

Variabilitas Spasial Hujan Harian di Jawa Timur

Indarto

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), PS Teknik Pertanian, FTP – UNEJ,
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121, E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Abstrak

Dua variabel digunakan untuk memaparkan variabilitas spasial hujan harian di Jawa Timur, yaitu: (1) Hujan-24jam-maksimal dan (2) Hari-Hujan. Data hujan diperoleh dari 946 lokasi stasiun hujan yang tersebar merata di seluruh wilayah Provinsi. Analisis spasial dilakukan menggunakan ESDA (Exploratory Spatial Data Analysis) yang ada pada ArcGIS Geostatistical Analyst. Tool yang digunakan mencakup: Histogram dan QQ-Plot. Selanjutnya, peta distribusi spasial (hujan-24jam-maksimal dan hari-hujan) di seluruh wilayah Jawa Timur dibuat dengan menggunakan metode Interpolasi Inverse Distance Weigthing (IDW). Hasil analisa menunjukkan Histogram dan Normal QQ-Plot untuk hari-hujan mendekati distribusi normal, sedangkan untuk hujan-24jam-maksimal lebih condong ke kanan. Statistik nilai hujan-24jam-maksimal yang diperoleh adalah: minimal = 32 mm, rerata = 137 mm, maximum = 332 mm, and median = 130 mm/hari. Nilai ringkasan distribusi statistik lainnya adalah: standar deviasai = 50,37; koefisien kemencengan = 0,99; dan koefisien kurtosis = 4,3. Statistik untuk variabel hari-hujan, menunjukkan nilai minimal = 4 hari/tahun dan maksimal = 184 hari/tahun. Sedangkan, nilai rerata = 81 hari/tahun dan nilai median = 80 hari/tahun. Histogram juga menampilkan nilai standar deviasi = 23,74; koefisien skewness = 0,28; dan koefisien curtosis = (3,6). Penelitian menunjukkan kemampuan dan manfaat ESDA untuk menggambarkan variabilitas spasial hujan harian dengan lebih detail.

Kata-kata Kunci: Histogram, QQ-Plot, Hujan-24jam-maksimal, hari-hujan, interpolasi data, distribusi spasial, Jawa Timur.

Abstract

Two variabel (maximum-24hour-rainfall and number of rainfall-day) were used to describe the spatial variability of Daily Rainfall phenomena in East Java regions. Daily rainfall data were collected from 946 pluviometers spread around the regions. Spatial analyst were exploited by means of Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) available at ArcGIS Geostatistical Analyst. Histogram and QQ-Plot were used for the analyst. Furthermore, thematic map visualized the spatial variability of daily rainfall data over the region was produced using Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method. Results shows that both Histogram and Normal QQ-Plot for number-of-rainfall-day are close to normal distribution, however spatial distribution of 24-hour rainfall data is quite distorted to standard normal distribution. Statistical resume obtained from 24hour-rainfall data are : minimum = 32 mm/day, average = 137 mm/day, maximum = 332 mm/day, median = 130 mm/day, standard deviation = 50,37, coefficient of skewness = 0,99, and Coefficient of Curtosis = 4,3. Other statistical value resumed from number of rainy-day are : minimum = 4 day/year, average = 81 day/year, maximum = 184 day/year, and median = 80 day/year, standard deviation = 23,74, coefficient of skewness = 0,28, and Coefficient of curtosis = 3,6. The research demonstrate the capability and benefit of those statistical tool to describe spatial variability of daily rainfall phenomenon in East Java Regions.

Keywords: Histogram, QQ-Plot, 24hour rainfall, number of rainy day, interpolation, spatial distttribution, East Java Regions.

1. Pendahuluan

Studi tentang variabilitas spasial hujan dan penerapan metode interpolasi untuk pemetaan hujan sudah umum dilakukan oleh banyak peneliti di berbagai penjuru Dunia. Dirks et. al (1998) menggunakan jaringan stasiun hujan yang cukup rapat untuk interpolasi data hujan dari alat ukur yang berupa titik-titik pengukuran menjadi hujan luasan untuk wilayah Norfolk Island.

Li et. al (2000) melakukan studi perbandingan berbagai metode untuk interpolasi data. Pada prinsipnya ada banyak metode interpolasi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

Johnston et.al (2001) mengklasifikasikan metode interpolasi data ke dalam dua kelas utama: Deterministik dan Geostatistik. Lebih jauh, Johnston et. al (2001) juga menjelaskan konsep dan contoh aplikasi masing-

masing metode. Sejak dekade terakhir ini, penerapan berbagai metode untuk interpolasi dan studi variabilitas spasial terhadap data hidro-klimatologi semakin intensif di berbagai belahan Dunia. Beberapa contoh, yang relatif berbeda misalnya dijumpai dalam uraian berikut. Jones and Thornton (1999) menggunakan model “*third-order markov*” untuk interpolasi data iklim. Goovaerts (2000) menggunakan pendekatan geostatistik dan menggunakan data ketinggian yang selanjutnya digunakan untuk interpolasi data hujan wilayah. Metode geostatistik juga digunakan oleh Wen yuan et.al, (2004) untuk interpolasi data meteorologi. Szentimrey et.al (2005) memaparkan konsep MISH (*Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized data*). Selanjutnya, Lupikasza (2006) menerapkan metode interpolasi untuk data hujan di kontinen Eropa. Moges et. al (2007) mengkombinasikan teknik yang ada pada GIS dan geostatistik dengan memanfaatkan data penginderaan jauh untuk interpolasi hujan. Haberlandt (2007) menggunakan interpolasi geostatistik untuk memprediksi data hujan jam-jam-an (*hourly precipitation*) dari kombinasi data konvensional (pengukuran pada stasiun hujan) dan radar meteorologi untuk memodelkan kejadian hujan ekstrim dalam skala luas. Ellouze et. al (2009) mempelajari karakteristik spasial hujan bulanan dan hujan tahunan di wilayah selatan Tunisia. Selanjutnya, De Smith et.al (2007) memaparkan dan mereview lebih detail tentang perkembangan berbagai metode, model, perangkat lunak dan contoh aplikasi yang dapat digunakan untuk interpolasi data dan aplikasi statistik spasial. Berbagai model, metode dan perangkat lunak tersebut pada prinsipnya dapat diterapkan tidak terbatas pada hidro-meteorologi saja, tetapi dapat juga diaplikasikan hampir pada segala bidang kehidupan.

Teknik analisa spasial yang sekarang berkembang sering disebut sebagai *Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA)*. Konsep ESDA merupakan analogi dari EDA (*Exploratory Data Analysis*). EDA dan ESDA pada prinsipnya sama-sama merupakan alat analisa statistik. Perbedaannya, pada ESDA nilai dan visualisasi statistik terintegrasi dengan nilai dan visualisasi peta yang di analisa. Sementara, perangkat lunak EDA umumnya tidak menyediakan alat untuk visualisasi data secara spasial. ESDA dapat digunakan untuk menganalisa data dalam berbagai cara (sudut pandang). Sebelum membentuk luasan, ESDA memungkinkan kita untuk memahami lebih mendalam fenomena yang sedang dianalisa, sehingga keputusan yang kita ambil terkait dengan data lebih tepat. Ada banyak teknik statistik dan analisa di dalam konsep ESDA. ESDA dapat digunakan untuk memplotkan distribusi data, melihat kecenderungan global dan lokal, mengevaluasi auto-korelasi spasial (*spasial autocorrelation*), memahami *covarian* diantara beberapa seri data (De Smith et. al, 2007).

Ada berbagai teknik statistik dan analisa di dalam konsep ESDA (*Exploratory Spatial Data Analysis*). ESDA dapat digunakan untuk memplotkan distribusi data, melihat kecenderungan global dan lokal, mengevaluasi auto-korelasi spasial (*spasial autocorrelation*), memahami *covarian* diantara beberapa seri data (De Smith et. al, 2007). Analisa paling sederhana di dalam ESDA adalah membuat ringkasan nilai statistik dari suatu seri data atau dalam konteks data spasial adalah membuat ringkasan dari atribut tabel atau nilai grid.

Analisa dalam bentuk grafik umumnya berupa: *histogram, pie charts, box plots dan/atau scatter plot*. Tidak satupun grafik di atas menunjukkan secara eksplisit perspektif spasial dari suatu seri-data, tetapi jika ada fasilitas untuk menghubungkan data tersebut dengan peta dan tabel, maka data-data tersebut dapat lebih bermakna untuk analisa spasial. ESDA memfasilitasi analisa tersebut. Pemilihan terhadap objek melalui *linking* dapat dilakukan secara otomatis (melalui pemrograman) atau didefinisikan oleh pengguna melalui grafik (De Smith et. al, 2007).

Fasilitas seperti tersebut di atas telah diimplementasikan pada berbagai perangkat lunak misalnya: ArcGIS Geostatistical Analyst (Johnston et. al, 2001); GeoDa (<https://geoda.uiuc.edu>); GS⁺™ (Robertson, 2008); SatScan (<http://www.satscan.org>); dan STARS (<http://regal.sdsu.edu/index.php/main/STARS>). Makalah ini memaparkan contoh aplikasi ESDA untuk mendeskripsikan variabilitas spasial suatu fenomena. Fenomena dalam hal ini adalah hujan harian (*Daily Rainfall*).

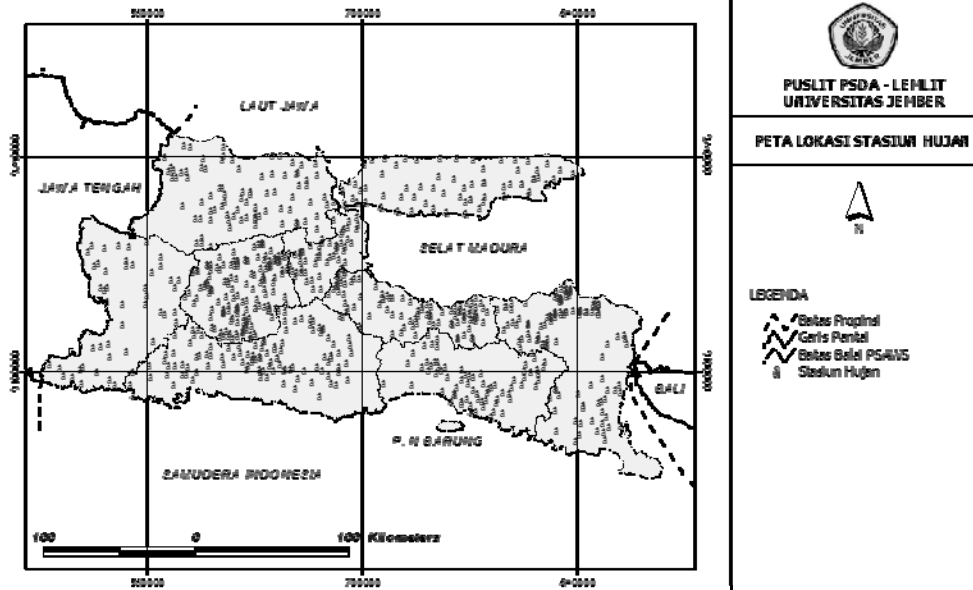
2. Metodologi

2.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur. Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis yang diambil dari 946 unit alat ukur yang ada di seluruh wilayah Jawa Timur. Data diperoleh dari Dinas PU Pengairan provinsi Jawa Timur. Stasiun hujan yang dimaksud dalam penelitian ini, dapat berupa: penakar hujan atau pluviometer atau ombrometer atau gelas ukur, baik manual maupun digital. **Gambar (1)** menampilkan lokasi ke 946 unit alat ukur yang terdistribusi merata seluruh wilayah Jawa Timur.

2.2 Input data

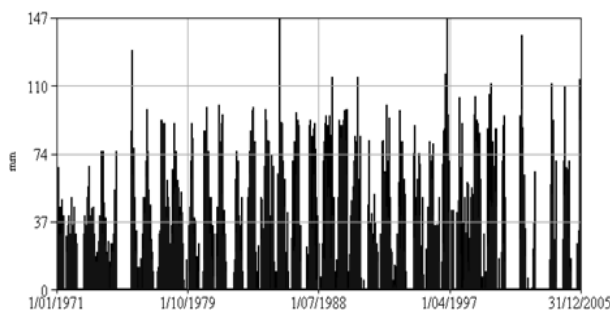
Pada penelitian ini dipilih dua variabel yang diasumsikan mewakili karakteristik hujan harian, yaitu: (1) Hujan-24jam-maksimal (selanjutnya ditulis Hmaks) dan (2) Jumlah Hari Hujan rerata dalam satu tahun (selanjutnya di tulis HH). Hujan-24jam didefinisikan sebagai kejadian hujan yang terjadi dan diukur secara kumulatif pada suatu alat ukur selama sehari (24 jam).



Gambar 1. Lokasi alat ukur

Analisa terhadap fenomena ini, umumnya menggunakan data hujan 24Jam yang maksimal (Hmaks) selama periode rekaman data. Data Hmaks digunakan untuk melihat potensi hujan yang mungkin terjadi pada suatu lokasi. Sedangkan Hari-Hujan (HH) didefinisikan sebagai jumlah hari hujan selama satu tahun. Dalam penelitian ini digunakan nilai HH rerata pada lokasi terukur selama periode rekaman data. HH digunakan untuk menggambarkan frekuensi terjadinya hujan harian dalam satu tahun pada lokasi tertentu. Informasi HH dikombinasikan dengan informasi lain berguna untuk penjadwalan tanaman, penentuan awal musim hujan dan kemarau, dll.

Contoh data hujan untuk dua stasiun diberikan dalam (Gambar 2). Periode rekaman data untuk tiap stasiun berbeda, dan diasumsikan bahwa Hmaks dan HH yang terekam dari stasiun tersebut sudah dianggap mewakili fenomena hujan harian pada lokasi tersebut. Penelitian dan analisis ini lebih fokus pada bagaimana data bervariasi antara satu stasiun terhadap stasiun lainnya (variabilitas spasial), sehingga panjang periode rekaman yang tidak sama antar stasiun diabaikan dan diasumsikan nilai rerata yang didapat selama periode rekaman data yang tersedia sudah dapat mewakili fenomena hujan di wilayah tersebut.



Gambar 2. Contoh data hujan harian untuk stasiun ANCAR dan BLIMBING di Bondowoso

FID	Shape *	Dbs	MT	MU	TT	HThn	HH	Hmaks	Pr
0	Point	0101001	635429	9094030.02	150	1831	64	318	3
1	Point	0101002	649032.03	9117009.05	589	3483	131	143	4
2	Point	0101003	622185.03	9102788.6	134	2112	78	112	2
3	Point	0101004	629940.03	9105007.97	193	1827	74	181	4
4	Point	0101005	640836.98	9102073	203	2077	96	158	3
5	Point	0101006	650565.96	9090509.44	229	1728	85	102	4
6	Point	0101007	627024.01	9115183.35	277	2281	85	105	2
7	Point	0101008	648251.25	9102835.04	229	2348	103	94	4
8	Point	0101009	609888.46	9107081.76	99	1541	87	111	4
9	Point	0101010	643768.3	9111476.47	394	3244	120	105	4
10	Point	0101011	634445.98	9107130.04	225	2142	121	102	3
11	Point	0101012	644131.43	9114393.14	490	2498	107	127	3
12	Point	0101013	639163.96	9094447.93	165	1973	67	325	4
13	Point	0101014	626531.14	9099195.03	134	1491	79	102	3
14	Point	0101015	637027.77	9118726.01	560	2403	87	105	4
15	Point	0101016	637582.74	9117889.74	615	2358	88	110	3
16	Point	0101017	650986.63	9098577.93	198	2108	104	159	4
17	Point	0101018	634429.99	9099497.04	163	2065	90	243	4
18	Point	0101019	636100.96	9113717.03	406	2374	108	140	4
19	Point	0101020	643469.02	9099004.95	193	1700	94	134	4

Gambar 3. Contoh format data

2.3 Format data

Data hujan selanjutnya direkam dalam tabel EXCEL. Identifikasi untuk tiap kolom dalam tabel tersebut adalah sebagai berikut: kolom ke 1 adalah: FID (No urut identifikasi); kolom ke 3 = Dtbs (kode stasiun hujan di dalam database); kolom ke 4 = MT (Meter Timur) atau koordinat (x) untuk sistem proyeksi UTM Zone 49S WGS84; kolom ke 5 = MU (Meter Utara) atau koordinat (y) untuk sistem proyeksi UTM Zone 49S WGS84; kolom ke 6 = TT yang menunjukkan ketinggian lokasi stasiun hujan (satuan meter); kolom ke 7 = HThn yang mewakili rerata hujan tahunan (satuan mm); kolom ke 8 = HH menunjukkan jumlah rerata hari hujan pada stasiun tersebut selama periode rekaman data; selanjutnya kolom ke 9 = Hmaks menunjukkan nilai hujan-24jam-maksimal (satuan mm) selama periode rekaman pada lokasi tersebut; Pr = periode rekaman data (satuan: tahun) (Gambar 3). Semua data berasal dari pengukuran hujan yang dilakukan oleh para pengamat stasiun hujan yang ada di seluruh wilayah Jawa Timur dan dikordinasikan oleh Dinas PU Pengairan Jawa Timur.

2.4 Analisa ESDA

Analisa menggunakan tool statistik yang ada pada: ArcGIS Geostatistical Analysis(versi 9x at versi 10). Setelah data terformat dan dapat diintegrasikan ke dalam database ArcGIS, dilanjutkan dengan melakukan analisa ESDA melalui sub-menu ExplorData. Selanjutnya, dilakukan analisis : (1) Histogram, (2) Voronoi Map, (3) Normal QQ-Plot, (4) Trend Analysis, (5) Semivariogram/Covariance Cloud, (6) General QQ-Plot, dan (7) Cross-covariance Cloud. Tahap analisa mengikuti prosedur yang ada di dalam ArcGIS Geostatistical Analyst. Pada makalah ini hanya dibahas hasil analisa menggunakan Histogram, Normal QQ-Plot, dan General QQ-Plot.

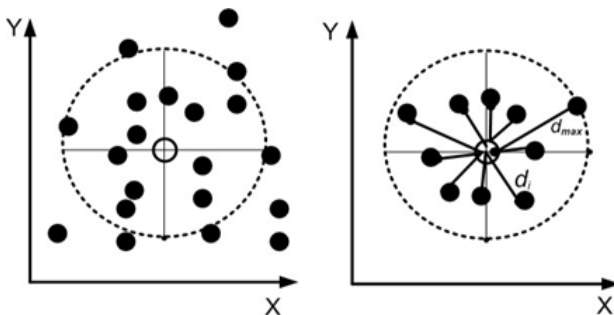
2.5 Peta distribusi spasial hujan

Peta distribusi spasial Hmaks dan HH dibuat dengan melakukan interpolasi data yang diperoleh dari masing-masing stasiun, menggunakan metode interpolasi IDW (Inverse Distance Weighting). Metode interpolasi IDW mengasumsikan bahwa semakin dekat jarak suatu titik terhadap titik yang tidak diketahui nilai-nya, maka semakin besar pengaruhnya. IDW menggunakan nilai yang terukur pada titik-titik di sekitar lokasi tersebut, untuk memperkirakan nilai variabel pada lokasi yang dimaksud. Asumsi yang dipakai dalam metode IDW adalah bahwa titik yang lokasinya lebih dekat dari lokasi yang diperkirakan akan lebih berpengaruh daripada titik yang lebih jauh jaraknya. Oleh karena itu, titik yang jaraknya lebih dekat diberi bobot yang lebih besar. Karena itu jarak berbanding terbalik dengan harga rerata tertimbang (weighting average) dari titik data yang ada di sekitarnya. Efek penghalusan (pemerataan) dapat dilakukan dengan faktor pangkat (Johnston et. al, 2001). Persamaan umum IDW dinyatakan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum W_i Z_i}{\sum W_i} \tag{1}$$

Dimana :

- Z = nilai yang akan ditentukan,
- W_i = nilai pemberatan pada titik i,
- Z_i = nilai yang diketahui disekitar lokasi Z,



Gambar 4. Ilustrasi metode IDW

Nilai dari Z dapat dihitung dari titik – titik di sekelilingnya. Jika “d” adalah jarak suatu titik yang ditaksir terhadap titik (z), maka karakteristik faktor pembobot dijelaskan oleh Johnston et.al (2001) sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik faktor pembobot

Faktor pembobot	Fungsi pemberat	Sifat - sifat
	0 order	Rerata biasa tidak mempertimbangkan jarak
$w_i = 1 - (d_i/d_{max})$	1 st order	Titik terdekat berpengaruh sedikit
$w_i = 1 - (d_i/d_{max})^2$	2 nd order	Titik terdekat berpengaruh sedang
$w_i = 1 - (d_i/d_{max})^3$	3 rd order	Titik terdekat berpengaruh tinggi.

Interpolasi data dapat dilakukan dengan menggunakan metode IDW: (1/d), (1/d²) dan (1/d³). Evaluasi terhadap ketiga metode IDW ini dilakukan dengan memplot grafik melalui fasilitas cross-validation yang ada di perangkat lunak ArcGIS. Dalam penelitian ini digunakan IDW (1/d²) untuk membuat peta distribusi spasial Hmaks dan HH, dengan asumsi bahwa metode yang dipilih tersebut sudah cukup untuk dapat menggambarkan distribusi spasial.

3. Hasil dan Pembahasan

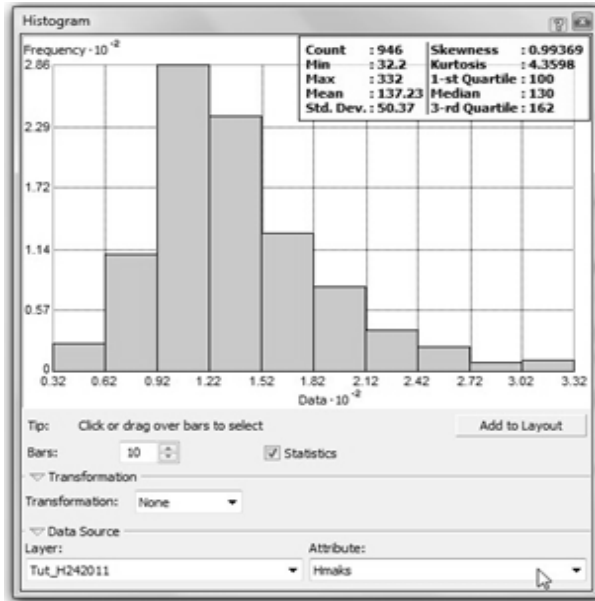
3.1 Histogram

3.1.1 Histogram Hujan 24 jam maksimal (Hmaks)

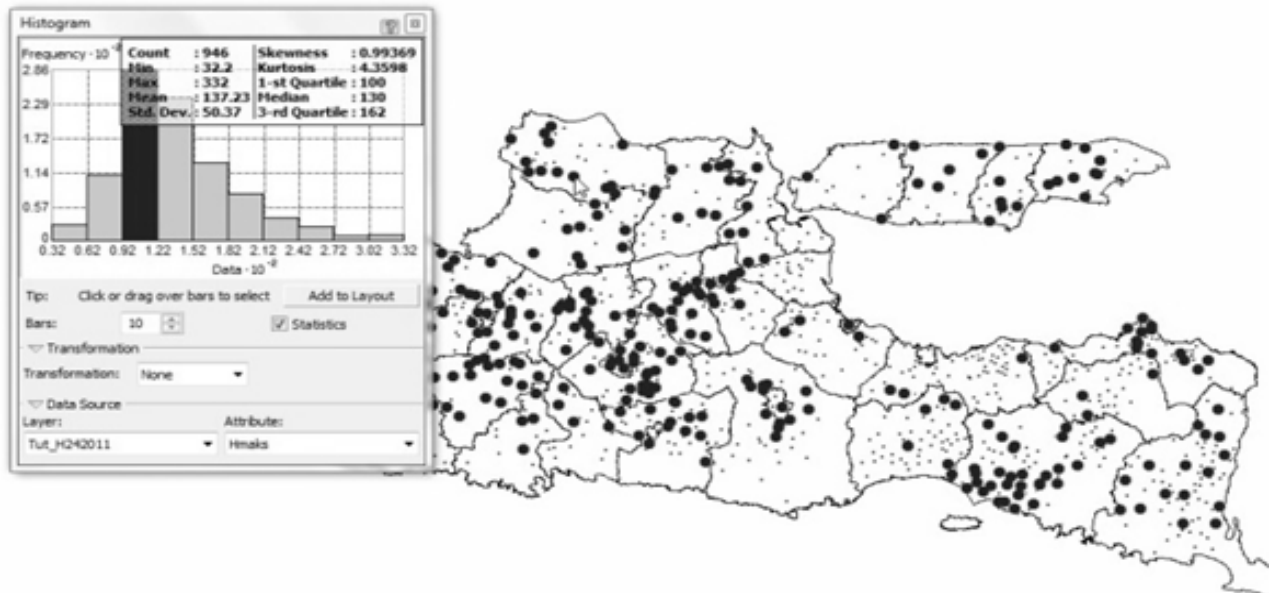
Histogram menampilkan distribusi frekuensi data dan menghitung nilai statistik secara umum. Distribusi Frekuensi (Frequency Distribution) adalah diagram batang yang menunjukkan seberapa sering suatu nilai data terjadi (frekuensi) untuk interval atau klas tertentu.

Histogram ESDA juga memuat ringkasan nilai statistik (statistic summary), dari suatu seri-data yang menggambarkan distribusi: lokasi (location), penyebaran (spread) dan bentuk (shape). Distribusi lokasi menggambarkan pusat dan arah distribusi, yang digambarkan oleh nilai rerata (mean) dan median. Mean menggambarkan pusat distribusi. Median menunjukkan nilai tengah, dimana: 50% nilai berada di bawah median dan 50% berada di atas median.

Gambar (5) menampilkan histogram hujan 24-jam maksimal (HMaks) hasil analisa. Gambar (5a) menunjukkan ringkasan nilai statistik. Diperoleh nilai statistik sbb: minimal = 32,2 mm; maksimal = 332 mm; rerata = 137,2 mm; median = 130 mm; standar deviasi = 50,37 ; koefisien skewness = 0,99 ; dan koefisien kurtosis = (4,3). Selanjutnya, Gambar (5b) menampilkan sebaran lokasi stasiun hujan yang memiliki Hmaks antara 92 sd 122mm/hari. Lokasi alat ukur tersebut tersebar merata ke seluruh wilayah (merupakan mayoritas nilai).



(a)

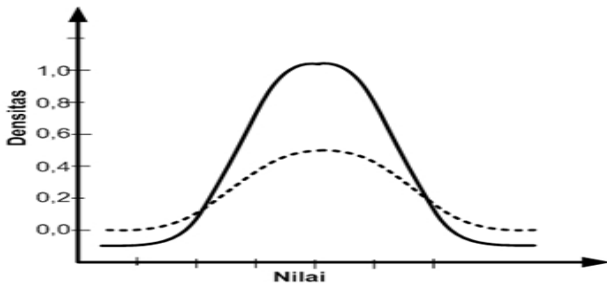


(b)

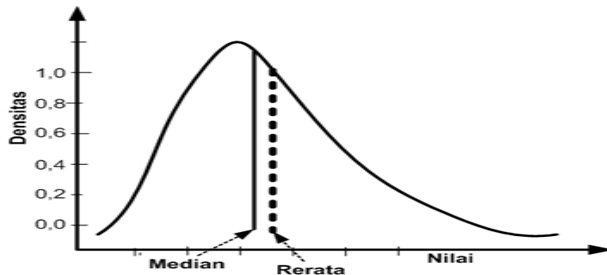
Gambar 5. Hasil analisa histogram hari hujan (Hmaks) memperlihatkan: (a) ringkasan nilai statistik umum, (b) sebaran stasiun hujan dengan nilai HMaks antara 92 sd 122 mm/hari (mayoritas nilai)

Distribusi frekuensi juga mengukur sebaran titik-titik di sekitar nilai rerata, yang ditunjukkan oleh nilai varian (*variance*) dan standar deviasi (*standar deviation*). *Variance* (V) menunjukkan tingkat deviasi rerata semua sampel terhadap nilai rerata-nya. Standar Deviasi (SD) adalah akar kuadrat dari *variance*. SD menggambarkan sebaran data terhadap nilai rerata. Nilai SD pada histogram Hmaks tersebut relatif tinggi ($SD = 50,37$), hal ini menunjukkan sebaran data yang relatif merata ke semua skala (tidak mengumpul di sekitar nilai rerata) dan menghasilkan bentuk grafik yang relatif tumpul.

Gambar (6), mengilustrasikan peran SD dan *Variance* untuk menggambarkan sebaran data. Kurva kontinyu (pada gambar 6) menunjukkan suatu distribusi dengan nilai SD dan *variance* yang relatif kecil (bentuk kurva distribusi lebih runcing). Sedang kurva dengan garis putus-putus menghasilkan nilai SD dan *variance* relatif besar dan bentuk kurva distribusi lebih tumpul (Johnston et al., 2001).



Gambar 6. Efek nilai SD dan Variance terhadap bentuk grafik distribusi



Gambar 7. Histogram dengan skewness negatif

Distribusi frekuensi juga dicirikan oleh bentuk (*shape*), yang ditunjukkan oleh kemencengan (*coefficient of skewness*) dan kurtosis. *Skewness* mengukur tingkat simetri dari suatu distribusi. Distribusi frekuensi yang simetri (kiri dan kanan relatif seimbang), dikatakan memiliki nilai *skewness* = 0. Distribusi frekuensi yang dengan nilai *skewness positif* berarti condong ke kanan dan lebih banyak mempunyai nilai besar. Sebaliknya, distribusi dengan nilai *skewness negatif* (**Gambar 7**) disebut sebagai condong ke kiri dan lebih banyak terdiri dari nilai-nilai kecil (Johnston et al., 2001). Histogram Hmaks (**Gambar 5a**) tergolong menceng ke kanan atau menceng ke arah positif, dengan nilai koefisien *skewness* = 0,99. Hal ini juga diperkuat oleh nilai rerata (*mean*) yang lebih tinggi dari nilai median-nya.

Kurtosis didasarkan pada bentuk dan ukuran distribusi. Kurtosis menjelaskan bagaimana suatu distribusi akan menghasilkan nilai ekstrem (*outliers*). Kurtosis untuk distribusi normal = 3. Distribusi dengan bentuk relatif tebal disebut *Leptokurtosis*, dimana nilai kurtosis lebih besar dari 3. Distribusi dengan bentuk relatif kurus disebut *platykurtosis* dengan nilai kurtosis kurang dari 3 (Johnston et. al, 2001). **Gambar (5a)** memperlihatkan distribusi Hmaks dengan nilai kurtosis = (4,3), yang menunjukkan distribusi leptokurtosis (*thicktailed*).

Gambar (8) memperlihatkan distribusi spasial stasiun dengan berbagai nilai Hmaks. **Gambar (8a)** memperlihatkan distribusi spasial stasiun hujan dengan nilai Hmaks tertinggi antara 302 sd 332 mm/hari. Nilai hujan ekstrem tersebut hanya terjadi pada ~8 stasiun hujan. **Gambar (8b)** memperlihatkan distribusi spasial stasiun hujan dengan nilai Hmaks antara : 122-152 mm/hari, yang terdistribusi merata ke sebagian besar wilayah Jawa Timur, kecuali Pulau Madura bagian timur.

3.1.2 Histogram Hari Hujan (HH)

Gambar (9) menampilkan histogram HH hasil analisis ESDA. **Gambar (9a)** menunjukkan ringkasan nilai statistik. Selanjutnya, diperoleh nilai HH minimal = 4 hari/tahun dan maksimal = 184 hari/tahun. Sedangkan, nilai hari hujan rerata dari seluruh stasiun untuk semua periode adalah 81 hari/tahun dan nilai median = 80 hari/tahun. Histogram tersebut juga menampilkan nilai Standar Deviasi (SD) = 23,74; koefisien *skewness* = 0,28; dan koefisien *kurtosis* = 3,6. Selanjutnya, **Gambar (9b)** menampilkan stasiun hujan dengan rekaman data hari hujan berkisar antara: 76 sd 94 hari/tahun. Lokasi alat ukur tersebut relatif tersebar merata ke seluruh wilayah (merupakan mayoritas nilai rerata hari hujan).

Nilai SD pada histogram HH tersebut relatif tinggi (SD = 23,74), hal ini menunjukkan sebaran data yang relatif merata ke semua skala (tidak mengumpul di sekitar nilai rerata) dan menghasilkan bentuk grafik yang relatif tumpul. Histogram hari hujan (**Gambar 9a**) tergolong menceng ke kanan atau menceng ke arah positif, dengan nilai koefisien *skewness* = 0,28. Hal ini juga diperkuat oleh nilai rerata (*mean*) yang lebih tinggi dari nilai median-nya. **Gambar (9a)** memperlihatkan distribusi HH dengan nilai kurtosis = (3,6), yang menunjukkan distribusi leptokurtosis (*thicktailed*).

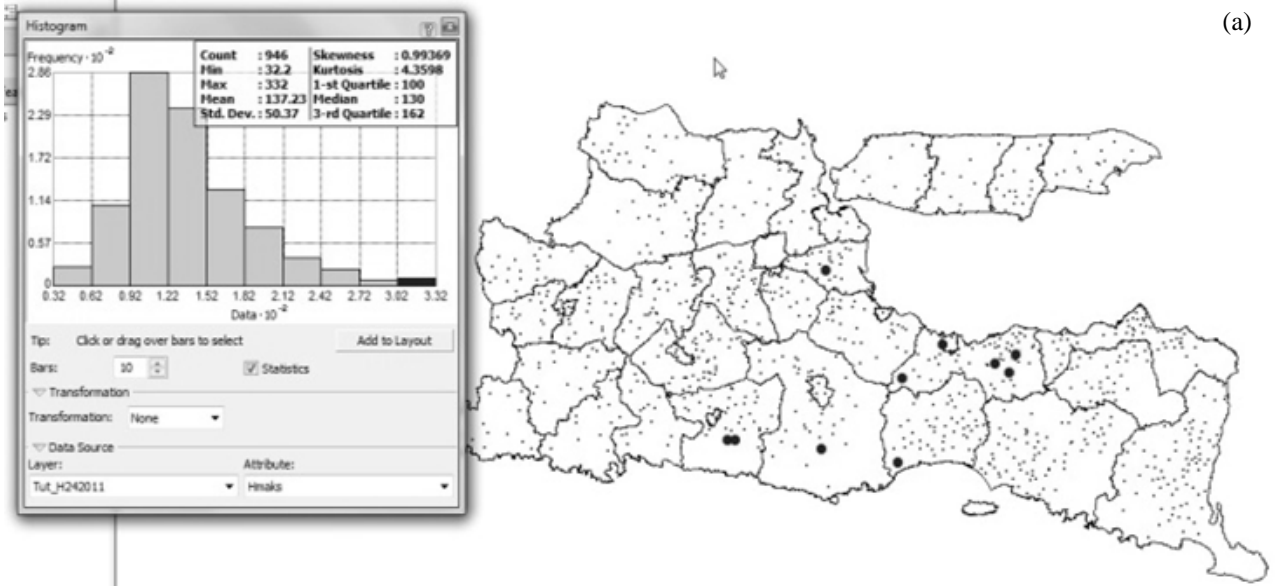
Gambar (10) memperlihatkan distribusi stasiun dengan berbagai nilai hari hujan. **Gambar (10a)** memperlihatkan distribusi stasiun hujan dengan nilai HH antara 4 sd 58 hari per tahun. Terlihat bahwa wilayah dengan hari hujan rendah (<58 hari per tahun) tersebut meliputi sebagian besar wilayah Pantura Jawa Timur, daerah pantai di Banyuwangi, wilayah Jawa Timur bagian barat dan sebagian besar pantai di Pulau Madura.

Gambar (10b) memperlihatkan distribusi stasiun hujan dengan nilai HH lebih dari: 94 hari per tahun, yang terdistribusi pada sebagian besar wilayah tengah sd pantai selatan Jawa Timur, meliputi Kabupaten/kota: Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Lumajang, Jember, Bondowoso dan Banyuwangi.

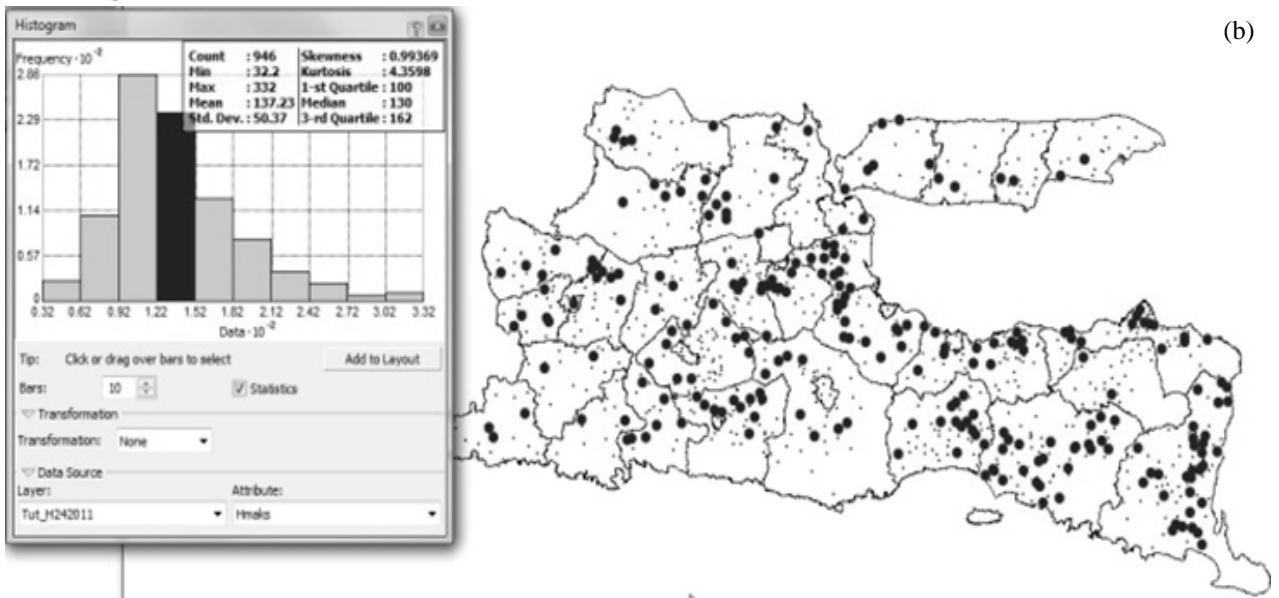
3.2 QQ-plot

QQPlots membandingkan kuantil dari dua distribusi dalam satu grafik. Ada dua jenis: *Normal QQ-Plot* dan *General QQ-Plot*. Pada *Normal QQ-Plot* kuantil dari suatu seri-data dibandingkan dengan kuantil dari distribusi normal. *Normal QQ-Plot* dibuat dengan memplotkan nilai data terhadap nilai standard distribusi normal. Jika ke dua grafik mirip, maka data tersebut dapat dikatakan memiliki distribusi normal (Johnston, et al,2001).

General QQ-Plot digunakan untuk mengukur similaritas distribusi dari dua seri-data. General QQ-Plot dibuat dengan memplotkan distribusi kumulatif nilai data dari dua seri data tersebut.

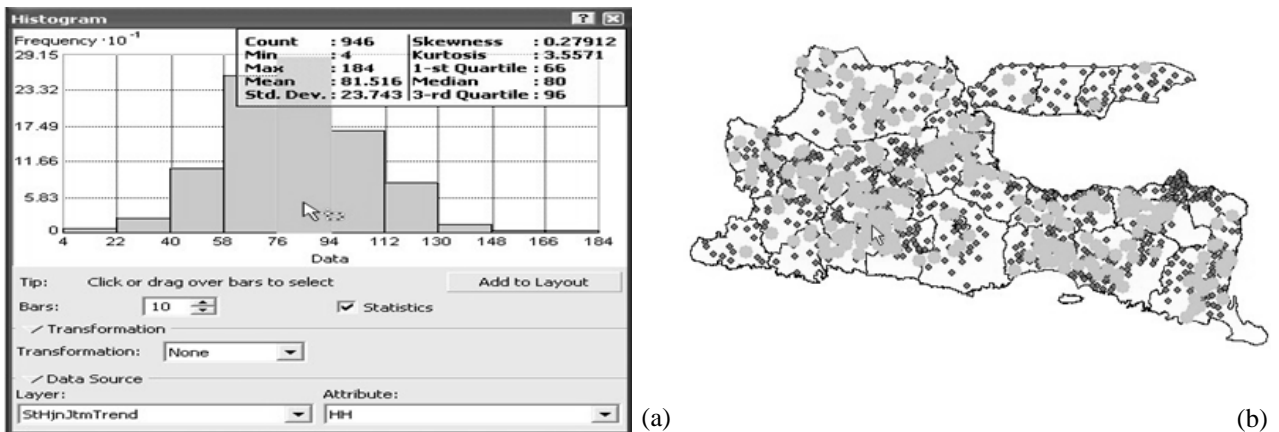


(a)



(b)

Gambar 8. Histogram menggambarkan distribusi spasial wilayah dengan nilai Hmaks: (a) antara 302 – 332 mm/hari, dan (b) antara 122 – 152 mm/hari

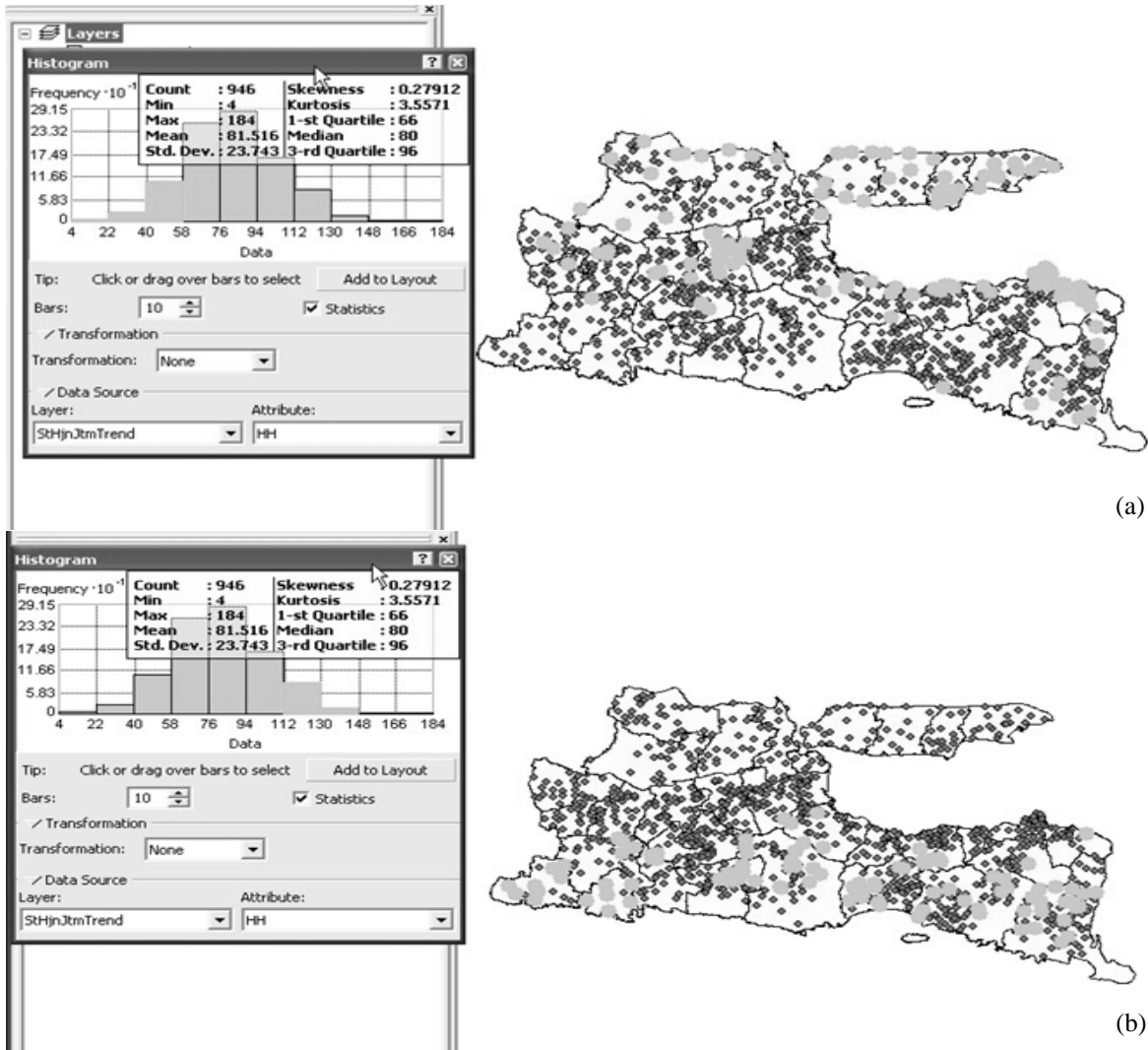


(a)



(b)

Gambar 9. Hasil analisa histogram hari hujan (HH) memperlihatkan: (a) ringkasan nilai statistik umum, (b) sebaran stasiun hujan dengan nilai hari hujan rerata antara 76 sd 84 hari (mayoritas nilai)



Gambar 10. Hasil analisa histogram HH yang menggambarkan distribusi spasial: (a) wilayah dengan nilai HH < 58 hari/tahun, dan (b) wilayah dengan nilai HH > 94 hari/tahun

3.2.1 Normal QQ-plot hujan 24jam maksimal

Gambar (11a) menampilkan *Normal QQ-Plot* untuk variabel Hmaks, terlihat bahwa grafik dan garis (*slope*) tidak berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi spasial nilai Hmaks terdistorsi dari distribusi Normal. Hal ini terlihat pada kumpulan titik-titik di bagian bawah (awal) dan atas (akhir) yang terdistorsi lebih jauh dari slope (garis miring) yang ada pada grafik tersebut. Di dalam ESDA dapat dilakukan normalisasi distribusi dengan melakukan transformasi. Gambar (11b) memperlihatkan transformasi Log untuk distribusi yang sama, sehingga distribusi lebih mendekati distribusi normal. Metode interpolasi tertentu mensyaratkan data yang berdistribusi Normal sebelum dilakukan interpolasi.

3.2.2 Normal QQ-plot hari hujan

Gambar (12), menampilkan grafik *Normal QQ-Plot* untuk variabel hari hujan (Gambar 12). Distribusi spa-

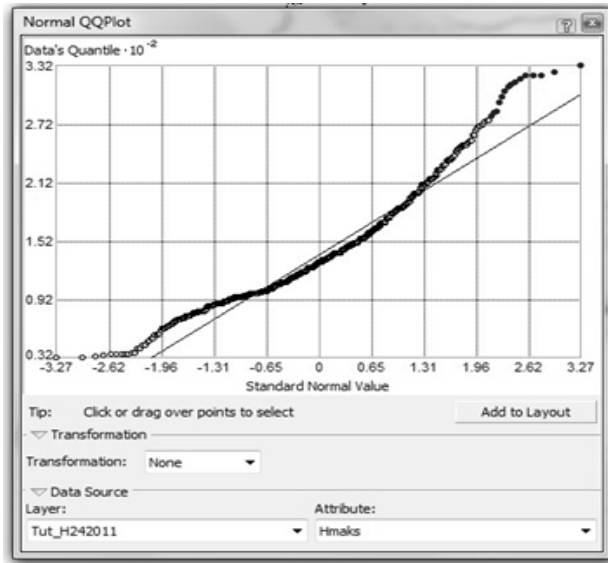
sial hari hujann menunjukkan sedikit penyimpangan terhadap distribusi Normal. Hal ini terutama teramati pada nilai ekstrim rendah dan tinggi. Titik-titik berukuran besar (Gambar 13) menunjukkan lokasi stasiun hujan yang memiliki nilai eskترم tersebut.

3.2.3 General QQ-Plot Hmaks vs Hari Hujan

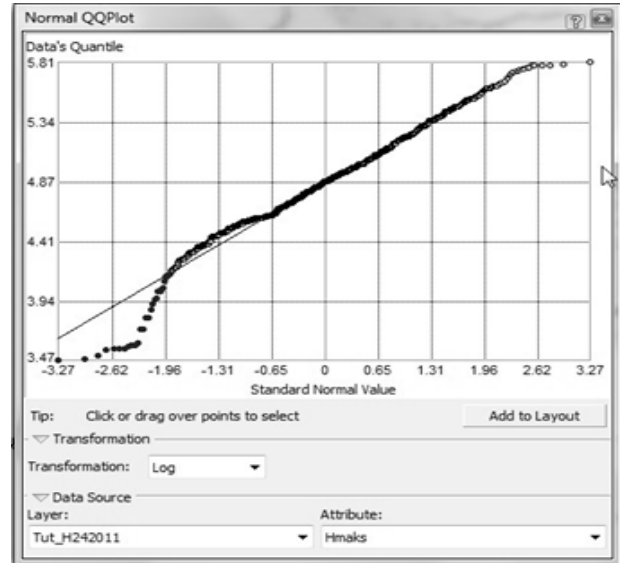
Gambar (14) memperlihatkan grafik general QQ-Plot antara variabel hujan 24jam maksimal (Hmaks) yang diplotkan terhadap variabel hari hujan (HH). Dari grafik General QQ-Plot tersebut terlihat distribusi untuk variabel "Hmaks dan HH" (grafik a). Gambar (15) menunjukkan distribusi spasial stasiun hujan dengan nilai QQ-Plot yang ekstrem (di daerah atas).

3.3 Interpolasi data

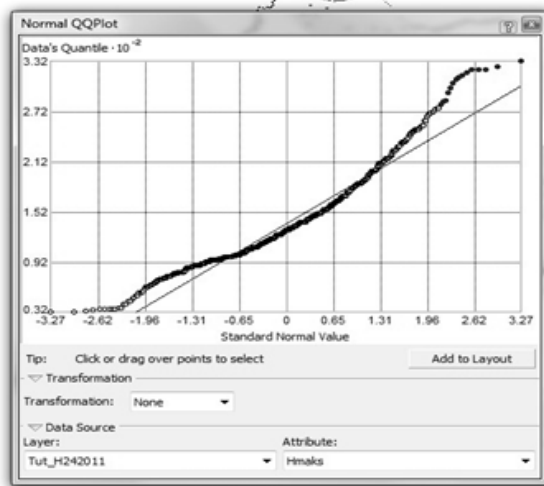
Analisa ESDA umumnya dilakukan untuk mempelajari karakteristik atau kecenderungan spasial suatu seri data. Setelah dilakukan ESDA, selanjutnya data tersebut dapat diinterpolasi menggunakan salah satu metode interpolasi untuk membuat peta tematik.



(a) Normal QQ-Plot tanpa tranformasi

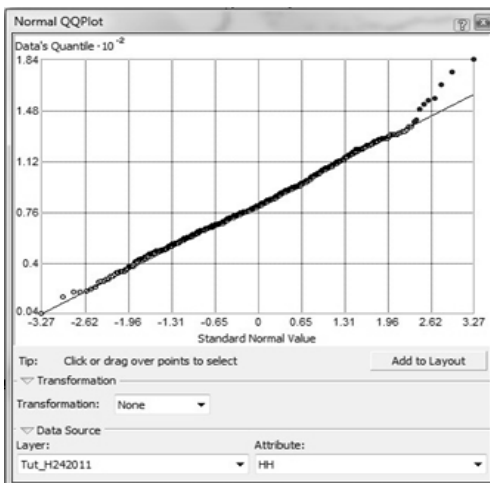


(b) Normal QQ-Plot dengan transformasi Log

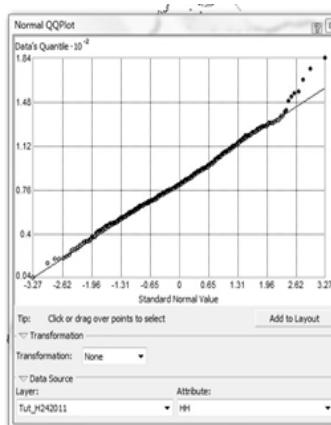


(c) Distribusi Stasiun hujan terseleksi (nilai ekstrem atau outlier)

Gambar 11. Ilustrasi Normal QQ-Plot untuk variabel Hmaks



Gambar 12. Normal QQPlot hari hujan



Gambar 13. Stasiun hujan dengan nilai HH ekstrem (maksimum)



3.3.1 Distribusi spasial Hujan 24jam maksimal

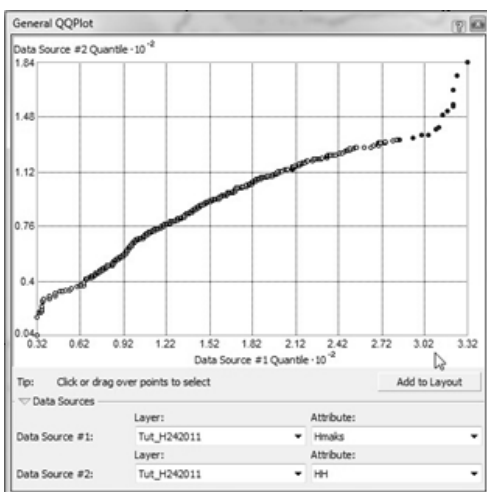
Selanjutnya, **Gambar (16)** menampilkan contoh aplikasi peta distribusi spasial hujan 24jam maksimal (Hmaks) per wilayah Kabupaten/Kota di Jawa Timur. Selanjutnya, peta sebaran hujan 24jam maksimal dapat digunakan sebagai inforlasi yang dapat menunjukkan kemungkinan besarnya hujan yang jatuh di atas wilayah tersebut dalam 1 hari.

3.3.2 Distribusi spasial Hari Hujan

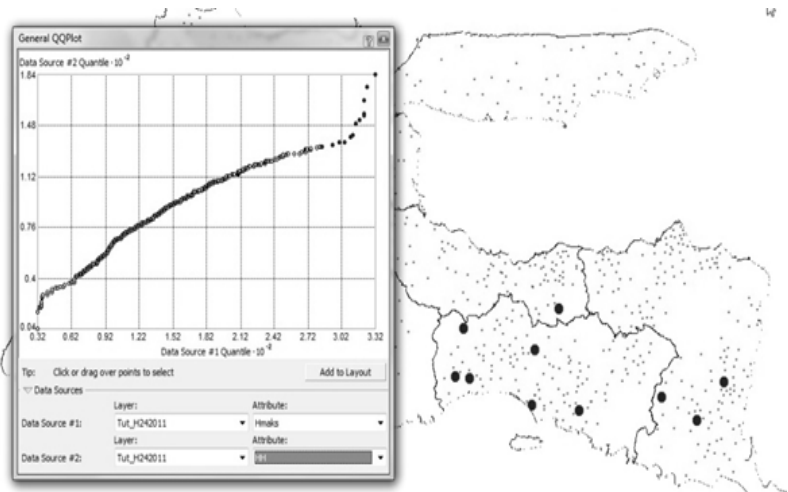
Gambar (17) menampilkan peta distribusi spasial hari hujan di Jawa Timur. Peta dibuat dengan melakukan interpolasi data hari hujan dari semua stasiun tersebut,

menggunakan metode interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW). Selanjutnya, **Gambar 18** dan **Gambar 19** (pada lampiran) menampilkan contoh aplikasi peta distribusi spasial hari hujan (HH) dan hujan 24jam maksimal per wilayah kabupaten/kota di Jawa Timur.

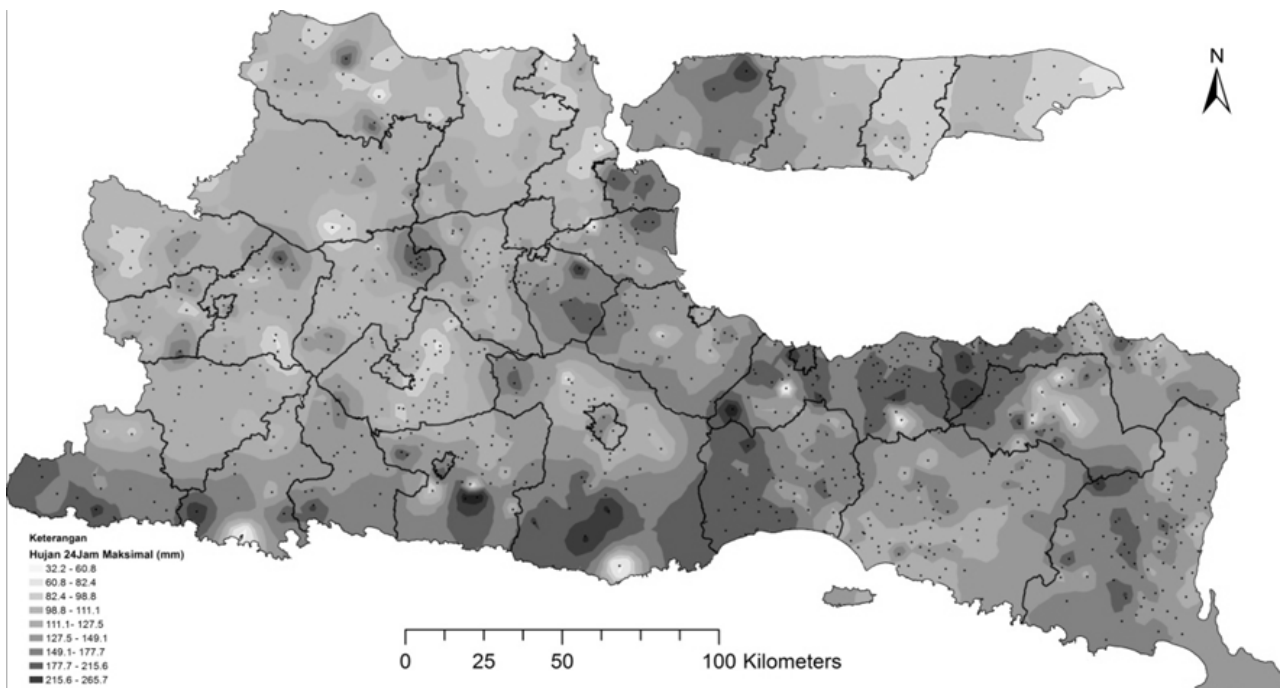
Selanjutnya peta tersebut dapat dimanfaatkan untuk perencanaan di bidang pertanian atau sumberdaya air. Misalnya, peta dapat menunjukkan daerah mana yang sering terjadi hujan dan daerah mana yang jarang hujan. Besarnya hujan yang mungkin jatuh dan berapa sering terjadinya hujan pada suatu wilayah, akan berpengaruh terhadap jenis tanaman apa yang dapat tumbuh atau sesuai untuk wilayah tersebut.



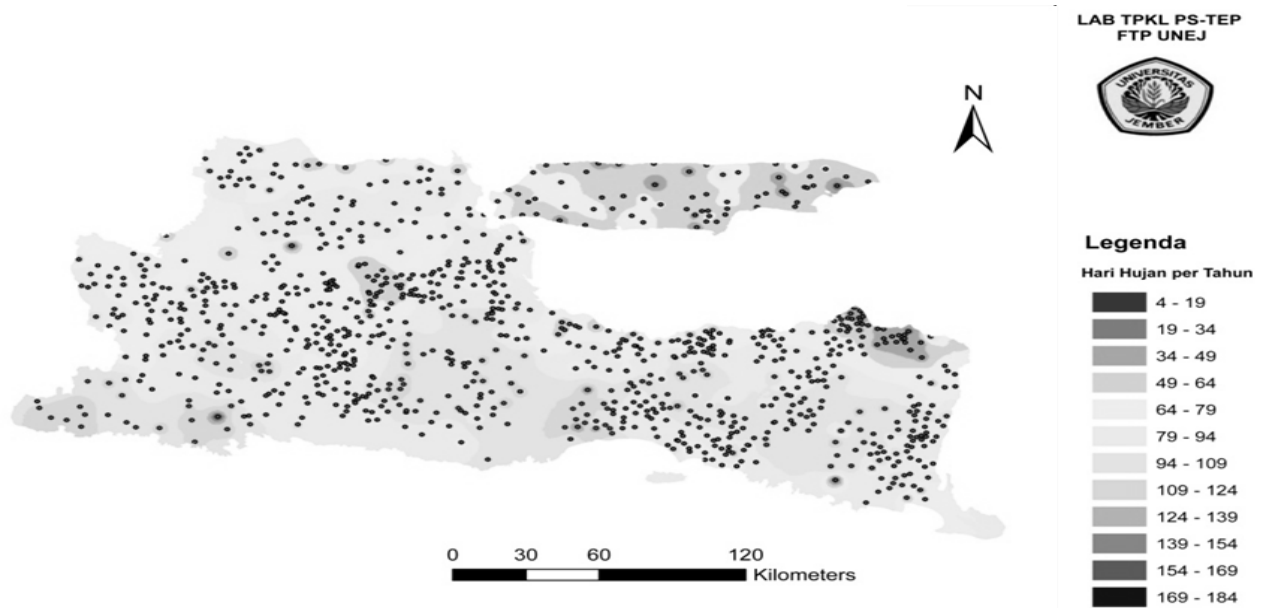
Gambar 14. General QQPlot hari hujan (HH) vs Hujan 24jam maksimal (Hmaks)



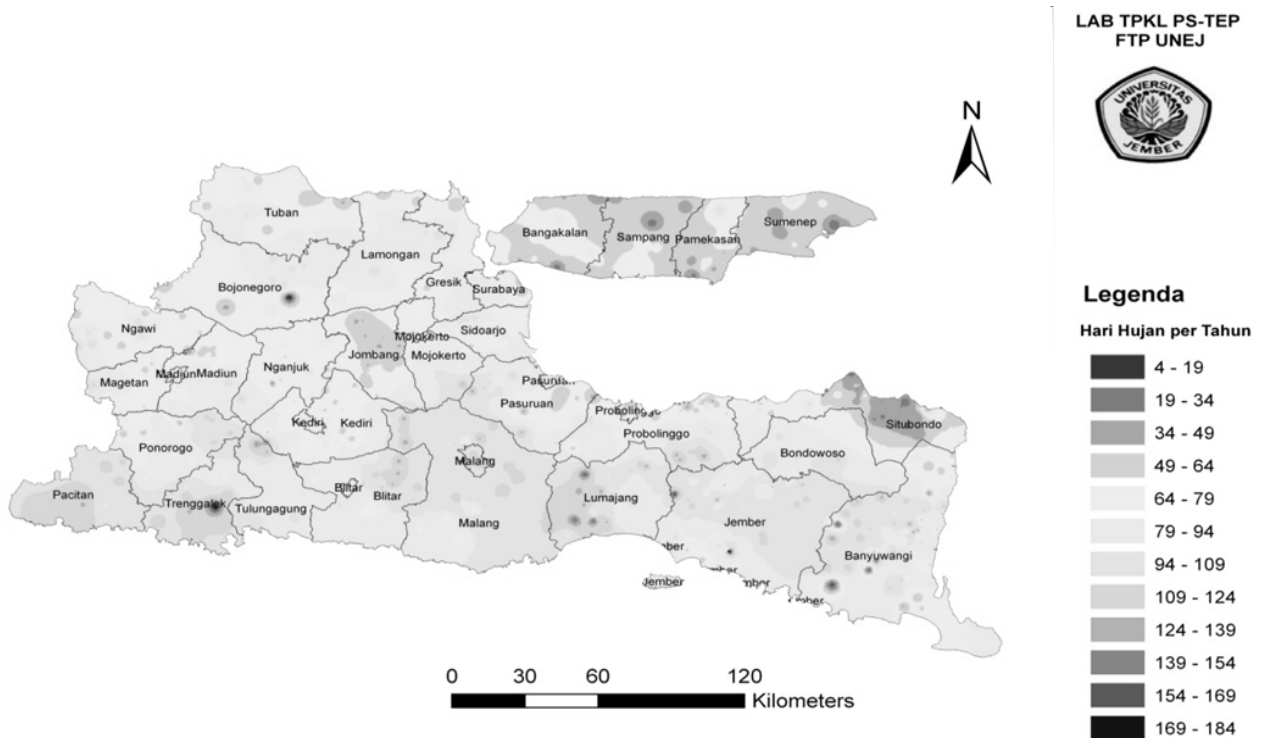
Gambar 15. Lokasi stasiun dengan nilai ekstrem (outlier)



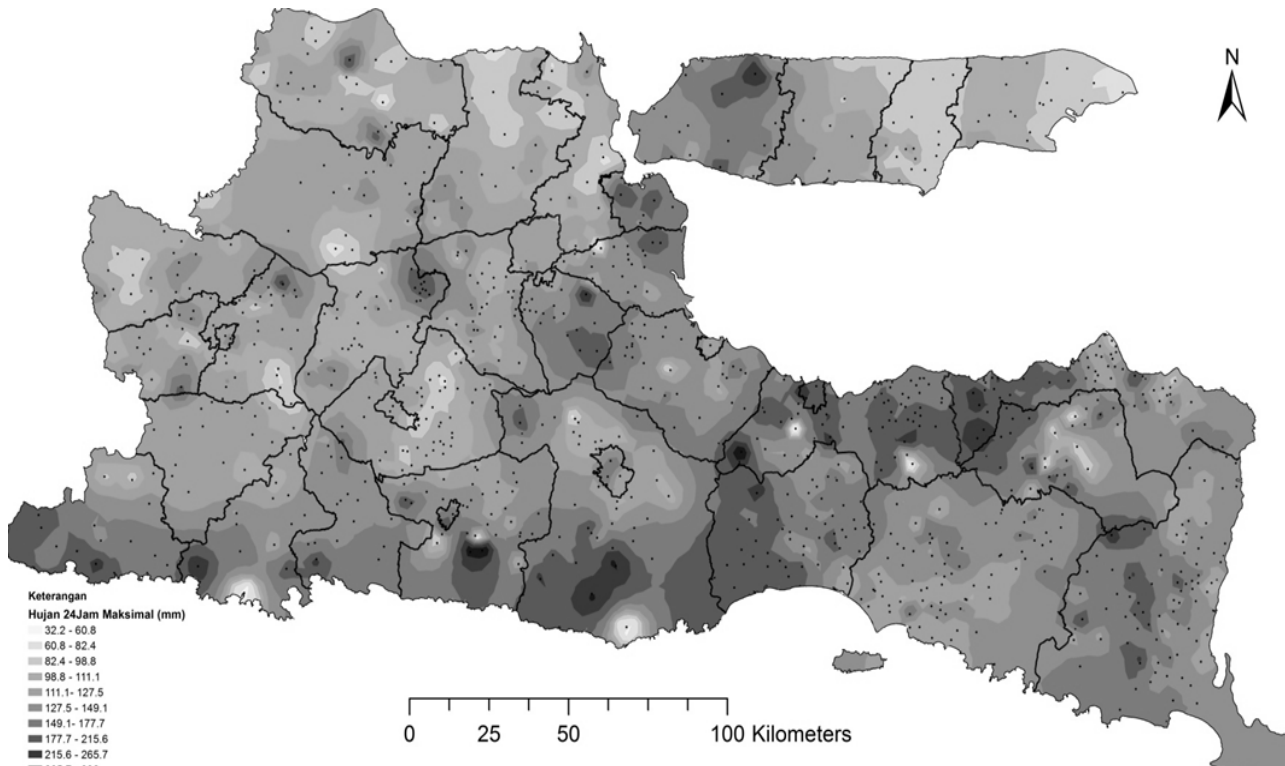
Gambar 16. Peta distribusi spasial hujan 24jam maksimal di Jawa Timur. Interpolasi menggunakan metode IDW. Titik-titik menunjukkan lokasi stasiun hujan yang digunakan untuk interpolasi data



Gambar 17. Peta distribusi spasial Hari Hujan di Jawa Timur. Interpolasi menggunakan metode IDW. Titik-titik menunjukkan lokasi stasiun hujan yang digunakan untuk interpolasi data



Gambar 18. Peta distribusi spasial Hari Hujan per wilayah kabupaten/kota di Jawa Timur. Interpolasi menggunakan metode IDW. Titik-titik menunjukkan lokasi stasiun hujan yang digunakan untuk interpolasi data



Gambar 19. Distribusi spasial hujan-24Jam-maksimal per Kabupaten/Kota di Jawa Timur. Interpolasi data menggunakan metode IDW

4. Kesimpulan

1. Hasil analisis menunjukkan adanya variabilitas spasial hujan 24jam-maksimal dan hari hujan di Jawa Timur.
2. Hujan maksimal dalam satu hari yang terjadi pada satu daerah berbeda dengan daerah lain di Jawa Timur. Demikian juga, jumlah hari hujan yang diterima oleh satu wilayah berbeda dengan wilayah lain. Hal ini menunjukkan adanya variabilitas spasial fenomena hujan harian.
3. Analisis histogram terhadap variabel Hmaks menghasilkan nilai statistik sbb: minimal = 32,2 mm; maksimal = 332 mm; rerata = 137,2 mm; median = 130 mm; standar deviasi = 50,37; koefisien skewness = 0,99; dan koefisien kurtosis = 4,3. Analisa histogram dan Normal QQ-Plot menunjukkan HH terdistribusi mendekati normal, dengan nilai minimal = 4 hari/tahun, maksimal = 184 hari/tahun; rerata = 81 hari/tahun; nilai median = 80 hari/tahun; standar deviasi = 23,74; koefisien skewness = 0,28; dan koefisien kurtosis = (3,6).
4. Penelitian juga menunjukkan aplikasi ESDA, melalui histogram dan QQ-Plot dapat menggambarkan variabilitas spasial fenomena hujan harian pada suatu wilayah dengan lebih detail.

5. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh DP2M-DIKTI, melalui program Hibah Kompetensi. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- De Smith, M.J., Goodchild, M.F., and Longley, P.A., 2007, *Geospatial Analysis. A Comprehensive Guide to principles, Techniques and Software Tools*. Matador, Leiceister, UK [www.spatialanalysisonline.com].
- Dirks, K.N, Hay, J.E., Stow, C.D., and Harris, D., 1998, *High-Resolution Studies of Rainfall on Norfolk Island: Part II: Interpolation of Rainfall Data*. *Journal of Hydrology*, Volume 208, Issues 3-4, 31 July 1998, Pages 187-193.
- Ellouze, M., Azri, C., and Abida, H., 2009, *Spatial Variability of Monthly and Annual Rainfall Data Over Southern Tunisia*. *Atmospheric Research*, Volume 93, Issue 4, August 2009, Pages 832-839.
- Goovaerts, P., 2000, Geostatistical Approaches for Incorporating Elevation Into the Spatial Interpolation of Rainfall. *Journal of Hydrology*, Volume 228, Issues 1-2, 21 February 2000, Pages 113-129.

Haberlandt, U., 2007, Geostatistical Interpolation of Hourly Precipitation from Rain Gauges and Radar for A Large-Scale Extreme Rainfall Event. *Journal of Hydrology*, Volume 332, Issues 1-2, 1 January 2007, Pages 144-157.

<https://geoda.uiuc.edu>

<http://www.satscan.org>

<http://regal.sdsu.edu/index.php/main/STARS>

Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., and Lucas, N., 2001, *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. GIS by ESRI.

Jones, P.G., and Thornton, P.K., 1999, *Fitting A Third-Order Markov Rainfall Model to Interpolated Climate Surfaces*. *Agricultural and Forest Meteorology* 97 (1999) 213–231.

Li, X., Cheng, G.D., and Lu, L., 2000, *Comparison of Spatial Interpolation Methods*. *Advances in Earth Sciences*, 15(3): 260_265.

Lupikasza, E., 2006, *Interpolation Methods for Precipitation Fields in Europe*. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8, 06493.

Moges, S.A., Alemaw, B.F., Chaoka, T.R., and Kachroo, R.K., 2007, *Rainfall Interpolation Using A Remote Sensing CCD Data in A Tropical Basin – A GIS and Geostatistical Application*. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Volume 32, Issues 15-18, Pages 976-983.

Robertson, G.P., 2008, *GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences*. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.

Szentimrey, Z.T., Bihari and Szalai, S., 2005, *Meteorological Interpolation Based on Surface Homogenized Data Basis (MISH)*. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 07310, 2005.

Wen-yuan, C., Xin-gang, D., and Hong-wu, C., 2004, A Case Study of Geostatistical Interpolation in Meteorological Fields. *Chinese Journal of Geophysics* Vol.47, no.6, 2004, pp: 1104_1112.

