

## **KLASTER CURAH HUJAN *TRMM* RATA-RATA 3 JAM-AN DAN HUBUNGANNYA DENGAN FENOMENA ATMOSFER**

**Ina Juaeni, Bambang Siswanto, Nurzaman, Martono, Farid Lasmono**

Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

e-mail: ina\_j@bdg.lapan.go.id

Diterima 20 Juli 2011; Disetujui 16 November 2011

### **ABSTRACT**

Three hourly *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) rainfall data availability provides an opportunity to study more deeply in short time atmospheric process, as is presented in this paper. Arithmetic mean value of rainfall is used to eliminate micro and local factors. Clustering with annual average data show the number of clusters varies from 6 to 14. The number of the smallest cluster of 6 occurred in 2004, while the number of the highest clusters found in 2010. Identify the relationship of 3-hourly rainfall clusters with an atmospheric phenomenon carried out by evaluating the correlation between the number of clusters with *Sea Surface Temperature* (SST) anomalies in the Pacific and Indian oceans. The results showed clusters number unrelated to SST anomaly in Indian ocean and linearly related to SST anomaly in the Pacific ocean when SST anomalies in the ocean are changing the three hourly accumulative rainfall.

Key words: *Three hourly, Rainfall, Cluster, SST anomaly*

### **ABSTRAK**

Tersedianya data curah hujan TRMM dengan resolusi waktu 3 jam memberi peluang untuk kajian lebih mendalam tentang proses atmosfer dalam rentang waktu tersebut, seperti yang dilakukan dalam penelitian ini. Untuk mengeliminasi faktor-faktor yang bersifat mikro dan lokal maka dalam penelitian ini digunakan data curah hujan rata-rata aritmatik terhadap waktu. Pengklasteran dengan data rata-rata tahunan menunjukkan jumlah klaster bervariasi dari 6 sampai 14. Jumlah klaster terkecil yaitu 6 terjadi pada tahun 2004, sedangkan jumlah klaster terbanyak terjadi tahun 2010. Identifikasi hubungan klaster curah hujan 3 jam-an dengan fenomena atmosfer dilakukan dengan menentukan korelasi antara jumlah klaster dengan anomali SST di Lautan Pasifik dan Hindia. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah klaster tidak berkorelasi dengan anomali SST di lautan Hindia dan berhubungan linier dengan SST di lautan Pasifik jika anomali SST di lautan Pasifik mengubah jumlah curah hujan 3 jam-an.

Kata kunci: *Tiga jam-an, Curah hujan, Klaster, Anomali SST*

## 1 PENDAHULUAN

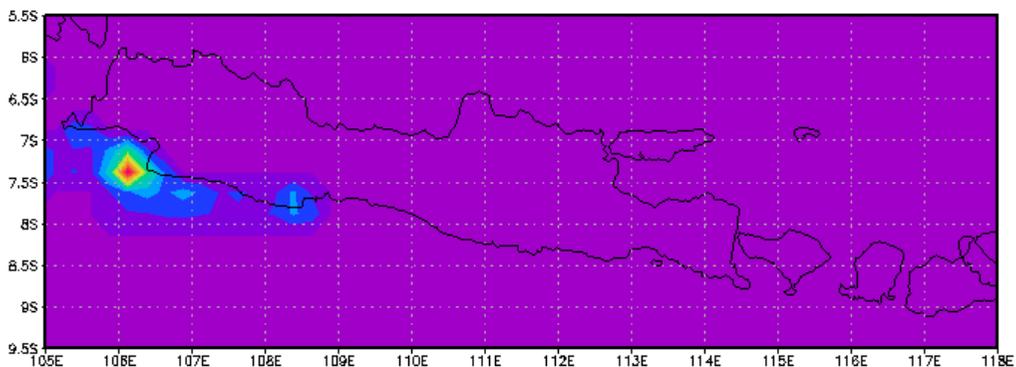
Telah dilakukan penelitian kelompok curah hujan bulanan (Juaeni *et al.*, 2010a) dan dasarian (Juaeni *et al.*, 2010b). Dalam Juaeni *et al.* (2010a), pola curah hujan monsunial terdapat dalam klaster-klaster gabungan daratan dan lautan dan pola ekuatorial berada dalam klaster-klaster daratan dan klaster gabungan daratan dan lautan. Juga ditunjukkan bahwa di wilayah lautan sekitar Kalimantan Barat pengaruh posisi Matahari di atas ekuator/ekinoks terhadap curah hujan sangat dominan. Dalam pengklasteran data curah hujan dasarian (Juaeni *et al.*, 2010b), ada beberapa hal penting yang diperoleh: Pertama, ada keterkaitan antara pola curah hujan atau klaster curah hujan dengan geografi dan topografi. Kedua, aspek interaksi atmosfer dan laut sangat menonjol di wilayah Indonesia terlebih di pulau-pulau yang berukuran kecil. Ketiga, karakter curah hujan di lautan lepas berbeda dengan di daratan. Metode pengklasteran juga dilakukan oleh Haryoko (2009) untuk memperoleh pola curah hujan rata-rata dengan menggunakan data curah hujan bulanan dengan Kabupaten Indramayu sebagai lokasi sampelnya.

Pengklasteran curah hujan seperti yang diuraikan di atas sangat berguna dalam mengungkap karakter curah hujan ditinjau dari berbagai resolusi horisontal dan temporal. Hasil yang paling menonjol dari penelitian sebelumnya adalah keterkaitan antara curah hujan di darat dan lautan sekitarnya. Laut memang tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran perilaku dan studi proses-proses atmosfer di Indonesia karena wilayah Indonesia dibatasi lautan besar yaitu Lautan Hindia di sebelah barat dan Lautan Pasifik di sebelah timur. Belum lagi laut-laut kecil seperti Laut Jawa, Laut Banda Laut Timor, Laut Arafura dan Laut Sulawesi, yang secara aktif berinteraksi dengan atmosfer Indonesia. Letaknya yang berdekatan dengan lautan, memungkinkan adanya pengaruh dari fenomena yang terjadi di lautan tersebut, seperti *Indian Ocean Dipole* dan El Niño/La Niña terhadap kondisi cuaca/iklim di Indonesia.

Untuk melengkapi hasil penelitian tersebut di atas, pada makalah ini disampaikan hasil penelitian pemanfaatan data curah hujan TRMM dengan resolusi temporal yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah mendefinisikan hubungan antara klaster/kelompok curah hujan TRMM yang diwakili oleh jumlah klaster dengan fenomena atmosfer (El Niño/La Niña dan Dipole Mode Hindia) yang diwakili oleh indeksnya. Indeks fenomena atmosfer setara dengan anomali SST.

## 2 DATA DAN METODOLOGI

Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan 3 jam-an (waktu sinoptik/Z/UTC/GMT) periode tahun 1998 sampai dengan 2010 berasal dari satelit TRMM resolusi  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$  yang diunduh secara bebas dari [http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM\\_V6.3B42.2.shtml](http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM_V6.3B42.2.shtml). Lokasi penelitian meliputi wilayah  $5,5^{\circ}$  LS –  $9,5^{\circ}$  LS,  $105^{\circ}$  BT –  $118^{\circ}$  BT seperti tampak pada Gambar 2-1, dimana Pulau Jawa, Bali dan Lombok ada didalamnya.



Gambar 2-1: Lokasi penelitian

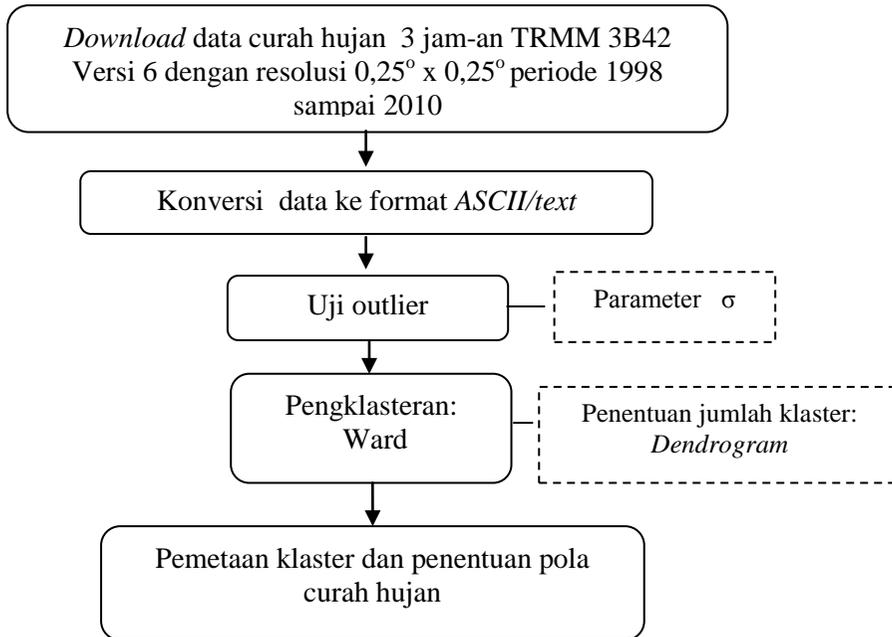
Sebelum dilakukan pengklasteran, data curah hujan melalui tahapan berikut: konversi format *binary* menjadi format *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* dan tahap pengujian statistik, yaitu uji *outlier* (objek yang sangat berbeda dari objek-objek lainnya). Uji *outlier* dilakukan dengan menggunakan parameter deviasi standar ( $\sigma$ ). Selanjutnya dilakukan proses pengelompokan (*clustering*) dengan metode Ward. Metode Ward adalah teknik untuk memperoleh kluster yang memiliki varians internal sekecil mungkin. Ukuran yang digunakan adalah *Sum Square Error (SSE)*. Jumlah kluster awal ini ditentukan dengan *Dendrogram*. *Dendrogram* berupa gambaran grafik (diagram pohon), yang mana setiap objek disusun pada satu sumbu, dan sumbu lainnya menggambarkan langkah-langkah pada prosedur hierarkhi. Pada tahap awal, setiap objek digambarkan sebagai kluster yang masih terpisah. *Dendrogram* menunjukkan secara grafik bagaimana kluster-kluster bergabung pada tiap tahap prosedur hingga semua objek terkandung dalam satu kluster. Tahapan analisis data secara ringkas diperlihatkan dengan diagram di bawah ini (Gambar 2-2), sementara penjelasan metode Ward dan SSE yang lebih lengkap diuraikan dalam Juaeni *et al.* (2010a).

Untuk mendapatkan definisi hubungan kluster dengan fenomena El Niño/La Niña digunakan dua data *Southern Oscillation Index (SOI)* yaitu SOI Indonesia dan SOI Pasifik yang di *download* dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>. SOInya adalah SOI standar

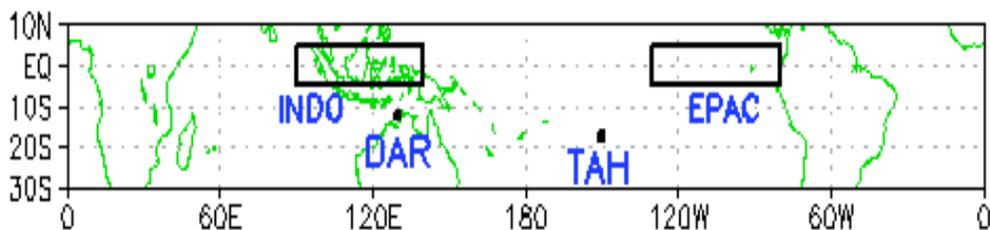
yang ditentukan dengan persamaan (1) sedangkan wilayah yang dimaksud diperlihatkan pada Gambar 2-3.

$$\frac{SLP(\text{Indonesia/Pasifik}) - SLP \text{ Rata-rata (1981-2010)}}{\text{Deviasi standar SLP (Indonesia/Pasifik)}} \quad (2-1)$$

dengan SLP adalah *Sea Level Pressure*/tekanan permukaan laut (mb)



Gambar 2-2: Bagan alur pemetaan kluster dan penentuan pola curah hujan 3 jam-an



Gambar 2-3: Batasan wilayah untuk penentuan indeks SOI Indonesia dan Pasifik timur (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/figt2.gif>)

Untuk fenomena Dipole Mode Hindia digunakan data *Dipole Mode Index* (DMI) yang ditentukan dari perbedaan *Sea Surface Temperature* (SST) di lautan Hindia sebelah barat (50°BT-70°BT dan 10°LS-10°LU) dengan SST di lautan Hindia tenggara (90°BT-110°BT

dan 10°LS-0°LU) yang didownload dari <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/iod/>.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Outlier

Jika diterapkan sebuah distribusi dengan jumlah simpangan 3 kali  $\sigma$  maka ada sejumlah data yang dapat dianggap sebagai *outlier*. Jumlah data *outlier* rata-rata pertahun sekitar 0,89% (Tabel 3-1). Atas dasar pertimbangan jumlah data *outlier* yang persentasenya kecil dan variasi curah hujan 3 jam-an yang tinggi maka *outlier* tidak dibuang dan tetap dilibatkan dalam pengklasteran. Variasi curah hujan dalam skala waktu yang sangat pendek secara fisis tidak dapat diabaikan atau dianggap sebagai *outlier* karena variasi yang tinggi diketahui sebagai pengaruh proses-proses yang berskala lokal dan skala mikro.

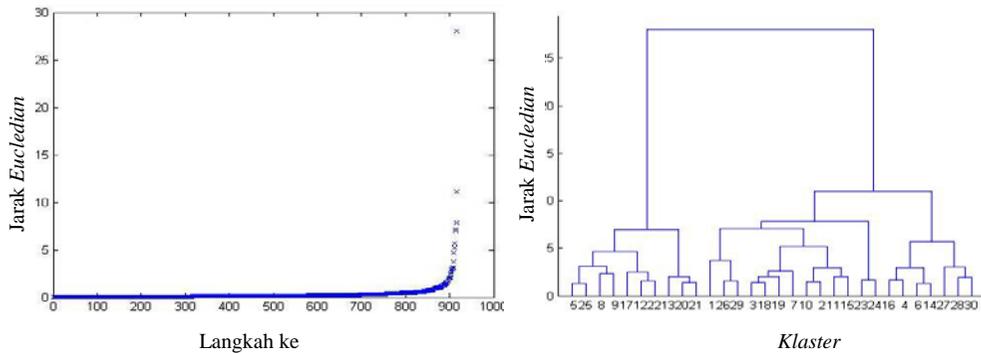
Tabel 3-1: JUMLAH *OUTLIER* PER 3 JAM DAN PERSENTASE JUMLAH *OUTLIER* TOTAL PERTAHUN

Tahun	Jumlah <i>outlier</i> per 3 jam								Persentase jumlah <i>outlier</i> terhadap jumlah seluruh data
	00	03	06	09	12	15	18	21	
1998	2	4	7	13	2	6	25	6	0,89
1999	0	1	10	14	7	2	3	0	0,50
2000	1	0	4	11	13	11	2	3	0,61
2001	1	1	3	17	16	16	6	0	0,82
2002	2	1	3	12	15	8	14	8	0,86
2003	2	3	8	14	10	10	6	0	0,72
2004	5	1	16	17	18	15	15	2	1,21
2005	2	1	9	17	29	18	12	8	1,31
2006	0	0	11	29	22	15	5	0	1,12
2007	0	0	10	25	27	11	4	0	1,05
2008	0	0	10	19	16	10	5	0	0,82
2009	1	0	7	26	24	14	3	2	1,05
2010	0	0	7	19	15	7	6	0	0,74
Rata-rata									0,89

#### 3.2 Penentuan Jumlah Klaster

Jumlah klaster ditentukan dengan plot jarak *Euclidian* terhadap langkah pengklasteran dan *Dendrogram*. Jarak *Euclidian* adalah ukuran similaritas data. Untuk menentukan jumlah klaster, *Dendrogram* di potong pada jarak *Euclidian* dengan jumlah *step* (langkah) yang dianggap tetap (hampir tidak ada perubahan/*steady*). Sebagai contoh, jarak *Euclidian* pada Gambar 3-1a menunjukkan kondisi *steady* pada jarak 5. Dengan demikian *Dendrogram* dipotong pada *step* 900 dan jarak *Euclidian* 5, maka diperoleh jumlah klaster sebanyak 8 (lingkaran

merah) (Gambar 3-1b). Dengan teknik yang sama akhirnya diperoleh jumlah kluster pertahun (Tabel 3-2).



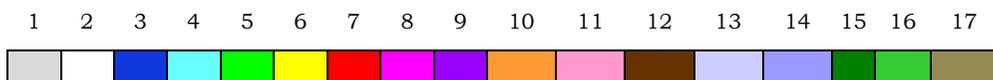
Gambar 3-1: Jarak Euclidian (a) dan Dendrogram (b) untuk data curah hujan rata-rata tahun 2001

Tabel 3-2: JUMLAH KLASTER CURAH HUJAN TRMM 3 JAM-AN PULAU JAWA, BALI DAN LOMBOK

Tahun	Jumlah kluster
1998	10
1999	7
2000	7
2001	8
2002	7
2003	7
2004	6
2005	9
2006	8
2007	10
2008	11
2009	9
2010	14

### 3.3 Pemetaan Klaster

Dalam pemetaan klaster, warna membedakan klaster satu dengan lainnya, misal: klaster 1 diberi warna abu-abu, klaster 2 diberi warna putih dan seterusnya. Kode warna berlaku untuk semua gambar klaster. Kode warna selengkapnya adalah:

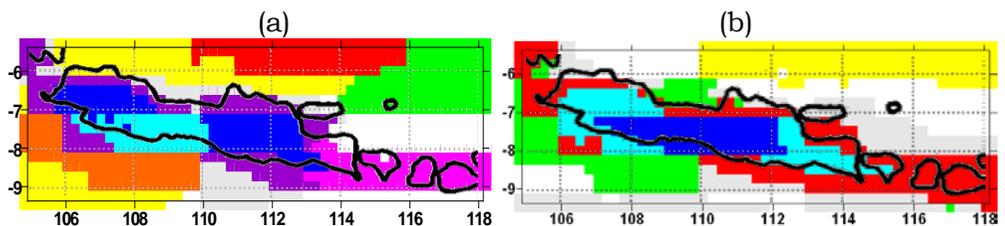


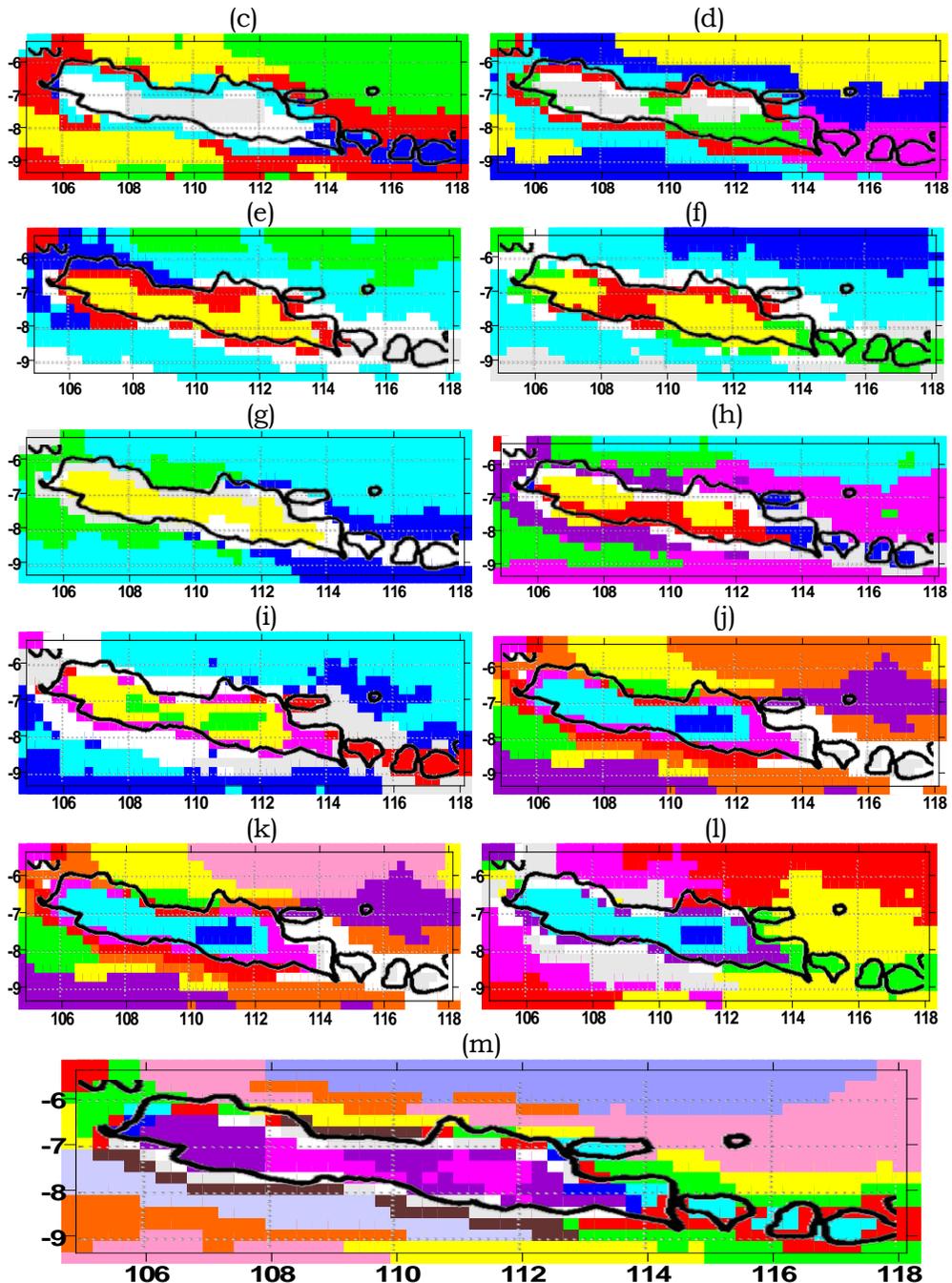
Hasil pengklasteran dengan data curah hujan rata-rata pertahun berturut-turut untuk tahun 1998 sampai tahun 2010 diperlihatkan pada Gambar 3-2.

Pengklasteran dengan data rata-rata tahunan menunjukkan jumlah klaster yang bervariasi dari 6 sampai 14. Jumlah klaster terkecil yaitu 6 terjadi pada tahun 2004, sedangkan jumlah klaster terbanyak terjadi tahun 2010. Pada umumnya klaster-klaster terbentuk di lautan sebelah selatan, pantai selatan, daratan, pantai utara dan di lautan sebelah utara. Bahkan masing-masing area tidak hanya memiliki satu klaster tetapi beberapa klaster. Klaster di daratan jumlahnya lebih banyak dibandingkan klaster di lautan. Ini disebabkan kondisi permukaan di daratan memiliki variasi yang lebih tinggi dibandingkan kondisi permukaan di atas lautan. Hal lain yang teramati dari hasil di atas adalah bahwa lautan sebelah utara dan sebelah selatan mempunyai karakteristik yang berbeda yang ditunjukkan dengan klaster yang berbeda.

Jumlah klaster di Pulau Jawa berkisar antara 4 sampai 6, sedangkan di Pulau Bali dan Lombok rata-rata terbentuk 2 klaster. Batas klaster pulau Jawa mengikuti garis pantai kecuali yang terjadi tahun 1998, 1999, 2002, 2003 dan 2005. Klaster yang sejajar dengan garis pantai seperti pada kasus tahun 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008 2009 dan 2010, menunjukkan adanya keseragaman perbedaan suhu daratan dengan suhu lautan sekitarnya atau dengan kata lain awan dan hujan terjadi dari proses dengan skala spasial yang setara luas pulau Jawa.

Klaster yang tidak sejajar garis pantai menunjukkan kontras suhu lokal di daratan lebih dominan dibandingkan kontras suhu skala makro atau skala yang setara luas Pulau Jawa, sehingga terbentuklah awan/hujan dengan variasi yang lebih banyak dan membentuk klaster-klaster kecil di daratan. Sementara klaster pantai yang cenderung berada di dua karakter permukaan yang berbeda (darat dan laut) menunjukkan bahwa ada interaksi yang kuat antara proses pembentukan awan dan hujan di daratan dan lautan. Ini terjadi hampir di seluruh wilayah pantai Pulau Jawa, Bali dan Lombok. Pola curah hujan yang berbeda antara daratan dan lautan juga ditunjukkan oleh Arakawa dan Kitoh (2005).





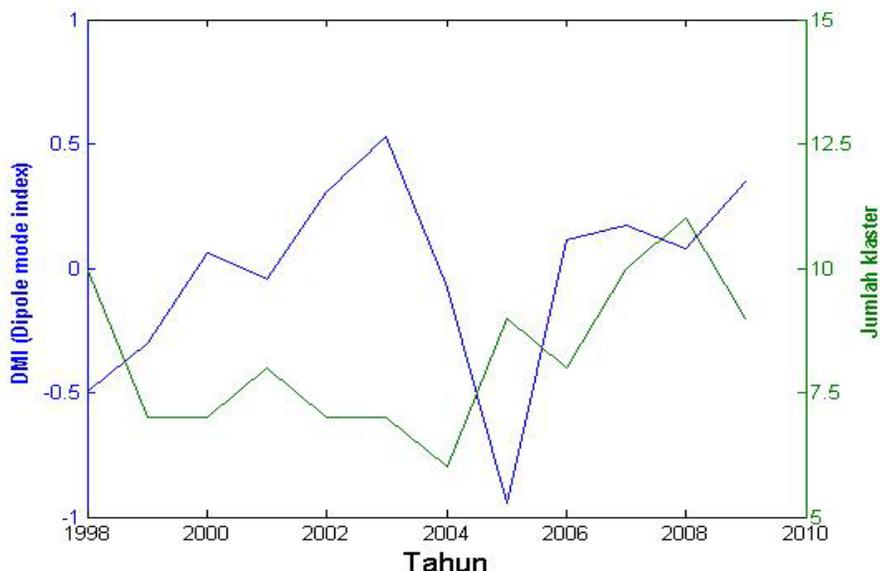
Gambar 3-2: Klaster curah hujan 3 jam-an di Pulau Jawa, Bali dan Lombok, (a) 10 klaster untuk tahun 1998, (b) 7 klaster untuk tahun 1999, (c) 7 klaster untuk tahun 2000, (d) 8 klaster untuk tahun 2001, (e) 7 klaster untuk tahun 2002, (f) 7 klaster untuk tahun 2003, (g) 6 klaster untuk tahun 2004, (h) 9 klaster untuk tahun 2005, (i) 8 klaster untuk tahun 2006, (j) 10 klaster untuk tahun 2007, (k) 11 klaster untuk tahun 2008, (l) 9 klaster untuk tahun 2009, (m) 14 klaster untuk tahun 2010

Peta kluster seperti diperlihatkan di atas akan mempunyai makna yang lebih dalam jika digabung dengan pola curah hujan masing-masing kluster. Pola curah hujan rata-rata perkluster ditentukan dengan merata-ratakan curah hujan perkluster pertahun. Contoh penggabungan peta kluster dan pola curah hujan diuraikan dalam Juaeni *et al.* (2011) untuk kluster rata-rata selama 13 tahun. Dari penggabungan tersebut dapat diidentifikasi proses pembentukan awan dan hujan secara makro. Dengan cara yang sama analisis tersebut dapat dilakukan untuk kluster tahunan, kluster bulanan atau kluster musiman dengan catatan resolusi temporal data sama (3 jam) atau resolusi temporal lebih tinggi.

### 3.4 Hubungan Jumlah Kluster dengan Fenomena Atmosfer

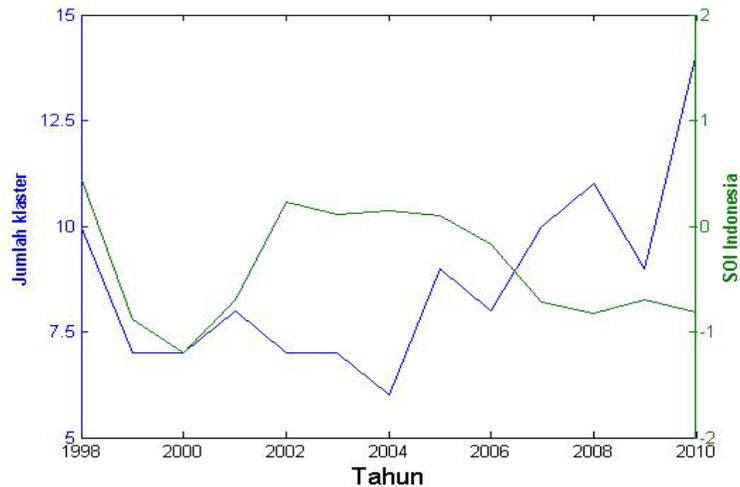
Pada sub bab ini uraian akan difokuskan pada hubungan jumlah kluster yang terbentuk dengan fenomena atmosfer (El Niño/La Niña) dan Dipole Mode Hindia yang masing-masing diwakili oleh *Southern Oscillation Index* (SOI) dan *Dipole Mode Index* (DMI).

Pertama dilakukan identifikasi relasi antara DMI dan jumlah kluster. Gambar 3-3 memperlihatkan adanya relasi yang rendah antara jumlah kluster dengan DMI ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar -0,20. Korelasi yang rendah dapat disebabkan adanya jarak yang cukup jauh antara lokasi terjadinya hujan dengan lokasi terjadinya dipole mode Lautan Hindia. Selain itu nilai absolut DMI yang sangat rendah pada periode pengamatan ini juga bisa menjadi penyebab korelasi yang rendah.



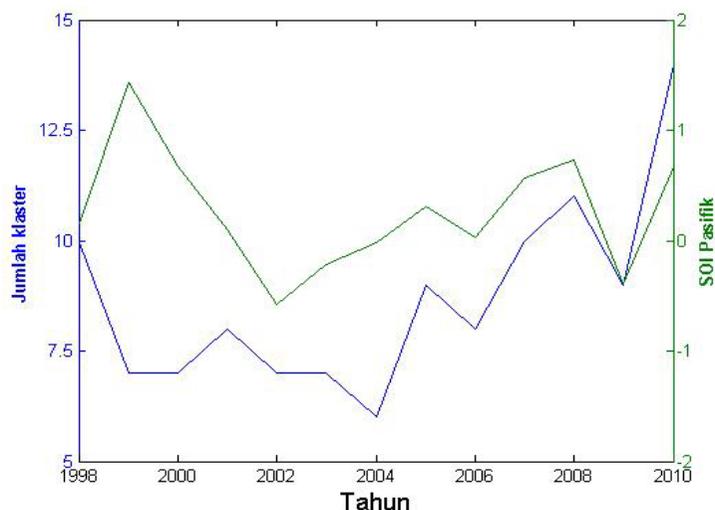
Gambar 3-3: Perbandingan pola jumlah kluster (hijau) dan pola DMI (biru) dengan koefisien korelasi sebesar -0,20

Identifikasi dilanjutkan dengan mencari hubungan jumlah klaster dengan SOI Indonesia. Gambar 3-4 menunjukkan relasi SOI Indonesia dengan jumlah klaster yang tidak konsisten. Pada tahun-tahun 1998 sampai 2001, tampak ada korelasi antara SOI di Indonesia dengan jumlah klaster di Pulau Jawa, Bali dan Lombok. Namun setelah itu tidak ada relasi yang berarti. Relasi ini dikuantisasi dengan koefisien korelasi sebesar  $-0,25$ .



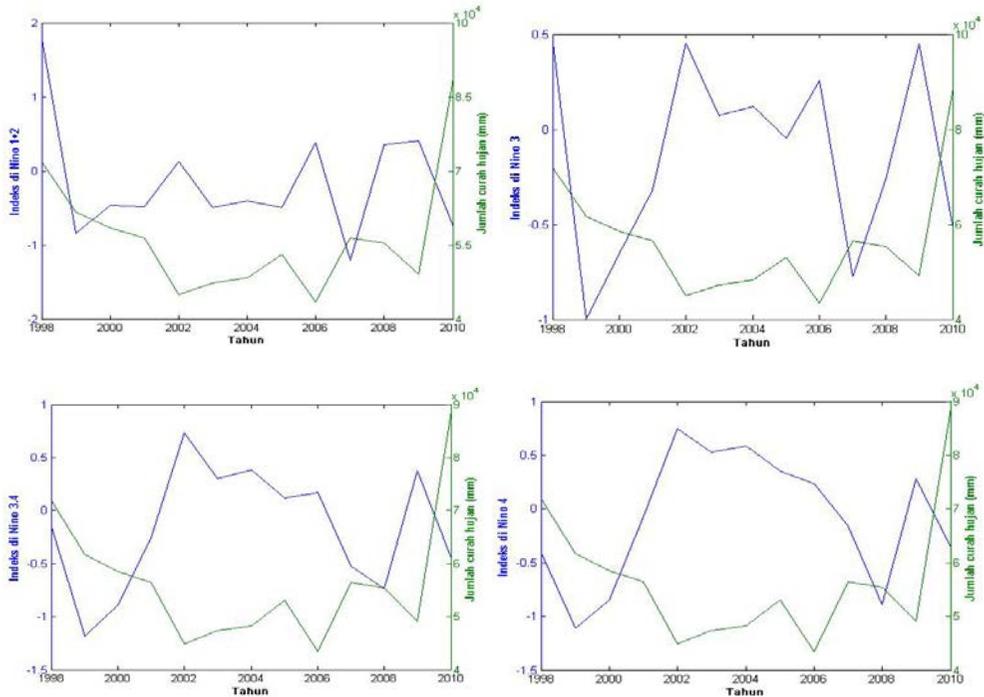
Gambar 3-4:Perbandingan pola jumlah klaster (biru) dan pola SOI Indonesia (hijau) dengan koefisien korelasi sebesar  $-0,25$

Hubungan antara jumlah klaster dengan SOI Pasifik yang ditunjukkan pada Gambar 3-5 menghasilkan koefisien korelasi sebesar  $0,28$ . Pola SOI Pasifik tampak mempunyai kesamaan dengan pola jumlah klaster pada tahun-tahun 2004 sampai 2010.



Gambar 3-5:Perbandingan pola jumlah klaster (biru) dan pola SOI Pasifik (hijau) dengan koefisien korelasi sebesar  $0,28$

Uji korelasi di atas menunjukkan bahwa fenomena atmosfer yang diwakili SOI dan DMI ternyata tidak mempunyai keterkaitan dengan jumlah klaster. Identifikasi terhadap faktor penyebab variasi jumlah klaster kemudian dilanjutkan dengan membandingkan pola anomali SST di setiap lokasi Nino (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>) dengan pola jumlah curah hujan pertahun, seperti diperlihatkan pada Gambar 3-6.

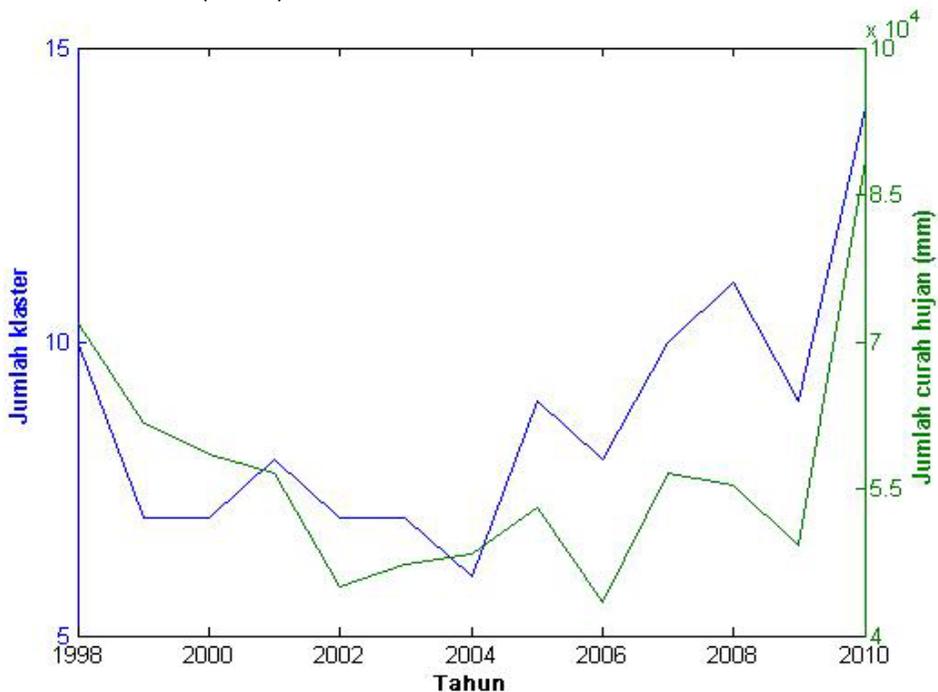


Gambar 3-6:Perbandingan pola jumlah hujan (hijau) dan pola Indeks Nino z1+2, dan Nino 3 pertahun (biru) untuk Nino 3.4 dan Nino 4, Catatan: Lokasi Niño 1+2 (0°-10°LS)(90°BB-80°BB), Niño 3 (5°LU-5°LS)(150°BB-90°BB), Niño 4 (5°LU-5°LS) (160°BT-150°BB), Niño 3.4 (5°LU-5°LS)(170°-120°BB)

Relasi antara jumlah curah hujan dan indeks Niño mempunyai koefisien sebesar -0,01; -0,39; -0,54 dan -0,51 masing-masing untuk relasi antara jumlah curah hujan dengan anomali SST di NINO1+2, NINO3, NINO4 dan NINO3.4. Korelasi di Niño 4 dan Niño 3,4 cukup signifikan. Hal ini dimengerti karena lokasi Niño 4 dan Niño 3,4 cukup dekat dengan wilayah pengamatan dibanding Niño 3 dan Niño 1+2. Korelasi negatif antara jumlah curah hujan dengan Niño 4 dan Niño 3,4 menunjukkan bahwa ketika terjadi penurunan SST atau ada anomali SST negatif di Niño 4 dan Niño 3,4, proses konveksi di Pulau Jawa, Bali, Lombok dan sekitarnya menjadi aktif dan menyebabkan banyak turun hujan. Sebaliknya jika anomali positif artinya SST di Lautan

Pasifik menghangat dan menghambat proses konveksi di wilayah pengamatan.

Karena jumlah curah hujan berkorelasi dengan anomali SST di Niño 4 dan Niño 3.4, dan jumlah curah hujan mempunyai korelasi yang baik dengan SOI Pasifik sebesar 0,52, maka dilakukan uji korelasi antara jumlah curah hujan dengan jumlah klaster dan hasilnya menunjukkan korelasi yang baik dengan nilai sebesar 0,74 (Gambar 3-7). Pola jumlah klaster cenderung mengikuti pola jumlah curah hujan pertahun. Tahun 2010 jumlah curah hujannya tertinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya, demikian pula dengan jumlah klasternya. Dengan demikian, jumlah klaster dipengaruhi oleh jumlah curah hujan, karena jumlah curah hujan yang besar memungkinkan terjadinya variasi spasial yang lebih besar. Hasil ini menunjukkan bahwa meski penelitian tentang fenomena atmosfer dan dampaknya terhadap iklim dimulai dengan intensif sejak kejadian ekstrim El Niño tahun 1982/1983, namun fenomena atmosfer dan dampaknya masih harus diteliti. Selain dengan parameter baru, seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, penelitian dampak fenomena atmosfer terus dilakukan dengan metode yang semakin berkembang, salah satunya disampaikan dalam Jin *et al.* (2005).



Gambar 3-7: Perbandingan pola jumlah klaster dan pola jumlah curah hujan pertahun (dengan koefisien korelasi sebesar 0,74)

#### 4 KESIMPULAN

Ditunjukkan oleh hasil pengklasteran bahwa jumlah klaster sangat bervariasi terhadap waktu. Klaster yang berada di lautan sebelah utara Pulau Jawa, Bali dan Lombok mempunyai klaster yang berbeda dengan lautan di sebelah selatannya. Hal ini menunjukkan bahwa karakter lautan di sebelah utara dan selatan berbeda.

DMI tidak ada korelasi dengan jumlah klaster tetapi SOI di Niño 4 dan Niño 3.4 mempunyai korelasi yang signifikan (-0,54 dan -0,51) dengan jumlah klaster. Sementara itu, pola SOI cenderung mengikuti pola jumlah curah hujan pertahun. Dengan demikian, maka fenomena atmosfer di lautan Pasifik terutama di Niño 4 dan Niño 3.4 akan berpengaruh terhadap jumlah klaster jika fenomena atmosfer tersebut menyebabkan terjadinya perubahan jumlah curah hujan di wilayah pengamatan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Arakawa, O. and Kitoh, A., 2005. *Rainfall Diurnal Variation Over the Indonesian Maritime Continent Simulated by 20 km-mesh GCM*, SOLA, Vol. 1.
- Haryoko, U., 2009. *Pewilayahan Hujan untuk Menentukan Pola Hujan (contoh kasus Kabupaten Indramayu)*, <http://www.staklimpondokbetung.net/publikasi/didownload> Juli 2009.
- Jin, Y.H., Kawamura, A., Jinno, K., Berndtsson, R., 2005. *Quantitative Relationship Between SOI and Observed Precipitation in Southern Korea and Japan by Nonparametric Approaches*, Journal of Hydrology, Vol. 301, Issues 1-4, Pages 54-65.
- Juaeni, I., Dewi Yuliani, Risana Ayahbi, Noersomadi, Teguh Harjana, Nurzaman, 2010a. *Pengelompokan Wilayah Curah Hujan Kalimantan Barat Berbasis Metode Ward dan Fuzzy Clustering*, Jurnal Sains Dirgantara, 7, 2, LAPAN.
- Juaeni, I., Martono, Farid Lasmono, 2011. *Identifikasi Proses Konveksi Berbasis Curah Hujan 3 jam-an*, Seminar Nasional Sain Atmosfer dan Antariksa, LAPAN.
- Juaeni, Teguh Harjana, Nurzaman, 2010b. *Pemanfaatan Curah Hujan TRMM Dasarian untuk Pengelompokan dan Penentuan Kalender Tanam Potensial*, Seminar Nasional Sain Atmosfer dan Iklim, 15 November 2010.