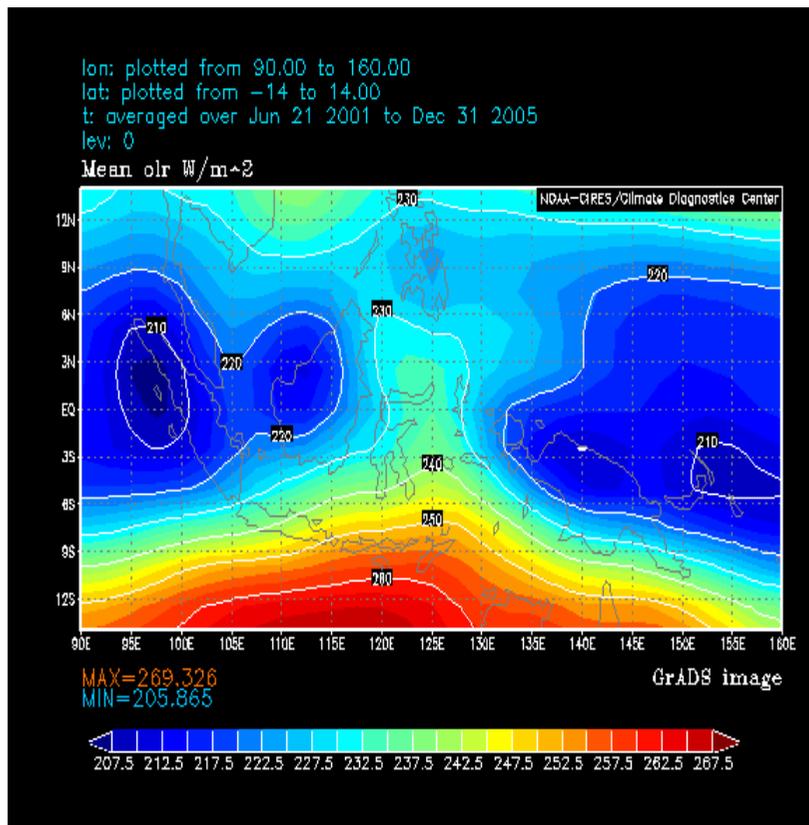
Sesuai kondisi geografis dari Sumatera Barat diketahui jelas bahwa sebelah barat berbatasan dengan Samudera Hindia yang otomatis dipengaruhi juga fenomena IOD, sehingga mempengaruhi fluktuasi curah hujan di Sumatera Barat yang memiliki pola equatorial. Hal ini menghasilkan asumsi bahwa wilayah Sumatera Barat baik suhu udara permukaan maupun curah hujan dipengaruhi oleh lautan sehingga membentuk sistem cuaca di wilayah tersebut.

Berdasarkan analisis data curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika bahwa sebaran spasial curah hujan di sekitar pantai lebih tinggi dibandingkan di daerah pegunungan. Sebagian besar curah hujan tinggi sekitar bulan November yang menunjukkan bahwa tingkat penguapan pada saat itu adalah cukup tinggi di wilayah Sumatera Barat.

Besarnya penguapan dipengaruhi oleh suhu laut dan kondisi atmosfer di atasnya yang dapat dilihat dari besarnya *fluks* bahang laten (panas tersembunyi) dan banyaknya uap air. Pengeluaran bahang sebagai proses perpindahan bahang dari laut ke atmosfer menimbulkan pendinginan

permukaan laut yang besarnya sebanding dengan besarnya penguapan. Laju penguapan sebagai perpindahan bahang dari lautan ke atmosfer rata-rata sebesar 1m/tahun atau sekitar 3 mm/hari (Sulchan, 2003).

Hal yang menarik di sini adalah besarnya *peak* maksimum yang dimiliki data IOD, khususnya dari parameter SST ternyata memiliki *peak* maksimum serupa (sama) yang dihasilkan dari kelompok curah hujan 1 (CH-1) hingga curah hujan 3 (CH-3). Hal ini memperkuat dugaan bahwa memang benar ada indikasi kuat jika perilaku curah hujan di kawasan Sumatera Barat dan sekitarnya dipengaruhi perilaku SST yang ada di Samudera Hindia. Untuk memperkuat analisis di atas, kami tampilkan gambar citra rata-rata OLR (W/m^2) periode Juni 2001 hingga Desember 2005 di atas wilayah Indonesia, dimana terlihat jelas perbedaan wilayah barat dan timur Indonesia, dimana pengaruh IOD nampak jelas di kawasan barat Indonesia (Gambar 4-10).



Gambar 4-10: Distribusi radiasi gelombang panjang (OLR) rata-rata Indonesia dalam satuan ($Watt/m^2$)

Di sini terlihat bahwa Indonesia merupakan satu dari tiga kawasan penting dunia dalam pemantauan perubahan iklim global dengan kawasan pantai barat Sumatera sebagai daerah dengan nilai OLR minimum sekitar 205.9 $Watt/m^2$ (<http://www.cdc.noaa.gov/map/climate/olr.html>).

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa curah hujan di Sumatera Barat yang dikelompokkan dalam 3 kelompok curah hujan memiliki osilasi dominan yang relatif sama dengan osilasi IOD, terutama dari parameter SST sekitar tiga tahunan. Sementara dari data OLR dan SLP meskipun berpengaruh namun tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan akibat fenomena IOD menjadikan kawasan Sumatera Barat senantiasa lebih basah dan curah hujannya selalu lebih tinggi dari kawasan Indonesia lain sepanjang tahun.

Kajian awal di atas perlu ditindaklanjuti mengingat perilaku curah hujan yang terjadi di Sumatera Barat tidak sepenuhnya terjadi akibat pengaruh *Dipole Mode*. Ada dua fenomena lain yang perlu dipertimbangkan yakni *El-Nino* dan Monsun. Studi lebih lanjut tentang pengembangan model interaksi antara *Dipole Mode*, *El-Nino* dan Monsun serta dampaknya terhadap perilaku curah hujan yang ada di kawasan Indonesia barat, khususnya Sumatera Barat dan kawasan sekitarnya nampaknya mutlak diperlukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ashok, K., Z. Y. Guan, and T. Yamagata, 2001 : *Impact of the Indian Ocean Dipole on the Relationship between the Indian Monsoon Rainfall and ENSO*. Geophys. Res. Lett., 28 (23), 4499-4502.
- Ashok, K., Z. Guan, and T. Yamagata, 2003 : *A Look at the Relationship between the ENSO and the Indian Ocean Dipole*. J. Meteor. Soc. Jpn., 81 (1), 41-56.
- Behera, S. K., and T. Yamagata, 2003 : *Influence of the Indian Ocean Dipole on the Southern Oscillation*. J. Meteor. Soc. Jpn., 81 (1), 169-177.
- Godfrey, S., Y. Masumoto, P. Hacker, G. Meyers, D. Susanto, P. Vinayachandran, and P. Webster, 2003 : *Review of monsoons, interannual variability and decadal trends that underpin climate prediction in* (<http://iodeweb1.vliz.be/odin/bitstream/1834/322/1/Godfrey.pdf>)
- Nuryadi, 2000 : *Konsep Penentuan Kriteria Musim wilayah Sumatera Barat dengan Metode Statistika*. BMG. Jakarta.
- Sulchan, M. D, 2003 : *Analisis Indeks Penguapan di Samusera Hindia dalam Hubungannya dengan Curah Hujan di Sumatera Barat*, Prosiding Workshop Pemanfaatan Informasi Iklim untuk pertanian di Sumatera Barat. Padang, 12-14 Agustus 2003.
- Rao, S.A, S.K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2002 : *Interannual Subsurface Variability in the Tropical Indian Ocean with a Special Emphasis on the Indian Ocean Dipole*. Deep-Sea Res. II, 49, 1549-1572.

Rao, S. A., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2002 : *Interannual*

- Subsurface Variability in the Tropical Indian Ocean with a Special Emphasis on the Indian Ocean Dipole.* Deep-Sea Res. II, 49, 1549-1572.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata : 1999 : *A dipole mode in the tropical Indian Ocean*, Nature., 401, 360-363
- Saji, N. H., and T. Yamagata, 2003 : *Possible Impacts of Indian Ocean Dipole Mode Events on Global Climate*. Climate Res., 25 (2), 151-169.