

KARAKTERISTIK CURAH HUJAN ABAD 20 DI JAKARTA BERDASARKAN KEJADIAN IKLIM GLOBAL

20th CENTURY RAINFALL CHARACTERISTIC IN JAKARTA BASED ON GLOBAL CLIMATE EVENTS

Danang Eko Nuryanto

*Pusat Penelitian dan Pengembangan, BMKG, Jl Angkasa I No 2 Kemayoran
Jakarta Pusat 10720 Indonesia
e-mail: danang.eko@bmg.go.id*

Naskah masuk: 31 Mei 2013; Naskah diperbaiki: 11 Nopember 2013; Naskah diterima: 24 Desember 2013

ABSTRAK

Variabilitas iklim di Benua Maritim Indonesia (BMI) dipengaruhi oleh dinamika iklim global maupun regional terutama yang terkait dengan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD) dan sistem sirkulasi monsun Asia-Australia. Untuk mempelajari bagaimana pola curah hujan di Jakarta pada waktu terjadi fenomena global tersebut, maka pada penelitian kali ini telah dilakukan analisis kuartil. Analisis dilakukan dengan distribusi kuartil tahunan pada tahun-tahun normal yang dibandingkan dengan pada tahun-tahun aktifnya ENSO maupun IOD. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan tahun 1901 hingga 2000 dari Stasiun Jakarta Observatori 745 sebelum pindah ke Kemayoran. Diperoleh hasil bahwa pada saat kejadian El Nino maupun DM+, distribusi curah hujan di Jakarta memiliki kemiripan pola yaitu saat JJA dan SON curah hujan menurun dan saat DJF dan MAM curah hujan meningkat. Sedangkan pada saat kejadian La Nina distribusi curah hujan di Jakarta menunjukkan pola saat JJA dan SON curah hujan meningkat dan saat DJF dan MAM curah hujan cenderung tidak berbeda. Selanjutnya hasil studi ini juga menunjukkan bahwa DM+ mempunyai keterkaitan lebih kuat dibanding El Nino terhadap rendahnya curah hujan di Jakarta sekitar 5 mm hingga 84 mm pada saat JJA dan SON. Sedangkan El Nino mempunyai keterkaitan lebih kuat dibanding DM+ terhadap rendahnya curah hujan di Jakarta sekitar 8 mm hingga 168 mm pada saat DJF dan MAM.

Kata kunci: ENSO, IOD, kuartil, benua maritim Indonesia

ABSTRACT

Climate variability in the Indonesian Maritime Continent (IMC) is affected by global and regional climate dynamics, especially related to the El Nino Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD) and the Asian-Australian monsoon circulation system. In order to learn how the rainfall pattern in Jakarta at the time of the global phenomenon, this study has been conducted using the quartile analysis. Analyses were performed with annual quartile distribution in normal years compared with distribution in the active years of ENSO and IOD. In this study, the rainfall data ranging from 1901 to 2000 were derived from 745 Observatory Jakarta stations. The results obtained indicated that the rainfall distribution in Jakarta have similar patterns during El Nino events and DM+, whereas rainfall decreases on JJA and SON and it increases on DJF and MAM. Further, the results of this study also showed that compared with El Nino, DM+ is linked more strongly to low rainfall in Jakarta about 5 mm to 84 mm during JJA and SON. Whilst El Nino compared with DM+ is linked more strongly to low rainfall in Jakarta about 8 mm to 168 mm during DJF and MAM.

Keyword: ENSO, IOD, quartile, Indonesian maritime continent

1. Pendahuluan

BMI terletak pada daerah pergeseran semu matahari terhadap bumi yang biasa dikenal dengan *Inter Tropical Convergence Zone* (ITCZ), maka wilayah BMI secara intensif lebih sering menerima radiasi matahari dibanding dengan wilayah lintang tinggi. Kondisi ini yang menjadikan wilayah BMI kaya akan

aktivitas konvektif yang pada hakekatnya menjadi pusat pertumbuhan awan. Awan yang tumbuh pada umumnya menjadi awan tinggi yang berpotensi menghasilkan hujan. Menurut McBride et. al. [1] variabilitas *interannual* konveksi BMI dapat memainkan peran penting sebagai bagian dalam dinamika global. Pada penelitian sebelumnya dari Simmons et. al. [2] dan Ting dan Sardeshmukh [3]

menunjukkan bahwa pola-pola telekoneksi atmosferik dan respon-respon ekstras tropis terhadap anomali panas tropis mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap bujur dimana anomali pemanasan terjadi. Dalam hal ini McBride et. al. [1] berhasil merumuskan kesimpulan bahwa variasi curah hujan Indonesia merupakan respon langsung dari anomali *Sea Surface Temperature* (SST) melalui sirkulasi Walker.

Sementara itu Sinambela et. al. [4] menyimpulkan bahwa variasi curah hujan mempunyai korelasi yang baik dengan aktivitas matahari jangka panjang dengan indikator panjang siklus matahari sekitar 11 tahun, dimana koefisien korelasinya mencapai $r = 0.75$ di *cluster* Indonesia Barat dan $r = 0.81$ di *cluster* Indonesia Timur. Hasil ini memperkuat hasil studi sebelumnya [5,6] bahwa ada korelasi kuat antara aktivitas matahari dan variabilitas curah hujan *monsoon*.

Berdasarkan kajian sebelumnya telah diungkapkan juga bahwa variabilitas iklim di BMI dipengaruhi oleh dinamika iklim global maupun regional terutama yang terkait dengan fenomena ENSO dan IOD [7,8] serta sistem sirkulasi monsun Asia-Australia [9,10]. ENSO merupakan fenomena interaksi lautan-atmosfer di wilayah Pasifik tropis. Pada kondisi normal wilayah Pasifik barat lebih hangat daripada Pasifik timur tropis. Sedangkan El Nino / La Nina 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 [11]. Ketika kejadian IOD positif (DM+) / IOD negatif (DM-), anomali SST Samudera Hindia bagian barat lebih hangat / dingin daripada Samudera Hindia bagian timur [12,13].

Sementara itu *monsoon* 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). Angin *monsoon* 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 *monsoon* Asia

jika BBU musim dingin dan *monsoon* Australia jika BBS musim dingin [14].

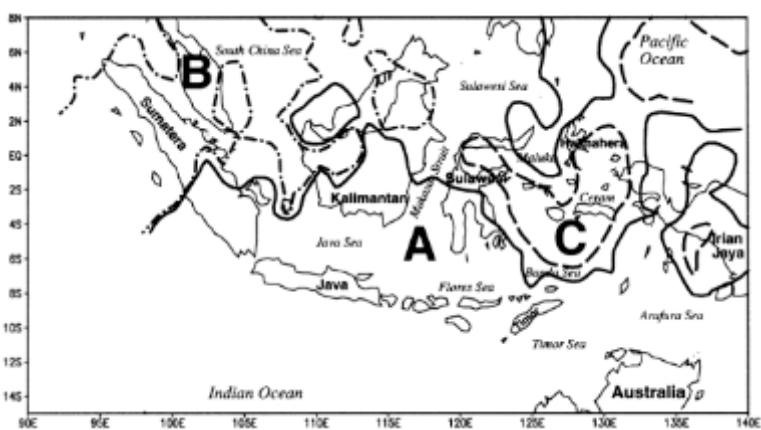
Fenomena iklim tersebut menurut McBride et.al. [1] mempengaruhi BMI melalui modifikasi dua sirkulasi global yang utama di daerah tropis yakni sirkulasi Hadley dan sirkulasi Walker. Sirkulasi Hadley merupakan sirkulasi meridional yang ditandai dengan kenaikan udara di atas ekuator dan penurunan udara di lintang lebih tinggi, sedangkan sirkulasi Walker merupakan sirkulasi zonal sepanjang ekuator yang ditandai dengan kenaikan udara di Samudra Pasifik bagian barat, kawasan Indonesia dan penurunan udara di Samudra Pasifik bagian timur daerah lepas pantai Amerika Selatan [15].

Aldrian dan Susanto [16] telah membagi wilayah Indonesia menjadi 3 tipe wilayah curah hujan yaitu tipe monsun, ekuatorial dan lokal (Gambar 1), dimana tipe monsun lebih di dominasi oleh wilayah Indonesia bagian selatan. Berdasarkan amplitudo dan fase tahunan, Indonesia diklasifikasikan ke dalam empat wilayah klimatologi yaitu: Desember-Januari-Februari (DJF), Maret-April-Mei (MAM), Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON) [7,17].

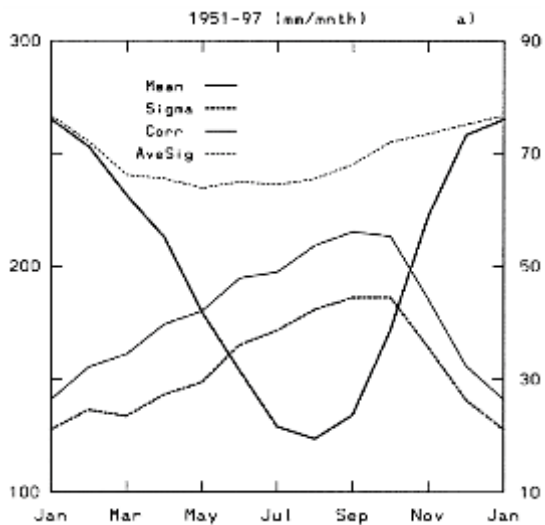
Lebih jauh berdasarkan rata-rata tahun 1951 - 1997 data curah hujan Indonesia dari 43 stasiun, Hendon [7] menyatakan bahwa JJA dan SON sebagai musim kering serta DJF dan MAM sebagai musim basah (Gambar 2).

Puncak curah hujan di Pulau Jawa yang merupakan wilayah dengan curah hujan tipe monsun pada umumnya terjadi pada DJF. Karena Jakarta berada di wilayah Pulau Jawa, maka Jakarta termasuk wilayah dengan curah hujan tipe monsun.

Hasil penelitian Caljouw et. al. [18] menyebutkan bahwa secara pembentukan wilayah Jakarta berada di atas dataran aluvial pantai dan sungai, dimana dataran, rawa, pantai, sungai dan genangan laguna mendominasi bentangan alamnya. Menurut catatan Gemowo dan Yulianto [19] banjir besar yang melanda Jakarta adalah tahun 1621, 1654, 1918, 1976, 1996, 2002 dan 2007, serta kejadian banjir pada pertengahan Januari 2013 kemarin turut melengkapi.



Gambar 1. Tiga wilayah iklim berdasarkan rata-rata pola tahunan curah hujan Indonesia, yaitu: wilayah A (monsun), B (ekuatorial) dan C (lokal)[16].



Gambar 2. Siklus bulanan rata-rata curah hujan di 43 stasiun Indonesia (garis penuh tebal), standar deviasi (garis putus tebal), rata-rata standar deviasi tiap stasiun (garis putus tipis) dan variansi yang dapat dijelaskan (sebagai koefisien korelasi) dari 43 stasiun (garis penuh tipis). Skala untuk rata-rata curah hujan pada sebelah kiri ordinat (mm/bulan) dan skala untuk standar deviasi (mm/bulan) serta koefisien korelasi (/100) pada sebelah kanan ordinat [7].

Sebelumnya Gernowo [20] telah meneliti efek *monsoon* pada kejadian banjir tahun 2002 dan 2007 di Jakarta. Menurutnya pada perodesitas *monsoon* aktif terjadi dinamika awan di atas Jakarta yaitu sekitar bulan Desember, Januari dan Februari. Pada penelitian berikutnya Gernowo dan Yulianto [19] menyimpulkan ada tiga faktor dominan yang menyebabkan banjir di Jakarta pada tahun 2002 dan 2007, yaitu kehadiran *vortex*, fase aktif osilasi gelombang *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan kondisi lokal (adanya konvergensi yang menyebabkan pertumbuhan awan konvektif).

Sedangkan Siswanto [21] telah mempelajari heterogenitas temporal kondisi tren dan variabilitas iklim di Jakarta menggunakan data per jam dan harian pengamatan curah hujan hampir 114 tahun. Dengan hasil bahwa jumlah hari hujan telah menurun antara tahun 1880 hingga 2010, sedangkan kejadian curah hujan di atas 50 mm sedikit meningkat. Peningkatan tren curah hujan lebat pada persentil 80% dan 95% terdeteksi antara bulan April dan September. Variasi diurnal curah hujan di Jakarta berubah signifikan. Pada musim hujan (DJF), curah hujan pagi intensitasnya meningkat, sementara dalam musim lainnya, menunjukkan amplitudo puncak hujan siang menjelang sore tertunda.

Hermawan [22] menganalisis kenormalan curah hujan di Sumatera Barat dan Selatan saat kejadian IOD menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Dengan hasil bahwa dibandingkan DM-, DM+ ternyata memberikan pengaruh yang relatif lebih besar terhadap curah hujan di kedua kawasan tersebut. Pada saat DM+, wilayah Sumatera Barat dan Sumatera Selatan memiliki curah hujan di bawah

normal terutama pada periode JJA dan SON. Pada saat DM-, wilayah Sumatera Barat dan Sumatera Selatan memiliki curah hujan di atas normal.

Hasil analisis Tjasyono et. al. [23] menyimpulkan bahwa *monsoon* di Indonesia didominasi oleh awan-awan konvektif dan hujan-hujan konveksi. Di sisi lain *monsoon* juga dapat diperkuat oleh angin-angin lokal untuk menghasilkan hujan yang berlimpah. Awan-awan konvektif tersebut dapat menghasilkan hujan lebat, bahkan *hailstone* (batu es) dan kilat. Sedangkan sebagian besar curah hujan konveksi terjadi setelah insolasi maksimum (jam 12.00 waktu lokal). Curah hujan konveksi dapat terjadi waktu pagi hari karena pengaruh wilayah maritim.

Penelitian tentang karakteristik curah hujan di Jakarta terhadap iklim global belum dilakukan secara mendetail. Sehingga hal yang menarik untuk dipelajari adalah bagaimana pola curah hujan di Jakarta pada waktu terjadi fenomena global (ENSO dan atau IOD). Perlu ditekankan di sini bahwa penelitian ini tidak menunjukkan adanya pengaruh fenomena global terhadap pola curah hujan di Jakarta, akan tetapi lebih ditekankan pada pola curah hujan di Jakarta pada saat fenomena global tersebut. Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisis kuartil untuk mengetahui karakteristik curah hujan di Jakarta terhadap kejadian IOD di Samudera Hindia dan ENSO di Samudera Pasifik.

2. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan Stasiun Jakarta Observatori 745 sebelum pindah ke Kemayoran yaitu data curah hujan pada tahun 1901 hingga 2000 (sehingga pokok bahasan hanya pada abad 20). Alasan dipergunakan data tersebut adalah mengingat data yang tersedia cukup panjang dan bagus, sehingga dapat digunakan untuk mewakili kondisi curah hujan di Jakarta pada abad 20.

Untuk mengetahui karakteristik hujan di Jakarta, pada tulisan ini dilakukan analisis deret waktu dari data yaitu dengan analisis *quantile* (kuantil) sampel. Suatu analisis kuantil sampel q_p adalah suatu angka yang mempunyai satuan sama dengan data, dimana $0 \leq p \leq 1$ [24]. Kuantil sampel q_p dapat diinterpretasikan kira-kira sebagai nilai data yang secara random dipilih dari data dengan probabilitas p .

Pada analisis kali ini data akan dibagi menjadi empat bagian sama besar yang selanjutnya diistilahkan dengan *quartile* (kuartil), sehingga ada 3 titik pembagi yaitu $q_{0.25}$, $q_{0.5}$ dan $q_{0.75}$. Istilah yang sering digunakan secara umum adalah median atau $q_{0.5}$ sebagai kuartil kedua Q(2), merupakan nilai pada pusat data setelah diurutkan. Sedangkan $q_{0.25}$ dan $q_{0.75}$ biasanya disebut sebagai kuartil bawah Q(1) dan atas Q(3), merupakan nilai tengah antara Q(2) dengan ekstrim bawah dan ekstrim atas.

Metode kuartil ini digunakan oleh Khan & Short [25] untuk menghitung variabilitas curah hujan pada tiga

wilayah irigasi yaitu : Murray (dengan data dari tahun 1900 – 2000), Murrumbidgee (dengan data dari tahun 1900 – 2000) dan Coleambally (dengan data dari tahun 1920 – 1999). Metode ini sebelumnya juga digunakan oleh Huff [26] untuk menghitung distribusi hujan badai di Illinois.

Ada beberapa metode yang bisa di pakai untuk menentukan Q(1) dan Q(3) diantaranya adalah Shao [27], Hines dan Montgomery [28], Mendenhall dan Sincich [29], Mayer dan Sykes [30], Smith [31], Lapin [32], Vinning [33]. Pada penelitian ini digunakan metode Vinning untuk menentukan Q(1) dan Q(3), karena peringkat kuartil ekstrim metode ini sama persis dengan peringkat kuartil ekstrim yang disarankan dalam metode Milton dan Arnold [34]. Metode Vinning yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q(1) = \begin{cases} (n + 3) / 4, & \text{jika } n \text{ ganjil} \\ (n + 2) / 4, & \text{jika } n \text{ genap} \end{cases} \quad (1)$$

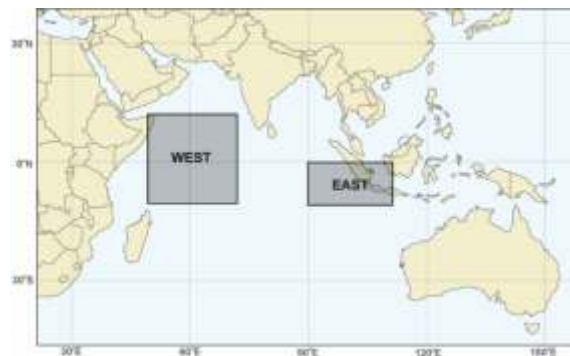
$$Q(3) = \begin{cases} (3n + 1) / 4, & \text{jika } n \text{ ganjil} \\ (3n + 2) / 4, & \text{jika } n \text{ genap} \end{cases} \quad (2)$$

dimana Q(1) adalah kuartil kesatu, Q(3) adalah kuartil ketiga dan n adalah jumlah sampel data.

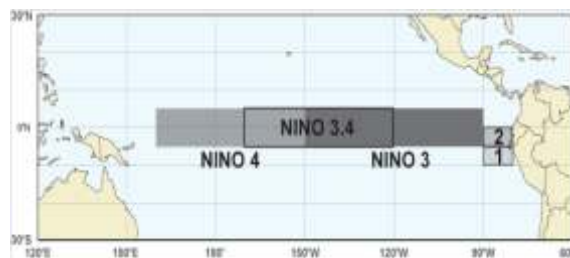
Analisis dilakukan dengan distribusi kuartil tahunan pada tahun-tahun normal yang dibandingkan dengan pada tahun-tahun aktifnya IOD maupun ENSO. Sedangkan pada saat IOD aktif dibagi menjadi 2 yaitu IOD positif (DM+) dan IOD negatif (DM-). Demikian juga untuk ENSO dibagi menjadi 2 juga yaitu pada saat *El Nino* dominan dan saat *La Nina* dominan.

Intensitas IOD menurut definisi Saji et. al. [12] direpresentasikan dengan selisih anomali SST antara Samudera Hindia ekuatorial bagian barat (50°BT - 70°BT, 10°LS - 10°LU) dengan bagian timur (90°BT - 110°BT, 10°LS - 0°), lihat Gambar 3. Selisih anomali ini selanjutnya dikenal dengan *Dipole Mode Index* (DMI). Ketika DMI positif maka fenomena ini disebut IOD positif (DM+) dan ketika DMI negatif disebut IOD negative (DM-).

Sedangkan indeks *Nino 3.4* (sebagai representasi dari intensitas ENSO) menurut Trenberth & Hoar [35] merupakan rata-rata SST wilayah 120°BB - 170°BB dan 5°LS - 5°LU, lihat Gambar 4. Ketika indeks *Nino 3.4* positif maka fenomena ini dikenal dengan *El Nino* dan ketika indeks *Nino 3.4* negatif dikenal dengan *La Nina*. Sedangkan tahun normal didefinisikan sebagai tahun yang tidak terjadi fenomena *El Nino*, *La Nina*, DM+ atau DM.



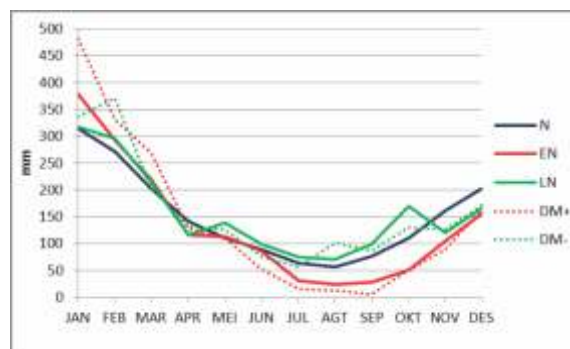
Gambar 3. Wilayah untuk menentukan perhitungan DMI menurut definisi Saji dkk (1999), yaitu selisih rata-rata anomali SST area A (50°BT - 70°BT, 10°LS - 10°LU) dengan area B (90°BT - 110°BT, 10°LS - 0°) [36].



Gambar 4. Wilayah yang dipergunakan untuk menentukan perhitungan Indeks *Nino 3.4* menurut Trenberth dan Hoar (1996) merupakan rata-rata SST wilayah 120°BB - 170°BB dan 5°LS - 5°LU [37].

3. Hasil dan Pembahasan

Grafik rata-rata curah hujan tahunan di Jakarta dapat diperhatikan pada Gambar 5. Secara spesifik terbagi dalam 5 kelompok tahun rata-rata, yaitu pada saat tahun normal, *El Nino*, *La Nina*, DM+ dan DM-.



Gambar 5. Rata-rata siklus bulanan (curah hujan tahunan) pada saat tahun Normal (biru), *El Nino* (merah), *La Nina* (hijau), *Dipole Mode* positif (merah putus-putus) dan *Dipole Mode* negatif (hijau putus-putus).

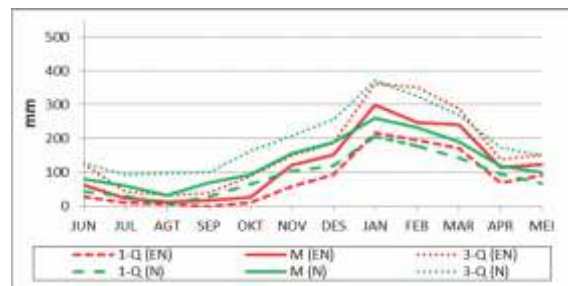
Pada Gambar 5 tersebut terlihat bahwa pada saat tahun El Nino atau DM+ curah hujan pada bulan Juli hingga Desember lebih rendah dibanding pada tahun Normal, namun pada bulan Januari hingga Maret curah hujan saat tahun El Nino atau DM+ lebih tinggi dibanding saat tahun Normal. Sedangkan pada tahun La Nina maupun DM- tidak menunjukkan konsistensi pola curah hujan seperti saat tahun El Nino atau DM+. Secara umum pada tahun La Nina curah hujan bulan Mei hingga Oktober lebih tinggi dibanding pada tahun Normal dan pada tahun DM- curah hujan bulan Agustus hingga Oktober berturut-turut lebih tinggi dibanding pada tahun Normal.

Jika dibandingkan dengan saat tahun La Nina, curah hujan saat tahun El Nino lebih tinggi pada bulan Januari saja dan lebih rendah pada bulan Mei hingga Desember. Sementara itu jika dibandingkan dengan saat tahun DM-, curah hujan saat tahun DM+ lebih tinggi pada bulan Januari hingga Maret dan lebih rendah pada bulan Juni hingga Desember.

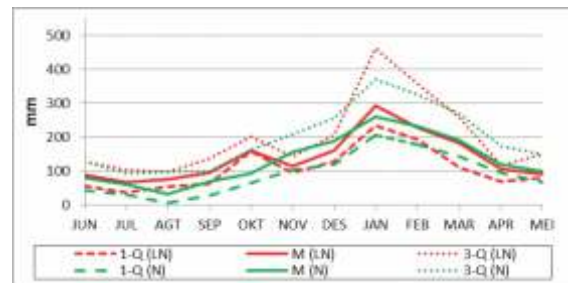
Perilaku curah hujan di Jakarta pada saat kejadian DM+ mempunyai kemiripan dengan wilayah Sumatera Barat dan Sumatera Selatan. Pada saat DM+, wilayah Sumatera Barat dan Sumatera Selatan memiliki curah hujan di bawah normal terutama pada periode JJA dan SON [22]. Hal ini juga terlihat di Jakarta, pada periode JJA dan SON curah hujan di bawah tahun normal (Gambar 5).

Untuk melihat karakter curah hujan secara lebih detail pada saat kejadian fenomena global tersebut dapat diperhatikan perbandingan distribusi kuartil curah hujan pada tahun-tahun normal dengan pada saat kejadian fenomena global (Gambar 6).

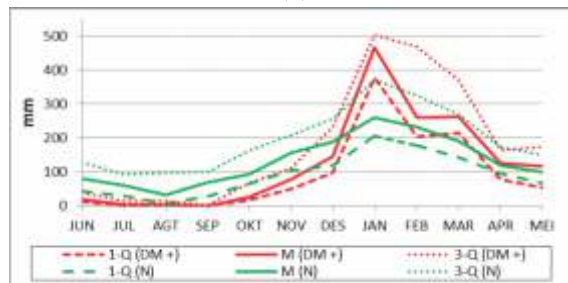
Gambar 6.a menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun normal (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian El Nino (garis-garis merah). Terlihat bahwa pada saat JJA dan SON curah hujan tahun-tahun El Nino cenderung lebih rendah dibanding pada saat tahun-tahun normal. Namun pada saat DJF dan MAM curah hujan tahun-tahun El Nino cenderung lebih tinggi dibanding pada saat tahun-tahun normal. Artinya El Nino mempunyai keterkaitan yang sangat erat pada waktu bulan-bulan kering (musim kering dan musim transisi kering-basah) curah hujan menurun dan pada waktu bulan-bulan basah (musim basah dan musim transisi basah-kering) curah hujan meningkat di Jakarta.



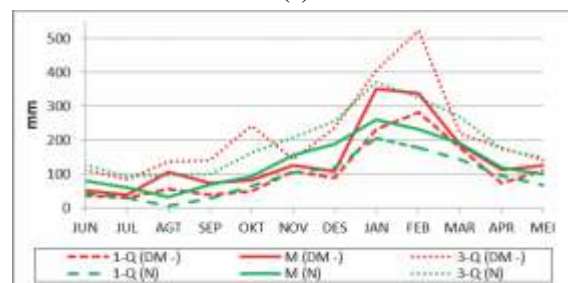
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. Perbandingan distribusi kuartil curah hujan saat tahun-tahun Normal (N) dengan tahun-tahun kejadian (a) El Nino (EN); (b) La Nina (LN); (c) Dipole Mode Positif (DM+) dan (d) Dipole Mode Negatif (DM-). Garis hijau menunjukkan distribusi curah hujan tahun-tahun normal dan garis merah menunjukkan distribusi curah hujan tahun-tahun kejadian. 1-Q merupakan kuartil 1, M merupakan kuartil 2 dan 3-Q merupakan kuartil.

Gambar 6.b menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun normal (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian La Nina (garis-garis merah). Terlihat bahwa pada saat JJA dan SON curah hujan tahun-tahun La Nina cenderung lebih tinggi dibanding pada saat tahun-tahun normal. Namun pada saat DJF dan MAM curah hujan tahun-tahun La Nina cenderung tidak jauh berbeda dibanding pada saat tahun-tahun normal, kecuali pada bulan Januari curah hujan cenderung lebih tinggi dibanding pada saat

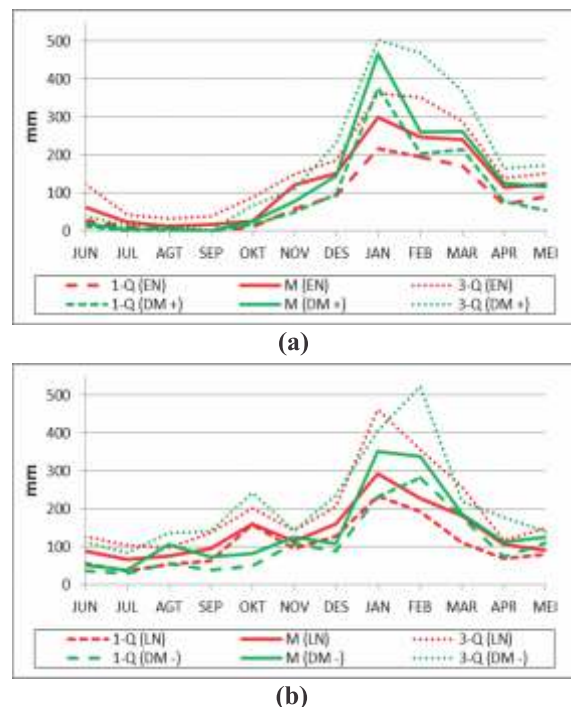
tahun-tahun normal. Artinya La Nina mempunyai keterkaitan yang sangat erat pada waktu bulan-bulan kering (musim kering dan musim transisi kering-basah) curah hujan meningkat dan pada waktu bulan-bulan basah (musim basah dan musim transisi basah-kering) curah hujan tidak terlalu berbeda di Jakarta.

Gambar 6.c menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun normal (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian DM+ (garis-garis merah). Terlihat bahwa pada saat JJA dan SON curah hujan tahun-tahun DM+ cenderung lebih rendah dibanding pada saat tahun-tahun normal. Namun pada saat DJF dan MAM curah hujan tahun-tahun DM+ cenderung lebih tinggi dibanding pada saat tahun-tahun normal. Artinya DM+ mempunyai keterkaitan yang sangat erat pada waktu bulan-bulan kering (musim kering dan musim transisi kering-basah) curah hujan menurun dan pada waktu bulan-bulan basah (musim basah dan musim transisi basah-kering) curah hujan meningkat di Jakarta.

Gambar 6.d menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun normal (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian DM- (garis-garis merah). Terlihat bahwa bulan-bulan selain bulan Agustus, Januari dan Februari curah hujan tahun-tahun DM- cenderung lebih rendah dibanding pada saat tahun-tahun normal. Pada saat bulan Agustus, Januari dan Februari curah hujan tahun-tahun DM- cenderung lebih tinggi dibanding pada saat tahun-tahun normal. Artinya pada saat kejadian DM- mempunyai keterkaitan yang kurang jelas terhadap curah hujan di Jakarta.

Berdasarkan uraian di atas dapat dikatakan bahwa pada saat kejadian El Nino maupun DM+, distribusi curah hujan di Jakarta memiliki kemiripan pola yaitu saat JJA dan SON curah hujan menurun dan saat DJF dan MAM curah hujan meningkat. Sedangkan pada saat kejadian La nina distribusi curah hujan di Jakarta saat JJA dan SON curah hujan meningkat dan saat DJF dan MAM curah hujan cenderung tidak berbeda. Akan tetapi pada saat kejadian DM-, tidak ada pola distribusi curah hujan yang jelas di Jakarta.

Gambar 7 merupakan plot perbandingan distribusi kuartil curah hujan di Jakarta saat kejadian El Nino dengan DM+ dan La Nina dengan DM-. Gambar 7.a menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun kejadian DM+ (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian El Nino (garis-garis merah). Demikian juga pada Gambar 7.b menunjukkan distribusi kuartil curah hujan pada saat tahun-tahun kejadian DM- (garis-garis hijau) dan saat tahun-tahun kejadian La Nina (garis-garis merah).



Gambar 7. Perbandingan distribusi kuartil curah hujan saat tahun-tahun kejadian (a) El Nino (EN) dan Dipole Mode Positif (DM+); (b) La Nina (LN) dan Dipole Mode Negatif (DM-). Garis hijau menunjukkan distribusi curah hujan tahun-tahun kejadian dipole mode dan garis merah menunjukkan distribusi curah hujan tahun-tahun kejadian El Nino/La Nina. 1-Q merupakan kuartil 1, M merupakan kuartil 2 dan 3-Q merupakan kuartil 3.

Tabel 1. Distribusi selisih kuartil curah hujan di Jakarta pada tahun El Nino dengan DM+ (atas) dan pada tahun La Nina dengan DM- (bawah).

(EN)-(DM+)	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MEI
1-Q	14	12	5	0	-8	7	-4	-162	-8	-44	-8	37
2-Q	42	20	8	18	-1	45	8	-168	-13	-22	-11	6
3-Q	84	29	17	39	22	39	-45	-140	-117	-81	-26	-21
(LN)-(DM-)	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MEI
1-Q	20	7	-2	24	109	-13	39	4	-90	-67	-5	-30
2-Q	37	30	-31	21	80	-10	54	-59	-113	-5	-6	-36
3-Q	16	22	-38	-4	-41	0	-31	55	-168	39	-61	9

Sedangkan Tabel 1 merupakan selisih kuartil curah hujan di Jakarta pada tahun-tahun El Nino dengan DM+ (atas) dan pada tahun-tahun La Nina dengan DM- (bawah). Nilai positif mengindikasikan bahwa kuartil curah hujan pada tahun-tahun El Nino (La Nina) lebih tinggi dibanding pada tahun-tahun DM+ (DM-). Demikian sebaliknya nilai negatif mengindikasikan bahwa kuartil curah hujan pada tahun-tahun El Nino (La Nina) lebih rendah dibanding pada tahun-tahun DM+ (DM-).

Pada Gambar 7a terlihat bahwa saat JJA dan SON curah hujan tahun-tahun El Nino cenderung lebih tinggi sekitar 5 mm hingga 84 mm dibanding pada saat tahun-tahun DM+. Namun pada saat DJF dan MAM curah hujan tahun-tahun El Nino cenderung lebih rendah sekitar 8 mm hingga 168 mm dibanding pada saat tahun-tahun DM+ (Tabel 1). Artinya El Nino mempunyai keterkaitan yang sangat erat pada bulan-bulan musim basah dan musim transisi basah-kering dimana curah hujan lebih rendah dibanding saat DM+. Sebaliknya DM+ mempunyai keterkaitan yang sangat erat pada bulan-bulan musim kering dan musim transisi kering-basah dimana curah hujan di Jakarta lebih rendah dibanding saat El Nino. Dengan kata lain DM+ mempunyai keterkaitan lebih kuat terhadap rendahnya curah hujan di Jakarta pada saat JJA dan SON dibanding El Nino. Sedangkan El Nino mempunyai keterkaitan lebih kuat terhadap rendahnya curah hujan DJF dan MAM dibanding DM+.

Selanjutnya pada Gambar 7b terlihat bahwa saat bulan Agustus, Januari dan Februari curah hujan tahun-tahun DM- cenderung lebih tinggi dibanding pada saat tahun-tahun La Nina. Sedangkan pada bulan Oktober kuartil 3 curah hujan tahun-tahun DM- lebih tinggi 40 mm dibanding tahun-tahun La Nina, sedangkan kuartil 1 dan 2 curah hujan tahun-tahun DM- justru lebih rendah 109 mm dan 80 mm dibanding tahun-tahun La Nina (Tabel 1). Sebaliknya pada bulan Mei kuartil 3 curah hujan tahun-tahun La Nina lebih rendah 9 mm dibanding tahun-tahun DM-, sedangkan kuartil 1 dan 2 curah hujan tahun-tahun La Nina justru lebih rendah 30 mm dan 36 mm dibanding tahun-tahun DM- (Tabel 1). Artinya bahwa distribusi kuartil tidak seragam, yang tidak mengikuti pola tertentu. Hal ini bisa terkait dengan lemah kuatnya La Nina ataupun DM-, namun harusnya kuat lemahnya La Nina maupun DM- tercermin pada pola curah hujan di Jakarta. Kenyataannya hal ini tidak terlihat seperti pada kejadian El Nino maupun DM+.

Dengan demikian keterkaitan La Nina terhadap distribusi curah hujan di Jakarta tidak lebih dominan dibanding pada saat DM-. Dengan kata lain curah hujan tahun-tahun La Nina cenderung tidak selalu lebih tinggi dibanding tahun-tahun DM-. Terlihat selalu ada pergantian ketinggian curah hujan yang cukup signifikan antara saat tahun-tahun La Nina dengan DM-. Kuat lemahnya tahun-tahun La Nina maupun DM- awalnya diindikasikan sebagai penyebab adanya pergantian ketinggian curah hujan tersebut, namun pola itu hanya menunjukkan pada bulan tertentu. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola tahunan curah hujan di Jakarta selama abad 20 tidak

menunjukkan adanya keterkaitan signifikan baik pada saat La Nina maupun DM-.

Berdasarkan fakta tersebut, berarti bahwa ada mekanisme lain (bukan pengaruh La Nina atau DM-saja) yang bekerja pada sistem iklim di Jakarta. Mekanisme *monsoon* merupakan salah satu mekanisme lain yang berperan dalam menentukan pola curah hujan di Jakarta [14, 20]. Namun ada mekanisme lain lagi yang bekerja pada sistem tersebut selain *monsoon* (terlihat pada Gambar 7a namun tidak terdeteksi pada Gambar 7b), yaitu MJO [19] dengan orde 30 – 60 hari. Namun hal ini juga kurang terlihat pada Gambar 7b, dimana fluktuasi curah hujan mempunyai skala satu bulanan. Salah satu mekanisme lainnya adalah variabilitas SST lokal maupun efek topografi sekitar Jakarta yang tentunya memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memberikan gambaran yang lebih jelas.

Sedangkan untuk melihat peranan fenomena global (ENSO dan IOD) terhadap curah hujan di Jakarta perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan melakukan perbandingan distribusi indeks ENSO maupun IOD dengan curah hujan di Jakarta pada saat tahun-tahun aktifnya ENSO maupun IOD. Dari perbandingan itu diharapkan akan semakin jelas peranan ENSO dan IOD dalam variabilitas curah hujan di Jakarta.

4. Kesimpulan

Pada saat kejadian El Nino maupun DM+, distribusi curah hujan di Jakarta memiliki kemiripan pola yaitu saat JJA dan SON curah hujan menurun dan saat DJF dan MAM curah hujan meningkat. Sedangkan pada saat kejadian La Nina distribusi curah hujan di Jakarta menunjukkan pola saat JJA dan SON curah hujan meningkat dan saat DJF dan MAM curah hujan cenderung tidak berbeda. Akan tetapi pada saat kejadian DM-, tidak ada pola distribusi curah hujan yang jelas di Jakarta.

DM+ mempunyai keterkaitan lebih kuat dibanding El Nino terhadap rendahnya curah hujan di Jakarta sekitar 5 mm hingga 84 mm pada saat JJA dan SON. Sedangkan El Nino mempunyai keterkaitan lebih kuat dibanding DM+ terhadap rendahnya curah hujan di Jakarta sekitar 8 mm hingga 168 mm pada saat DJF dan MAM. Di sisi lain pola tahunan curah hujan di Jakarta selama abad 20 tidak menunjukkan adanya keterkaitan signifikan baik pada saat La Nina maupun DM-.

Perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan melakukan perbandingan distribusi indeks ENSO maupun IOD dengan curah hujan di Jakarta pada saat tahun-tahun aktifnya ENSO maupun IOD. Selain itu untuk mengetahui mekanisme lain yang berpengaruh, perlu dilakukan perbandingan dengan data SST lokal maupun efek topografi sekitar Jakarta.

Daftar Pustaka

- [1] McBride, J. L., Haylock, M. R., & Nicholls, N. (2003). Relationship between the Maritime

- Continent Heat Source and the El Nino-Southern Oscillation Phenomenon, *Journal of Climate*, 16, 2905–2914.
- [2] Simmons, A. J., Wallace, J. M., & Branstator, G. W. (1983). Barotropic Wave Propagation and Instability, and Atmospheric Teleconnection Patterns, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 40, 1363–1392.
- [3] Ting, M. & Sardeshmukh, P. D. (1993). Factors Determining the Extratropical Response to Equatorial Diabatic Heating Anomalies, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 50, 907–918.
- [4] Sinambela, W., Dani, T., Rurnadi, I. E., & Nugroho, J. T. (2008). Pengaruh Aktivitas Matahari Pada Variasi Curah Hujan di Indonesia, *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(2), 149–168.
- [5] Hiremath, K. M., & Mandi, P. I. (2004). Influence of Solar Activity on the Indian Monsoon Rainfall, *New Astronomy*, 9, 651–662.
- [6] Hiremath, K. M. (2005). Influence of Solar Activity on the Rainfall over India, *Astrophysics Journal*, 27, 367–372.
- [7] Hendon, H. H. (2003). Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction, *Journal of Climate*, 16, 1775–1790.
- [8] Meyers, G., McIntosh, P., Pigot, L., & Pook, M. (2007). The Years of El Nino, La Nina, and Interactions with the Tropical Indian Ocean, *Journal of Climate*, 20, 2872–2880.
- [9] Chang, C. P., Wang, Z., McBride, J., & Liu, C. H. (2005). Annual Cycle of Southeast Asia – Maritime Continent Rainfall and the Asymmetric Monsoon Transition, *Journal of Climate*, 18, 287–301.
- [10] Kajikawa, Y., Wang, B., & Yang, J. (2009). A Multi-time Scale Australian Monsoon Index, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1955.
- [11] Yamagata, T., Behera, S. K., Rao, S. A., Guan, Z., Ashok, K. & Saji, H. N. (2002). The Indian Ocean Dipole: A physical entity. *CLIVAR Exch.*, 24, 15–18.
- [12] Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran P. N., & Yamagata, T. (1999). A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean, *Nature*, 401, 360–363.
- [13] Yamagata, T., Behera, S. K., Luo, J.J., Masson, S., Jury, M. R., & Rao, S. A. (2004). Coupled Ocean-Atmosphere Variability in the Tropical Indian Ocean. AGU Book Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Variability, C. Wang, S.-P. Xie and J.A. Carton (eds.), *Geophysical Monograph*, 147, AGU, Washington D.C., 189–212.
- [14] Tjasyono H. K, B., Lubis, A., Juaeni, I., Ruminta, & Harijono, S. W. B. (2008). Dampak Variasi Temperatur Samudera Pasifik dan Hindia Ekuator Terhadap Curah Hujan di Indonesia, *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(2), 83-95.
- [15] Holton, J. R. (2004). *An Introduction to Dynamic Meteorology*, Fourth Edition, Elsevier Academic Press, ISBN: 0-12-354015-1, 529 pp.
- [16] Aldrian, E. & Susanto, R.D. (2003). Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature, *International Journal of Climatology*, 23: 1435–1452.
- [17] Hamada, J. I. (2002). Spatial and Temporal Variations of the Rainy Season over Indonesia and their Link to ENSO, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 80, 2, 285–310.
- [18] Caljouw, M., Peter, J. M. N. S., & Pratiwo (2004). *Flooding in Jakarta*. Proceeding The 1st International Conference on Urban History, Surabaya Indonesia.
- [19] Gernowo, R., & Yuliyanto, T. (April 2010). *Fenomena Perubahan Iklim dan Karakteristik Curah Hujan Ekstrem di Jakarta*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng dan DIY, Semarang, 13-18.
- [20] Gernowo, R. (2009). Monsoon Effect at Flood Phenomena on 2002 and 2007 in DKI-Jakarta, *Berkala Fisika*, 12(1), 7–13.
- [21] Siswanto, Oldenborgh, G. J. v, Hurk, B. v. d. & Jilderda, R. (2013). Observed diurnal variation changes of Jakarta precipitation from 144 available meteorological records, *Geophysical Research Abstracts*, 15, EGU2013-8260.
- [22] Hermawan, E. (2007). Penggunaan Fast Fourier Transform Dalam Analisis Kenormalan Curah Hujan Di Sumatera Barat Dan Selatan Khususnya Saat Kejadian Dipole Mode, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 8(2), 77–83.
- [23] Tjasyono H. K, B., Gernowo, R., Harijono, S. W. B., & Juaeni, I. (September 2008). *The Character of Rainfall in the Indonesian Monsoon*. Submitted to the International Symposium on Equatorial Monsoon System, Yogyakarta, Indonesia.
- [24] Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3rd edition*, Academic Press Inc.
- [25] Khan, S. & Short, L. (2001). *Assessing the Impact of Rainfall Variability on Watertables in Irrigation Areas*, Technical Report, Griffith Laboratory, Griffith, NSW, 1–60.
- [26] Huff, F. A. (1990). *Time Distributions of Heavy Rain storms in Illinois*. Illinois State Water Survey, Champaign, Circular 173.
- [27] Shao, S. P. (1976). *Statistics for Business and Economics*, Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Co.
- [28] Hines, W. & Montgomery, D. C. (1990). *Probability and Statistics in Engineering and Management Sciences*, New York: John Wiley.
- [29] Mendenhall, W. & Sincich, T. (1995). *Statistics for Engineering and the Sciences*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [30] Mayer, A. D. & Sykes, A. M. (1996). *Statistics*, London: Edward Arnold.
- [31] Smith, P. J. (1997). *Into Statistics*, Singapore: Springer-Verlag.
- [32] Lapin, L. L. (1997). *Modern Engineering Statistics*, Duxbury Press.
- [33] Vinning, G. G. (1998). *Statistical Methods for Engineers*, New York: Duxbury Press.

- [34]Milton, J. S. & Arnold, J. C. (2003). *Introduction to Probability and Statistics*. New York: McGraw-Hill.
- [35]Trenberth, K. E. & T. J. Hoar (1996). The 1990–1995 El Niño-Southern Oscillation

- Event: Longest on record, *Geophysical Research Letters*, 23, 57–60.
- [36](<http://www.bom.gov.au/climate/enso/iod-area-map.gif>), diakses tanggal 7 Juli 2013.
- [37](), diakses tanggal 7 Juli 2013.