



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA

Tanggal 14 Mei 2011, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978-979-99314-5-0

Bidang:

- ✓ Matematika dan Pendidikan Matematika
- Fisika dan Pendidikan Fisika
- Kimia dan Pendidikan Kimia
- Biologi dan Pendidikan Biologi
- Ilmu Pengetahuan Alam



Tema:

**Pemantapan Keprofesionalan Peneliti, Pendidik, dan Praktisi
MIPA Untuk Mendukung Pembangunan Karakter Bangsa**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2011



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA

Tanggal 14 Mei 2011, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978-979-99314-5-0

Tim Editor:

1. Kismiantini, M.Si
2. Denny Darmawan, M.Sc
3. Erfan Priyambodo, M.Si
4. Agung Wijaya, M.Pd
5. Sabar Nurohman, M.Pd

Tim Reviewer:

1. Dr. Agus Maman Abadi
2. Wipar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc, Ph.D
3. Dr. Endang Wijayanti
4. Dr. Heru Nurcahyo



Tema:

**Pemantapan Keprofesionalan Peneliti, Pendidik, dan Praktisi
MIPA Untuk Mendukung Pembangunan Karakter Bangsa**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2011

**PEWILAYAHAN CURAH HUJAN
DI KABUPATEN INDRAMAYU DENGAN METODE GEROMBOL
(BERDASARKAN DATA MEDIAN TAHUN 1980-2000)**

**Dewi Retno Sari Saputro¹, Ahmad Ansori Mattjik², Rizaldi Boer³,
Aji Hamim Wigena², Anik Djuraidah²**

¹*Mahasiswa S3 Statistika Program Pascasarjana IPB, Jurusan Matematika FMIPA UNS,
dewi_rss@yahoo.com*

²*Departemen Statistika FMIPA IPB*

³*Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB*

Abstrak

Berdasarkan data amatan curah hujan tahun 1980-2000 di Kabupaten Indramayu, terdapat data pencilan di setiap bulannya dengan persentase tertinggi 8,29%, terjadi pada bulan Agustus. Berbeda dengan penelitian terdahulu, dalam penelitian ini dilakukan pengelompokan ZOM berdasarkan data median curah hujan di 27 stasiun penakar hujan di Indramayu. Teknik pembentukan ZOM ini dilakukan dengan algoritma gerombol dengan sebelumnya melakukan analisis komponen utama (AKU) untuk mereduksi peubah datanya, metode pautan lengkap (*complete linkage*) dan perhitungan jaraknya menggunakan jarak Euclid. Proses pewilayahan curah hujan diperoleh lima AKU dengan total keragaman yang dapat dijelaskan melalui lima komponen utama tersebut sebesar 84,99% dan menghasilkan 3 pewilayahan baru. Berdasarkan pola dan sebaran pada pewilayahan tersebut, rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari di wilayah 3. Daerah dengan rata-rata curah hujan tahunan terbesar terjadi di wilayah 2 yang merupakan bagian barat daya dan selatan serta berbatasan dengan Kabupaten Sumedang dan Majalengka.

Kata kunci: pencilan, median curah hujan, Zona Musim (ZOM), analisis Komponen Utama (AKU), analisis gerombol, Complete linkage, Euclidean.

PENDAHULUAN

Daerah prakiraan musim (DPM) merupakan daerah dengan tipe hujan yang memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim kemarau dan musim hujan berdasarkan pola hujan bulannya selama satu tahun dan ditentukan menurut hasil penelitian pemetaan tipe hujan di Indonesia (Nuryadi 1998 diacu dalam Suciantini 2004). DPM yang dimiliki oleh BMG saat ini berjumlah 101 DPM dengan 63 DPM berada di Jawa dan di luar Jawa. Istilah DPM ini sekarang lebih dikenal dengan istilah ZOM (zona musim). Tidak seluruh wilayah di Indonesia termasuk dalam daerah prakiraan musim BMG, karena sulitnya penentuan permulaan musim sehingga terjadi kerancuan informasi setiap penerbitan prakiraan musim.

Menurut BMG, berdasarkan data tahun 1961-1990, DPM untuk Indramayu sebelum tahun 2002 dibagi dalam dua DPM yaitu DPM 6 (Indramayu bagian utara) dan DPM 7 (Indramayu bagian selatan) Haryoko 2004). DPM 6 meliputi wilayah bagian utara Indramayu, dengan luas area sekitar 122.025 ha dan wilayah bagian selatan Indramayu dengan luas area sekitar 81.986 ha tergabung dalam DPM7. Keragaman curah hujan pada kedua DPM relatif masih tinggi, sehingga prakiraan yang dikeluarkan oleh BMG untuk kedua DPM tersebut seringkali tidak dapat mewakili kondisi pada luasan yang lebih kecil, dalam hal ini wilayah kecamatan.

Haryoko (2004) melakukan pewilayahan curah hujan baru dan menghasilkan pewilayahan baru sebanyak 6 DPM. Setiap DPM diwakili oleh sebuah pola yang dianggap mewakili region yang dimaksud. Penggunaan 6 DPM tersebut dianggap masih mempunyai keragaman yang cukup tinggi, oleh karena itu, Suciantini (2004) melakukan pewilayahan curah hujan yang baru dan menghasilkan pewilayahan baru 8 DPM. Penelitian lainnya yakni Amanah (2010), yang melakukan pewilayahan baru menjadi 2 kelompok/ZOM berdasarkan regresi kuantil.

Berbeda dengan penelitian terdahulu, penelitian ini dilakukan untuk mengelompokkan ZOM berdasarkan data median curah hujan tahun 1980-2000 di 27 stasiun penakar hujan di Indramayu. Data median ini digunakan mengingat, terdapat beberapa data pencilon.

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang dipergunakan merupakan data curah hujan di Kabupaten Indramayu tahun 1980-2000 yang tersebar dalam 27 stasiun penakar hujan, dan posisi stasiun curah hujan (*latitude dan longitude*). Data ini diperoleh dari Lab Geofisika dan Meteorologi, Departemen Meteorologi dan Geofisika, FMIPA IPB dan juga dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan metode *agglomerative hierarchical*, dan metode pemisahan (*divide hierarchical*) dengan setiap objek dianggap sebagai satu gerombol kemudian antar gerombol yang jaraknya berdekatan bergabung menjadi satu gerombol. Tahap ini diulang hingga mendapatkan gerombol akhir yang beranggotakan seluruh objek pengamatan. Setiap penggabungan selalu disertai dengan perbaikan matriks jarak yang dipergunakan sebagai ukuran kedekatan anatar gerombol. Dalam penelitian ini, metode perbaikan jaraknya menggunakan metode pautan lengkap (*complete linkage*) yaitu jarak antar dua gerombol diukur menggunakan jarak terjauh antara satu objek dalam satu gerombol dengan satu objek dalam gerombol lainnya. Secara garis besar langkah-langkah dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut.

- Menyusun data median curah hujan, selanjutnya membuat karakteristik datanya.
- Melakukan analisis komponen utama (*principal component analysis/PCA*) digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan.
- Melakukan analisis pewilayahan dengan metode *agglomerative hierarchical* dan *devisi hierarchical* yang dapat dinyatakan dalam bentuk dendogram. Ukuran kedekatan dihitung berdasarkan jarak Euclidean dari dua pengamatan i dan j yang berdimensi p .

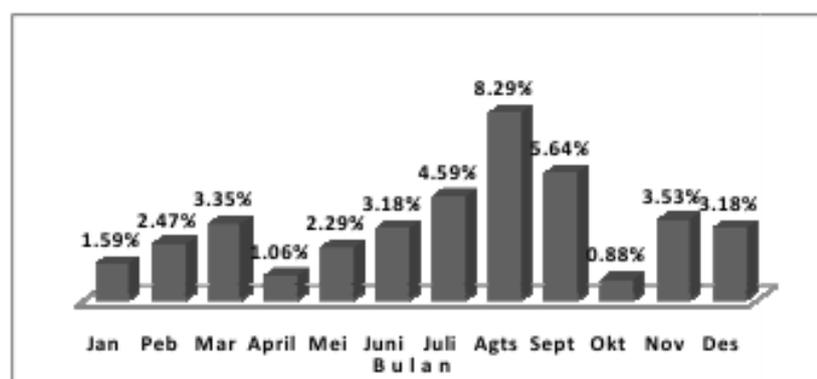
dengan d_{ij} : jarak antara objek ke- i dan ke- j

- Melakukan analisis hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Data

Berdasarkan karakteristik data curah hujan di Kabupaten Indramayu, diperoleh deskripsi data pencilon seperti berikut.



Gambar 1. Data pencilon curah hujan berdasarkan data tahun 1980-2000

Pencilan terbesar terjadi di bulan Agustus dan September dengan persentase 8,29% dan 5,64% dan terjadi pada puncak bulan kering (Saputro dkk. 2011). Adanya pencilan tersebut berpengaruh terhadap analisis lanjutan yang akan dilakukan, terutama untuk pewilayahan curah hujan, oleh karena itu dalam penelitian ini dipergunakan data median curah hujan. Lebih lanjut, pada Tabel 1 diberikan deskripsi umum curah hujan di Kabupaten Indramayu.

Tabel 1 Deskripsi data curah hujan Indramayu

	Min	Maks	Rata-rata	Std. Deviation
Januari	189.00	461.00	284.70	57.14
Pebruari	132.00	245.00	182.22	29.00
Maret	77.00	246.00	141.30	41.02
April	59.00	192.00	136.44	32.36
Mei	32.00	109.00	69.96	20.43
Juni	17.00	103.00	49.30	20.00
Juli	.00	33.00	16.78	8.74
Agustus	.00	19.00	6.74	6.60
September	.00	23.00	5.19	5.80
Oktober	24.00	126.00	57.59	25.19
November	67.00	211.00	149.26	36.79
Desember	96.00	287.00	190.07	44.28

Curah hujan tertinggi di bulan Januari dengan rata-rata 284,70 mm sebagai puncak musim hujan dan curah hujan terendah di bulan September dengan rata-rata 5,19 mm sebagai puncak musim kering. Simpangan baku tertinggi terjadi di bulan Januari, artinya terdapat keragaman curah hujan antar stasiun penakar hujan di Kabupaten Indramayu. Selanjutnya, agar data dapat diproses dalam analisis komponen utama diperlukan uji KMO dan Bartlett. Hasilnya menyatakan bahwa nilai ujiannya sebesar 0,52, oleh karena itu data yang ada dapat dianalisis dengan analisis komponen utama.

Analisis Komponen Utama

Analisis komponen utama (AKU) merupakan suatu tehnik statistik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya hingga diperoleh peubah baru (komponen utama) yang lebih kecil dan saling bebas (tidak berkorelasi lagi) dan menyimpan sebagian besar informasi yang terkandung pada peubah asal (Johnson & Wichern 1982, Jolliffe 2002). Berdasarkan analisis eksplorasi terhadap data curah hujan ini, terdapat korelasi antar stasiun pengamatan/penakar curah hujan, oleh karena itu dilakukan AKU.

Kajian tentang AKU banyak ditemukan di analisis peubah ganda, karena AKU sering dipergunakan sebagai analisis lainnya seperti analisis regresi, analisis gerombol. AKU menjadi populer karena tiga hal, yaitu 1) memiliki kombinasi linier dengan *mean square error* optimal dalam meringkas serangkaian vektor berdimensi rendah dan kemudian membentuknya kembali 2) parameter model dapat dihitung secara langsung dari data dan 3) peringkasan dan penghilangan mudah dioperasikan untuk menunjukkan parameter model (Chen 2002). Secara aljabar linier, komponen utamanya merupakan kombinasi linier tertentu dari p peubah acak x_1, x_2, \dots, x_p . Secara geometris kombinasi linier ini merupakan sistem koordinat baru yang didapat dari rotasi sistem semula dengan x_1, x_2, \dots, x_p sebagai sumbu koordinat. Sumbu baru tersebut merupakan arah dengan variabilitas maksimum dan memberikan kovariansi yang lebih sederhana. Menurut Johnson dan Dean, AKU terkonsentrasi pada penjelasan struktur variansi dan kovariansi melalui suatu kombinasi linear peubah asal, dengan tujuan utama melakukan reduksi data dan membuat interpretasi. Meskipun memiliki beberapa keunggulan, model AKU memiliki beberapa kelemahan, yakni algoritma AKU didasarkan pada asumsi bahwa data tidak mengandung pencilan (Chen 2002). AKU dibentuk berdasarkan pada matriks kovarian yang sensitif terhadap keberadaan data pencilan (Hubert et al 2005). Dengan demikian AKU tidak bersifat kekar terhadap pencilan. Kajian

untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan AKU kekar (Anisa 2010). Dalam penelitian ini, hal yang berbeda dengan yang dilakukan Anisa (2010) tersebut yakni data yang dipergunakan dalam kajian ini menggunakan data median curah hujan sehingga pewilayahan baru diharapkan akan kekar terhadap data pencilan.

Selanjutnya, berdasarkan AKU tersebut dihasilkan *loading factor* untuk peubah komponen 1, 2, 3, 4 dan 5 serta dinyatakan pada Tabel 2. Total keragaman yang dapat dijelaskan melalui lima komponen utama tersebut sebesar 84.99%.

Tabel 2 Komponen matriks sebelum dilakukan rotasi

	Component				
	1	2	3	4	5
Januari	.654	.445	-.149	.199	-.360
Pebruari	.764	.256	-.198	.355	-.065
Maret	.700	-.547	-.237	-.039	-.017
April	.885	-.210	-.238	.078	-.148
Mei	.309	.831	.018	-.090	-.155
Juni	.622	.480	.150	.178	-.340
Juli	.511	.461	.470	-.263	.217
Agustus	.535	.148	.494	-.417	-.427
September	.059	-.179	.767	.507	-.164
Oktober	.387	-.668	.486	-.074	.252
November	.717	-.550	.041	.004	.005
Desember	.835	-.150	-.290	-.208	-.080

Pada bulan Juli, korelasi dengan komponen 1 sebesar 0.511 dan korelasi dgn komponen 3 sebesar 0.47 menunjukkan korelasi yg tidak berbeda secara jelas. Demikian juga untuk bulan Agustus korelasi dengan komponen 1 sebesar 0.535 dan korelasi dgn komponen 3 sebesar 0.494 menunjukkan korelasi yg tidak berbeda secara jelas. Sedangkan komponen bulan lainnya, sudah tampak berbeda jelas korelasi terhadap komponennya. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan rotasi, rotasi yang dipergunakan dengan *Varimax*. Hasil rotasi dengan *varimax* ditunjukkan seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Komponen matriks setelah dilakukan rotasi dengan *varimax*

	Component				
	1	2	3	4	5
Januari	.199	.290	.798	-.030	.235
Pebruari	.440	.373	.694	.051	-.047
Maret	.905	-.113	.110	-.033	.049
April	.864	.266	.301	-.050	-.035
Mei	-.234	.748	.356	-.240	.144
Juni	.204	.798	.311	.105	-.028
Juli	.078	.782	-.003	.087	.430
Agustus	.192	.236	.130	.150	.882
September	-.038	.012	.012	.944	.118
Oktober	.648	.047	-.482	.475	.145
November	.870	-.017	.028	.201	.138
Desember	.781	.147	.308	-.258	.245

Setelah dilakukan rotasi, nampak lebih jelas korelasi setiap bulannya dengan masing-masing komponennya. Faktor *loading* 4 dan 5 menggambarkan bulan kering, *factor loading* 1 dan 3 menggambarkan bulan basah, serta *factor loading* 2 menggambarkan bulan lembab/transisi.

Analisis Gerombol

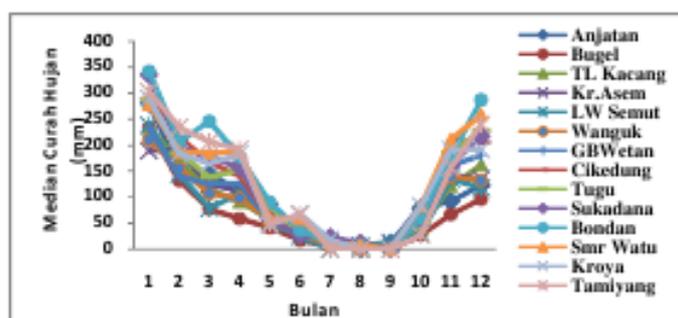
Berdasarkan reduksi empat komponen dengan AKU, selanjutnya dilakukan analisis gerombol. Algoritma gerombol harus dapat memaksimalkan perbedaan relatif gerombol terhadap variasi dalam gerombol. Dua metode paling umum dalam algoritma gerombol yaitu metode hirarkhi dan metode nonhirarkhi. Penentuan metode mana yang akan dipakai tergantung kepada peneliti dan konteks penelitian dengan tidak mengabaikan substansi, teori dan konsep yang berlaku. Seperti telah disebutkan di metodologi penelitian, penelitian ini menggunakan metode penggabungan (*agglomerative hierarchical*) dan metode pemisahan (*divide hierarchical*).

Dalam metode aglomerasi tiap observasi pada mulanya dianggap sebagai gerombol tersendiri sehingga terdapat gerombol sebanyak jumlah observasi. Kemudian dua gerombol yang terdekat kesamaannya digabung menjadi suatu gerombol baru, sehingga jumlah gerombol berkurang satu pada tiap tahap. Proses ini dilakukan hingga tiap observasi menjadi gerombol sendiri-sendiri. Hal penting dalam metode hirarkhi bahwa hasil pada tahap sebelumnya selalu bersarang di dalam hasil pada tahap berikutnya, membentuk sebuah pohon. Metode aglomerasi dalam pembentukan gerombol ini, yaitu pautan lengkap disebut juga pendekatan tetangga terjauh yang menghitung jarak maksimum. Beberapa metode penggabungan yang seringkali digunakan dalam pembentukan gerombol ini yaitu *complete linkage*, *average linkage*, *Wards* (Bunkers et al. 1996); *complete linkage* (BMG 2003); *Ward dan Centroid* (Wigena 2006). Akhirnya, dengan aglomerasi pautan lengkap dan jarak *Euclidean* diperoleh pewilayahan curah hujan seperti pada Tabel 4 berikut.

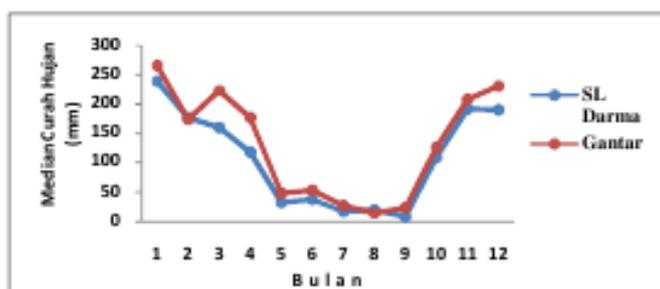
Tabel 4 Pewilayahan curah hujan

Wilayah	Stasiun Curah Hujan
1	Anjatan, Bugel TL Kacang Kr.Asem LW Semut Wanguk GBWetan Cikedung Tugu Sukadana Bondan Smr Watu Kroya Tamiyang
2	SL Darma, Gantar
3	Jatibarang Juntinyuat Ked Bunder Lohbener Sudi Mampir Krangkeng SudiKump Losarang Cidempet Bangkir Indramayu

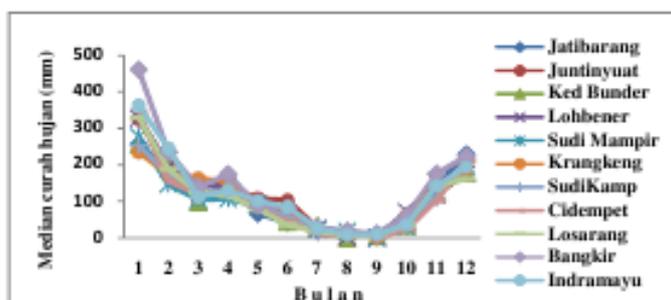
Dilakukan juga uji dengan prosedur Pillai, Wilks Lamda, Hotelling dan Roy's, hasilnya menunjukkan bahwa penggerombolan tersebut berbeda nyata, Pola curah hujan dengan pewilayahan baru ditunjukkan seperti pada Gambar 2-4 berikut.



Gambar 2 Pola curah hujan di wilayah 1 (ZOM 1)

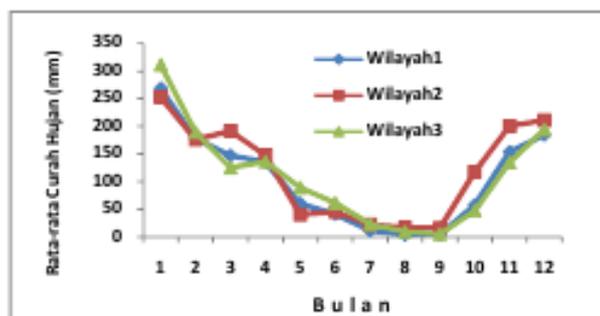


Gambar 3 Pola curah hujan di wilayah 2 (ZOM 2)



Gambar 4 Pola curah hujan di wilayah 3 (ZOM 3)

Pewilayahan ini sesuai dengan hasil penelitian pola curah hujan di Indonesia oleh Aldrian dan Susanto (2003) bahwa untuk wilayah di pulau Jawa bertipe curah hujan *monsoon*, yaitu curah hujan tertinggi yang terjadi pada bulan Januari atau Desember dan curah hujan terendah Juni-Agustus (Kadarsah 2007). Pada Gambar 5 merupakan penggabungan ketiga wilayah. Peta secara lengkap ada di lampiran.



Gambar 5 Pola curah hujan wilayah 1, 2 dan 3

Sepanjang bulan Agustus-Desember, wilayah 3 menunjukkan wilayah yg memiliki rata-rata curah hujan lebih rendah dibandingkan dua wilayah lainnya, sedangkan pada bulan Jan-Pebruari dan Mei-Juni memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dua wilayah lainnya (Gambar 5). Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari di wilayah 3. Daerah dengan rata-rata curah hujan tahunan terbesar terjadi di wilayah 2 yang terletak di bagian barat daya dan selatan serta berbatasan dengan Kabupaten Sumedang dan Majalengka. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Haryoko (2004).

Akhirnya dapat disusun kategori wilayah bulan basah, lembab dan kering seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Adapun kriteria yang digunakan untuk menentukan bulan kering, bulan lembab, dan bulan basah berdasarkan Schmidt-Fergusson dengan katagori sebagai berikut bulan kering (BK) : bulan dengan curah hujan < 60 mm, bulan lembab (BL) : bulan dengan curah hujan antara 60 sampai dengan 100 mm, bulan basah (BB) : bulan dengan curah hujan > 100 mm.

Tabel 5 Pembagian wilayah dan kategori bulan basah, lembab dan kering

	Bulan Basah	Bulan Lembab	Bulan Kering
Wilayah I			
Anjatan, Bugel, TL Kacang, Kr.Asem, LW Semut, Wanguk, GBWetan, Cikedung, Kroya, Sukadana, Smr Watu, Tugu, Bondan, Tamiyang	Jan-April, Nov-Des		Mei-Okt
Wilayah II			
SL Darma, Gantar	Jan-April, Okt-Des		Mei-Sept
Wilayah III			
Cidempet, Losarang, Bangkir, Indramayu, Jatibarang, Juntinyuat, Ked Bunder, Lohbener, Sudi Mampir, Krangkeng, SudiKamp	Jan-April, Nov-Des	Mei-Juni	Juli-Okt

KESIMPULAN

Proses pewilayahan curah hujan diperoleh dengan lima AKU, total keragaman yang dapat dijelaskan melalui lima komponen utama tersebut sebesar 84.99% dan tiga wilayah curah hujan dengan metode *complete linkage* dan perhitungan jaraknya Euclidean. Adapun tiga pengelompokkan wilayah tersebut yaitu wilayah 1 : Anjatan, Bugel, TL Kacang, Kr.Asem, LW Semut, Wanguk, GBWetan, Cikedung, Tugu, Sukadana, Bondan, Smr Watu, Kroya, dan Tamiyang, wilayah 2: SL Darma dan Gantar serta wilayah 3 : Jatibarang, Juntinyuat, Ked Bunder, Lohbener, Sudi Mampir, Krangkeng, SudiKamp, Losarang, Cidempet, Bangkir, dan Indramayu. Berdasarkan pola dan sebarannya, rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari di wilayah 3. Daerah dengan rata-rata curah hujan tahunan terbesar terjadi di wilayah 2, memiliki bulan basah yang lebih panjang dari dua wilayah lainnya. Wilayah 2 ini, berada di bagian barat daya dan selatan serta berbatasan dengan Kabupaten Sumedang dan Majalengka.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian E, Susanto RD . 2003. Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship To Sea Surface Temperature. *International Journal Of Climatology* **23**: 1435–1452 (2003)
- Amanah SA. 2010. Eksplorasi Pola Curah Hujan Kabupaten Indramayu menggunakan Regresi Kuantil [skripsi]. Bogor: Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor.
- Agusta, Y. 2007. K-means Penerapan Permasalahan dan Metode Terkait, *Jurnal Sistem dan Informatika*, Vol. 3, hal 47-60
- Barnett V, Lewis T. 1994. *Outlier in Statistical Data*. Chichester: John Willey & Sons, Ltd.
- [BMG] Badan Metereologi dan Geofisika. 2003. Pewilayahan Daerah Tipe Hujan dan Evaluasi Musim Kemarau 2003 serta Prakiraan Sementara Musim Hujan 2003/2004 Kabupaten Indramayu. Jakarta. BMG

- Chatfield C. 1984. *The Analysis of Time Series : An Introduction*. London: Chapman and Hall.
- Chen H. 2002. Principal Component Analysis with Missing Data and Outliers. <http://www.caip.rutgers.edu/riul/research/tutorial/tutorialrpca.pdf> [April 2011]
- Haryoko U. 2004. Pewilayahan Hujan untuk Menentukan Pola Hujan (Studi Kasus di Indramayu).
- Hubert M, Rousseuw PJ, Vanden-Branden K. 2005. ROBPCA: A New Approach to Robust Principal Component Analysis. *Technometrics*, 47: 64-79
- Johnson, RA & Wichern, DW. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, New York: Prentice Hall,
- Jolliffe IT. 2002. *Principal Component Analysis*. 2nd Ed. New York: Springer-Verlag, Inc.
- Kadarsah. 2007. Tiga Pola Curah Hujan Indonesia <http://www.kadarsah.wordpress.com/2007/06/29/tiga-daerah-iklim-indonesia/>. [20 Juli 2009]
- Rahma A. 2010. Penggunaan Analisis Komponen Utama Kekar dan Regresi Kekar dalam Pendugaan Curah Hujan Lokal di Indramayu [skripsi]. Bogor: Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor.
- Saputro DRS, Mattjik AA, Boer R, Wigena AH, & Djuraidah A. 2011. Pendugaan Data Tidak Lengkap Curah Hujan di Kabupaten Indramayu dengan Kriging dan Rata-rata Bergerak (Berdasarkan Data tahun 1980-2000) [belum dipublikasi].
- Suciantini. 2004. Evaluasi Prakiraan Sifat Hujan dan Penyusunan Model Prediksi Musim: Studi Kasus Kabupaten Indramayu [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wigena A.H. 2006. Pemodelan Statistical Downscaling dengan Regresi Projection Pursuit untuk Peramalan Curah Hujan Bulanan Kasus Curah Hujan Bulanan di Indramayu [disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (IPB).