

DAMPAK VARIASI TEMPERATUR SAMUDERA PASIFIK DAN HINDIA EKUATORIAL TERHADAP CURAH HUJAN DI INDONESIA

Bayong Tjasyono HK^{*)}, Atika Lubis^{*)},
Ina Juaeni^{**)}, Ruminta^{***)}, Sri Woro B. Harijono^{****)}

^{*)} Institut Teknologi Bandung

^{**)} Sekolah Pasca Sarjana ITB / Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Bandung

^{***)} Sekolah Pasca Sarjana ITB / Universitas Padjajaran, Bandung

^{****)} Sekolah Pasca Sarjana ITB / Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta

EXTENDED ABSTRACT

Meskipun monsun terjadi secara periodik, tetapi awal musim hujan dan musim kemarau tidak selalu sama sepanjang tahun. Ini disebabkan musim di Indonesia dipengaruhi oleh fenomena global seperti El Niño / La Niña, Osilasi Selatan, dan Dipole Mode Event (DME) atau *Indian Ocean Dipole* (IOD). El Niño / La Niña adalah fenomena anomali panas / dingin Samudera Pasifik ekuatorial tengah dan timur, sedangkan IOD adalah beda temperatur permukaan laut pantai timur Afrika dan pantai barat Sumatera (Yamagata et al., 2002).

Monsun terdiri dari dua sirkulasi musiman berbeda yaitu sirkulasi antisiklon kontinental pada musim dingin dan sirkulasi siklon kontinental pada musim panas, dibelahan bumi utara (BBU) atau belahan bumi selatan (BBS). Monsun berhembus secara mantap dalam musim panas dan berhembus berlawanan dalam musim dingin belahan bumi. Hal ini menunjukkan adanya perubahan arah gradien tekanan dan perubahan cuaca utama. Di wilayah Indonesia, dikenal monsun Asia jika BBU musim dingin dan monsun Australia jika BBS musim dingin.

El Niño adalah gangguan kuasi periodik terhadap sistem iklim yang terjadi setiap beberapa tahun (sekitar 5 tahun). Pusat aktivitasnya terletak di Pasifik ekuatorial tetapi pengaruhnya terhadap sistem iklim meluas di luar Pasifik. El Niño adalah fasa panas dan sebaliknya La Niña adalah fasa dingin Pasifik ekuatorial tengah dan timur (Trenberth, 1996).

Ada hubungan antara monsun, El Niño dan Osilasi Selatan (Rasmesson and Carpenter, 1983). Musim kemarau panjang di Indonesia berkaitan dengan El Niño dan Indeks Osilasi Selatan negatif (Bayong

Tjasyono HK. and Zadrach, 1996). Monsun juga berpengaruh dalam iklim global dan variabilitas monsun Asia Tenggara ditentukan oleh proses-proses kopel darat – laut – atmosfer (Yasunari, 1991).

Fenomena El Niño / La Niña dan Osilasi Selatan dapat menimbulkan bencana kekeringan (*drought*), banjir (*floods*) dan bencana lain yang dapat mengacaukan dan merusak pertanian, perikanan, lingkungan, kesehatan, kebutuhan energi, kualitas udara dan sebagainya. ENSO adalah fenomena alam yang muncul dari perangkai (kopel) interaksi atmosfer – laut di Samudera Pasifik Tropis (Trenberth, 1996). El Niño (EN) sebagai komponen laut dan Osilasi Selatan (SO) sebagai komponen atmosfer dari fenomena ENSO.

Fenomena Dipol Osean Hindia (*Indian Ocean Dipole*) dan ENSO mempunyai dampak terhadap curah hujan di Indonesia. Fenomena Dipol Osean Hindia disebabkan oleh interaksi atmosfer – laut di Samudera Hindia ekuatorial, dimana terjadi beda temperatur permukaan laut antara Samudera Hindia tropis bagian barat atau pantai Afrika timur dan Samudera Hindia tropis bagian timur atau pantai barat Sumatera (Yamagata and Matura, 2000).

Peristiwa alam yang ditinjau adalah Indian Ocean Dipole (IOD) atau Dipole Mode yaitu beda temperatur permukaan laut pantai timur Afrika dan Pantai barat Sumatera dan El Niño / La Niña yaitu kenaikan / penurunan temperatur permukaan laut Samudera Pasifik Ekuatorial tengah dan timur. Untuk menganalisis musim dipakai data jumlah curah hujan bulanan dari beberapa stasiun selektif di Indonesia. Data ini diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Pusat selama pengamatan 40 tahun (1961 – 2000). Data curah hujan bulanan, kemudian dijadikan data musiman yaitu musim monsun barat (Desember – Januari – Februari), musim pancaroba ke 1 (Maret – April – Mei), musim monsun timur (Juni – Juli – Agustus) dan musim pancaroba ke 2 (September – Oktober – November). Data curah hujan musiman kemudian dikombinasikan dengan data fenomena alam (Yamagata et al., 2002), seperti El Niño / La Niña, IOD (+) / IOD (–) dan kondisi normal.

Data curah hujan bulanan kemudian dikelompokkan menjadi jumlah curah hujan < 150 mm dan ≥ 150 mm per bulan. Batas 150 mm berasal dari kriteria BMG dalam menentukan batas antara musim kemarau dan musim hujan yaitu jumlah curah hujan per dasarian (decad) adalah 50 mm. Jika jumlah curah hujan 1 decad dan decad berikutnya kurang dari 50 mm, musim kemarau tiba dan jika jumlah curah hujan 1 decad dan decad berikutnya sama dengan atau lebih 50 mm, maka mulai musim hujan. Data mentah (*raw data*) kemudian dimodifikasi dan hasilnya dianalisis. Data

curah hujan yang dipakai adalah hasil pengamatan 40 tahun yang berarti lebih dari periode normal (30 tahun). Tabel 2-1, menunjukkan jumlah bulan dengan curah hujan lebih kecil 150 mm dalam fenomena El Niño / IOD (+) dan La Niña / IOD (-) selama periode 1961 – 2000.

Tabel 2-1: Jumlah bulan rata-rata dengan curah hujan lebih kecil 150 mm (1961–2000).

Stasiun Hujan	Fenomena El Nino, IOD (+)	Fenomena La Nina, IOD (-)
Aceh	8,2	8,1
Padang	2,8	1,9
Medan	6,0	5,0
Jakarta	7,5	6,9
Banjarmasin	6,0	3,1
Pontianak	3,3	1,7
Pangkal Pinang	5,9	3,3
Madiun	7,1	6,1
Ujung Pandang	6,9	4,7
Manado	4,9	1,9
Sentani	7,0	6,9
Sorong	5,4	2,4

Indeks IOD (*Indian Ocean Dipole*) atau indeks DM (*Dipole Mode*) didefinisikan sebagai beda anomali temperatur permukaan laut (TPL) lintang 10° S – ekuator/bujur 90° – 110° T atau Samudera Hindia Ekuatorial bagian timur dan lintang 10° S – 10° U / bujur 50° – 70° T atau Samudera Hindia Ekuatorial bagian barat (Saji et al. , 1999). Nilai indeks $> 0,35$ digolongkan sebagai IOD (+) dan $< -0,35$ digolongkan sebagai IOD (-).

Area monsun ditetapkan dari indeks monsun Khromov dengan memperhatikan daerah yang mempunyai arah angin utama (*prevailing wind*) menyimpang sekurang-kurangnya 120° antara bulan Januari dan Juli. Kemudian indeks monsun daerah yang diselidiki dihitung dari frekuensi arah angin rata-rata dalam delapan penjuruan pada bulan Januari dan Juli dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{Kh} = \frac{F_{Jan} - F_{Jul}}{2}$$

dimana F_{Jan} : Frekuensi arah angin utama rata-rata dalam bulan Januari (%)

F_{Jul} : Frekuensi arah angin utama rata-rata dalam bulan Juli (%)

Dari indeks monsun Khromov (I_{Kh}) ditetapkan daerah dengan $I_{Kh} \geq 40\%$ adalah monsun dan $I_{Kh} \leq 40\%$ adalah non monsun (Ramage, 1971).

Area Jakarta mempunyai indeks monsun 51%, sehingga area ini termasuk dalam daerah monsun. Dalam tipe hujan monsun bentuk distribusi bulanan curah hujan menyerupai huruf “U” atau “V”. Rasio antara jumlah curah hujan dalam monsun Asia (DJF) dan dalam monsun Australia (JJA) secara rata-rata jauh lebih besar dari satu yaitu sebesar 23,1 untuk area Jakarta. Ini menunjukkan bahwa monsun Asia (monsun Barat) lebih lembap dari pada monsun Australia (monsun Timur). Beda kelembapan kedua monsun ini disebabkan oleh luasnya lautan yang ditempuh oleh monsun. Monsun Asia lebih jauh atau lebih luas mengarungi perairan sehingga lebih banyak mengandung kadar uap air (lebih lembap) dibandingkan dengan monsun Australia.

Dalam tipe hujan ekuatorial bentuk distribusi bulanan curah hujan menunjukkan maksima ganda (*double maxima*). Jumlah curah hujan maksimum terjadi ketika kedudukan matahari disekitar ekuator (Bayong Tjasyono HK and Mustofa, 2000). Kedudukan matahari di ekuator disebut ekinoks (*equinox*). Ketika ekinoks lamanya siang dan malam sama untuk seluruh tempat-tempat di muka bumi, tetapi insolasi (radiasi yang diterima bumi) paling besar di ekuator dan menjadi lemah makin menuju kelintang-lintang tinggi, sehingga di kutub-kutub bumi insolasinya paling kecil. Peristiwa ekinoks ditunjukkan oleh curah hujan di Pontianak (lintang 0°) yaitu rasio antara jumlah curah hujan DJF dan JJA secara rata-rata mendekati satu yaitu sebesar 1,6. Jumlah curah hujan tipe ekuatorial lebih dipengaruhi oleh fenomena ekinoks dari pada oleh monsun Australasia.

Menurut BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika), musim kemarau didefinisikan sebagai periode dimana jumlah curah hujan bulanan kurang dari 150 mm dan sebaliknya adalah musim hujan. Definisi ini mengharuskan bahwa musim pancaroba ke 1 dan ke 2 di Indonesia sebagian masuk dalam musim kemarau dan sebagian masuk dalam musim hujan. Letak geografis suatu tempat di Wilayah Indonesia menentukan dalam menanggapi aktivitas El Niño, karena itu dampak El Niño terhadap kekeringan tidak dialami oleh semua tempat di Indonesia. Dalam musim kemarau pengaruh El Niño lebih signifikan dari pada dalam musim hujan.

Tabel 2-1, menunjukkan jumlah bulan dengan curah hujan lebih kecil 150 mm pada tahun El Niño bersamaan (IOD (+) dan La Niña bersamaan IOD (-) untuk Stasiun selektif di Indonesia. Seluruh stasiun hujan yang ditinjau menunjukkan bahwa jumlah bulan dengan curah hujan kurang dari 150 mm dalam fenomena El Niño bersamaan IOD (+) lebih besar dibandingkan dalam tahun-tahun La Niña bersamaan IOD (-). Tabel 3-1a dan 3-1b, menunjukkan jumlah curah hujan musiman dan tahunan dalam fenomena El Niño / IOD (+) dan La Niña / IOD (-) untuk sampel tipe hujan

monsunal (Jakarta) dan tipe hujan ekuatorial (Pontianak). Pengaruh fenomena El Niño / IOD (+) adalah jumlah curah hujan tahunan dan JJA/SON menurun baik untuk tipe monsunal maupun ekuatorial. Menurunnya jumlah curah hujan disebabkan Samudera Pasifik Ekuatorial Barat dan Samudera Hindia Ekuatorial Timur (atau perairan di sekitar Indonesia) mendingin, sehingga konveksi di atas wilayah Indonesia lemah, sedangkan di Samudera Pasifik Ekuatorial Timur dan Hindia Ekuatorial barat memanas pada tahun-tahun El Niño / IOD (+), sehingga di wilayah ini konveksi menjadi kuat.

Tabel 3-1a: Curah hujan musiman (mm) ketika fenomena El Niño bersamaan IOD (+).

Tahun	El Niño / IOD (+)	J A K A R T A				P O N T I A N A K			
		DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
1961	El Niño / IOD	977	573	41	92	529	1021	195	734
1963	(+)	1169	517	68	76	909	772	534	624
1965	El Niño / IOD	1145	484	91	242	489	760	361	1008
1967	(+)	1201	423	6	276	1037	910	214	1135
1969	El Niño	467	507	100	380	847	1199	1464	1382
1972	El Niño / IOD	937	714	93	44	814	641	312	778
1976	(+)	938	577	187	260	582	472	502	952
1977	El Niño	1478	697	176	152	786	847	759	852
1982	El Niño / IOD	773	207	159	54	712	652	241	1075
1983	(+)	777	550	89	305	1272	795	829	1265
1987	El Niño	1274	298	59	265	719	1332	772	958
1991	El Niño / IOD	732	541	4	160	599	424	222	574
1993	(+)	832	554	293	277	567	879	387	607
1994	El Niño / IOD	801	624	78	73	961	584	392	587
1997	(+)	626	312	2	156	457	646	523	491
	El Niño								
	El Niño								
	El Niño								
	El Niño								
	El Niño / IOD								
	(+)								
	El Niño / IOD								
	(+)								
Rata-rata tahunan		1731 mm				2930 mm			

Tabel 3- 1b: Curah hujan musiman (mm) ketika fenomena La Niña bersamaan IOD (-).

Tahun	La Niña / IOD (-)	J A K A R T A				P O N T I A N A K			
		DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
1964	La Niña / IOD	376	383	194	344	877	788	471	1095
1970	(-)	1085	533	171	393	901	1109	1076	1340
1971	La Niña / IOD	914	438	317	326	536	429	596	1556
1973	(-)	908	731	168	415	1024	868	831	1272
1975	La Niña	552	394	224	530	966	643	447	902
1988	La Niña	805	423	104	301	540	1021	852	1061
1999	La Niña / IOD (-)	649	172	225	524	785	596	505	789
	La Niña								
	La Niña								
Rata-rata tahunan		1801 mm				3411 mm			

Tabel 3- 2, menunjukkan jumlah bulan dengan curah hujan $R < 150$ mm yang pada tahun-tahun IOD (+) lebih besar (3,7) dibandingkan pada tahun-tahun IOD (-) yaitu sebesar 2,4. Pada tahun-tahun IOD (+), temperatur permukaan laut di Samudera Hindia bagian timur (pantai barat Sumatera) mendingin sehingga konveksi lemah. Sedangkan pada fenomena IOD (-), temperatur permukaan laut di Samudera Hindia bagian timur memanas, sehingga konveksi kuat akibatnya jumlah curah hujan meningkat atau jumlah bulan dengan $R < 150$ mm mengecil.

Tabel 3-2: Jumlah bulan dengan curah hujan lebih kecil 150 mm pada tahun-tahun IOD (*Indian Ocean Dipole*) di Stasiun Padang, Sumatera Barat (1961–2000).

Tahun	Fenomena IOD (+)	Tahun	Fenomena IOD (-)
1961	6	1964	8
1963	6	1970	0
1967	3	1975	1
1972	0	1978	1
1977	1	1984	1
1982	4	1989	4
1994	5	1992	1
1997	7	1996	3
1998	1		
Rata-rata : 3,7		Rata-rata : 2,4	

Jumlah curah hujan musiman di Padang meningkat dalam fenomena IOD (-) dibandingkan dalam fenomena IOD (+), terutama dalam bulan

MAM, JJA dan SON. Jumlah curah hujan rata-rata tahunan juga lebih besar dalam fenomena IOD (-) yaitu sebesar 3302 mm dari pada dalam fenomena IOD (+) yaitu sebesar 2975 mm. Kenaikan jumlah curah hujan dalam fenomena IOD (-) disebabkan perairan di Samudera Hindia bagian timur memanas sehingga konveksi meningkat dibandingkan dalam fenomena IOD (+) dimana perairan disini mendingin sehingga konveksi melemah.

El Niño merupakan fenomena global yang sangat mempengaruhi hidrometeorologi di daerah Asia Tenggara dan Australia dengan variabilitas curah hujan yang dipengaruhi oleh intensitas El Niño. Kekeringan dan banjir merupakan konsekwensi dari tingginya variabilitas El Niño. Tahun kering di Indonesia akibat terjadinya El Niño dan tahun basah merupakan pengaruh terjadinya La Niña yang intensif (Brumbelow and Georgakakas, 2005; Lim , 1998). Terjadinya El Niño dan La Niña menyebabkan terjadi perubahan pola curah hujan di Indonesia yang berdampak pada perubahan periode masa tanam (*growing season*), pola tanam, dan awal tanam.

- Rasio antara jumlah curah hujan dalam monsun Asia (Desember – Januari – Februari) dan dalam monsun Australia (Juni – Juli – Agustus) secara rata-rata jauh lebih besar dari satu (23,1) untuk tipe hujan monsun, mendekati nilai satu (1,6) untuk tipe hujan ekuatorial.
- Frekuensi kejadian El Niño dan La Niña di Samudera Pasifik Ekuatorial kurang sering dibandingkan kondisi normalnya. Demikian juga frekuensi kejadian IOD (*Indian Ocean Dipole*) baik IOD (+) maupun IOD (-) di Samudera Hindia Ekuatorial menunjukkan kejadian kurang sering dibandingkan kondisi normalnya. Jumlah bulan dengan curah hujan kurang dari 150 mm dalam fenomena El Niño bersamaan IOD (+) lebih besar dibandingkan dalam tahun-tahun La Niña bersamaan IOD (-).
- Pengaruh fenomena El Niño / IOD (+) adalah penurunan jumlah curah hujan tahunan dan musiman terutama Juni – Juli – Agustus (JJA) dan September – Oktober – November (SON) baik untuk tipe hujan monsun maupun tipe hujan ekuatorial, sehingga masa tanam (*growing season*) lebih pendek. Sebaliknya La Niña dan IOD (-) menyebabkan kenaikan jumlah curah hujan, sehingga masa tanam lebih panjang. Peristiwa El Niño menyebabkan periode transisi menjadi panjang dibandingkan rata-ratanya. Dengan demikian El Niño memperpanjang musim kemarau atau memperpendek musim hujan yang berarti bahwa bercocok tanam padi sangat terlambat.

Catatan : Makalah ini telah dipublikasikan dalam Jurnal Sains Dirgantara LAPAN, 5, No. 2, 2008.