

APLIKASI ESDA UNTUK STUDI VARIABILITAS SPASIAL HUJAN BULANAN DI JAWA TIMUR

Application of Exploratory Spatial Data Analysis to Study The Spatial Variability of Monthly-Rainfall in East Java Region

Indarto

Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), PS Teknik Pertanian
Universitas Negeri Jember
E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

This article expose the spatial variability of monthly-rainfall (MR) in East Java region. Monthly rainfall data were collected from 943 pluviometres spread around the regions. Spatial statistics analysed by means of ESDA (Exploratory Spatial Data Analysis) techniques available on Geostatistical Analyst extention of ArcGIS (9.3). Statistical tools exploited to analyse the data include: (1) Histogram, (2) Voronoi Map, and (3) QQ-Plot. The result show that histogram and QQ-Plot of Monthly Rainfall data are leptocurtosis. Statistical value obtained from the analysis are: minimum = 54 mm/month, average = 155,5 mm/month, maximum = 386 mm/month, and median = 150 mm/month. Other statistical value summarised are: standard deviation = 44,2 ; skewness = 0,95; dan curtosis = 5,09. Finally, monthly rainfall-maps are produced by interpolating the data using Inverse Distance Weighed (IDW) interpolation method. The research demonstrate the capability and benefit of those statistical tool to describe detailed spatial variability of rainfall.

Keywords: spatial variability, Monthly Rainfall, ESDA, East Java

ABSTRAK

Artikel memaparkan variabilitas spasial hujan-bulanan di Jawa Timur. Data hujan bulanan diperoleh dari 943 lokasi stasiun hujan yang tersebar merata di seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur. Analisa spasial dilakukan menggunakan tool ESDA (Exploratory Spatial Data Analysis) yang ada pada ArcGIS Geostatistical Analyst. Tool yang digunakan mencakup: Histogram, Voronoi Map, QQ-Plot dan Trend Analysis. Hasil analisa menunjukkan histogram dan normal QQPlot untuk hujan bulanan relatif condong ke kanan dibandingkan dengan distribusi normal. Nilai statistik hujan bulanan yang diperoleh, minimal = 54 mm/bulan, maksimal = 386 mm/bulan, rerata dari seluruh stasiun untuk semua periode = 155,5 mm/bulan, dan nilai median = 150 mm/bulan. Histogram juga menampilkan nilai standar deviasi = 44,2; koefisien skewness = 0,95; dan koefisien curtosis sebesar (5,09). Selanjutnya, peta hujan bulanan diproduksi dengan menginterpolasi data hujan tersebut menggunakan metode interpolasi IDW. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi: histogram, Voronoi Map, QQPlot dan interpolasi IDW dapat menggambarkan variabilitas spasial hujan pada suatu wilayah lebih detail.

Kata kunci: variabilitas spasial, hujan bulanan, ESDA, Jawa Timur

PENDAHULUAN

Hujan merupakan bagian dari daur hidrologi yang banyak berpengaruh terhadap kehidupan termasuk kejadian bencana (Anna, Suharjo, dan Cholil, 2011). Fenomena hujan bervariasi sebagai fungsi ruang (variabilitas Spasial) dan waktu (variabilitas temporal). Variabilitas temporal hujan dapat diamati dan dideskripsikan dengan melakukan analisa rentang waktu (*time series analysis*) terhadap suatu seri data hujan dengan periode rekaman yang memadai.

Variabilitas spasial hujan umumnya digambarkan dalam suatu peta yang menggambarkan distribusi hujan per sub-wilayah. Variabilitas spasial hujan dapat dideskripsikan dengan melakukan analisa spasial. Ada banyak metode terkait dengan pengolahan data yang bervariasi terhadap ruang secara statistik. Salah satu-nya adalah teknik yang dikenal sebagai ESDA (*Exploratory Spatial Data Analysis*). Konsep ESDA merupakan pengembangan dari EDA (*Exploratory Data Analysis*).

EDA dan ESDA pada prinsipnya sama-sama merupakan analisa statistik. Perbedaannya, pada ESDA/ESTDA nilai dan visualisasi statistik terintegrasi dengan nilai dan visualisasi peta yang dianalisa. Perangkat lunak EDA umumnya tidak menyediakan alat untuk visualisasi data secara spasial. Sementara, teknik ESDA dapat digunakan untuk menganalisa data dalam berbagai cara (sudut pandang). Sebelum membentuk luasan, ESDA memungkinkan kita untuk memahami lebih mendalam fenomena yang sedang kita analisa, sehingga keputusan yang kita ambil terkait dengan data, dapat lebih tepat.

Ada berbagai analisa statistik di dalam konsep ESDA. Misalnya, ESDA dapat digunakan untuk memplotkan distribusi data, melihat kecenderungan global dan lokal, mengevaluasi autokorelasi spasial (*spasial autocorrelation*), memahami covarian diantara beberapa seri data (de Smith *et.al.*, 2007).

Analisa paling sederhana di dalam EDA adalah membuat ringkasan nilai statistik dari suatu seri data atau dalam konteks data spasial (ESDA) adalah 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 *explicit* perspektif spasial dari suatu set-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 (*user defined*) melalui grafik. Teknik yang ke dua disebut "brushing", dan umumnya mensyaratkan pemilihan sejumlah objek (mis, titik) dari tampilan layar monitor dengan luasan tertentu (mis: rectangular shape) (de Smith et al., 2007).

Fasilitas seperti tersebut di atas telah diimplementasikan pada banyak perangkat lunak misalnya: *ArcGIS Geostatistical Analyst* (Johnston, K et al., 2001), *GeoDa* (<https://geoda.uiuc.edu>), *GS⁺*TM (Robertson, 2008), *SatScan* (<http://www.satscan.org>), dan *STARS* (<http://regal.sdsu.edu/index.php/main/STARS>).

Teknik ESDA dapat digunakan untuk lebih memahami bagaimana data terdistribusi secara spasial dan telah dipergunakan pada berbagai bidang kehidupan, misalnya: analisis kebijakan publik, pemasaran, ilmu sosial, epidemiologi, dan geologi. Contoh manfaat ESDA dalam bidang geologi misalnya, ahli geologi pertambangan menganalisis sejumlah titik ekstraksi untuk menyimpulkan daerah baru yang berpotensi kaya minyak, gas, atau mineral menggunakan tool yang disebut sebagai Geostatistik. Pada kasus Epidemiologi,

misalnya, ESDA digunakan untuk memprediksi seberapa jauh resiko yang ditanggung oleh orang yang tinggal berdekatan dengan instalasi Nuklir. Dalam hal ini, analisa statistik dapat dilakukan dengan membandingkan antara lain distribusi penyakit kanker vs jarak dari sumber radiasi. Selanjutnya overlay informasi dapat memberikan hasil yang memadai (Lowe, 2008).

Artikel ini memaparkan aplikasi ESDA untuk mendeskripsikan variabilitas spasial suatu fenomena. Fenomena dalam hal ini adalah hujan bulanan. Analisa ESDA dilakukan dengan memanfaatkan *ArcGIS Geostatistical Analyst Extension*. Tool yang digunakan mencakup: (1) *Histogram*, (2) *Voronoi Map* dan (3) *QQPlot*. Hasil analisa ESDA diharapkan dapat memberikan informasi tentang variabilitas spasial hujan di wilayah Jawa Timur, kecenderungan, dan distribusi hujan per sub-wilayah.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di seluruh wilayah provinsi Jawa Timur. Data hujan yang digunakan dalam penelitian berasal dari 943 alat ukur (penakar hujan/pluviometri/gelas ukur) yang ada di seluruh wilayah Jawa Timur. Data diperoleh dari Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur, melalui ke Sembilan (9) UPT PSAWS yang ada.

Lokasi alat ukur tersebut terdistribusi merata ke dalam (9) wilayah UPT PSAWS.

Input Data

Data hujan yang digunakan adalah hujan bulanan. Hujan rerata bulanan diperoleh dari data hujan setiap bulan selama periode 2 sampai 48 tahun. Karena analisa ini lebih fokus pada variabilitas spasial, maka masalah periode yang berbeda dianggap

sudah mewakili satu rentang waktu. Sebaliknya, analisa lebih mementingkan distribusi lokasi dan jumlah stasiun hujan. Dari data tiap lokasi tersebut selanjutnya didapatkan nilai hujan rerata untuk bulan Januari sampai dengan bulan Desember.

Pada kasus ini, hujan rerata bulanan ditentukan dari jumlah hujan rerata Januari sd Desember dibagi 12. Penentuan hujan rerata bulan semacam ini dimaksudkan untuk mendapatkan satu data (ringkasan dari 12 bulan) yang dapat digunakan untuk mengukur variabilitas antar stasiun. Hujan rerata per bulan tetap dianalisa untuk menunjukkan perubahan variabilitas spasial hujan tiap bulannya.

Format Data

Data hujan selanjutnya direkam dalam tabel EXCEL. Identifikasi untuk tiap kolom dalam tabel tersebut adalah sebagai berikut: kolom ke 1 adalah: ID (No urut identifikasi); kolom ke 2 = Dtbs (kode stasiun hujan di dalam database); kolom ke 3 = mT (Meter Timur) atau koordinat (x) untuk sistem proyeksi UTM Zone 49S WGS84; kolom ke 4 = mU (Meter Utara) atau koordinat (y); kolom ke 5 = El(m) yang menunjukkan ketinggian lokasi stasiun hujan (satuan meter); kolom ke 6 = Pr(tahun) mewakili periode rekaman data (satuan tahunan); kolom ke 7-18= h-jan, h-feb, h-mar, h-apr, dst sd h-des menunjukkan nilai rerata hujan pada setiap bulan.

Semua data asalnya adalah dari pengukuran hujan harian yang dilakukan oleh para pengamat stasiun hujan yang ada di seluruh wilayah Jawa Timur dan dikoordinasikan oleh Dinas PU Pengairan Jawa Timur. Data tersebut diperoleh dari Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur.

Analisa ESDA

Analisa menggunakan tool statistik yang ada pada: *ArcGIS Geostatistical Analysis*.

Setelah data terformat dan dapat diintegrasikan dengan database ArcGIS (gambar 1), dilanjutkan dengan melakukan analisa ESDA melalui sub-menu *ExplorData*. Selanjutnya, dilakukan analisa: (1) *Histogram*, (2) *Voronoi Map* dan (3) *QQPlot*.

Finalisasi pembuatan peta hujan bulanan dilakukan dengan interpolasi data titik menjadi data luasan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* yang tersedia pada tool yang sama. Dalam kasus ini, dipilih metode interpolasi menggunakan IDW dengan asumsi bahwa semakin dekat jarak antara dua titik stasiun hujan, semakin berkorelasi data hujan yang ada pada ke dua stasiun tersebut.

Hasil akhir analisa adalah peta distribusi spasial hujan rerata tiap bulan dan hujan rerata bulanan untuk seluruh wilayah Jawa Timur.

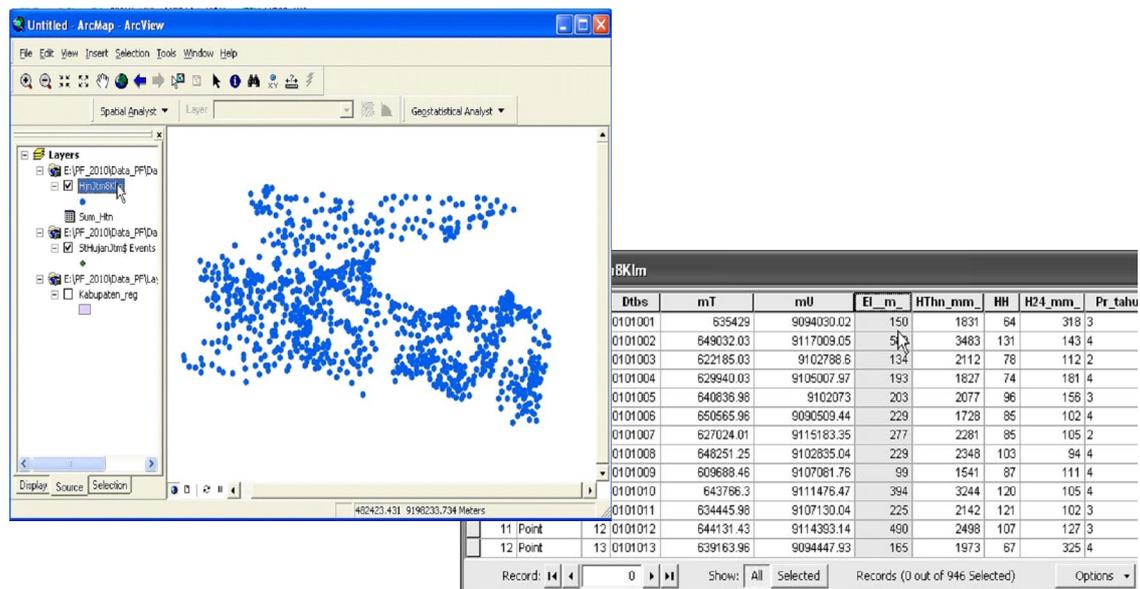
Tahap analisa mengikuti prosedur yang ada di dalam *ArcGIS Geostatistical Analyst*. Pada artikel ini hanya dibahas hasil analisa menggunakan: Histogram, Voronoi Map, Normal QQ-Plot dan General QQ-Plot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Histogram

Histogram menampilkan distribusi frekuensi data dan menghitung nilai statistik utama. 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.

Distribusi frekuensi juga dicirikan oleh bentuk (*shape*), yang ditunjukkan oleh kemencengan (*coefficient of skewness*) dan *kurtosis*. *Skewness* mengukur tingkat simetri



Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Integrasi Data ke Dalam Database ArcGIS

dari suatu distribusi. Distribusi frekuensi yang simetri (kiri dan kanan relatif seimbang), dikatakan memiliki nilai *skewness* = 0. Distribusi frekuensi dengan nilai *skewness positif* berarti condong ke kanan dan lebih banyak mempunyai nilai besar (Johnston *et al.*, 2001).

Gambar 2, mengilustrasikan peran SD dan *variance* untuk menggambarkan sebaran data. Kurva merah (pada Gambar 2) menunjukkan suatu distribusi dengan nilai SD dan *variance* yang relatif kecil (bentuk kurva distribusi lebih runcing). Sedangkan kurva hitam menghasilkan nilai SD dan *variance* relatif besar dan bentuk kurva distribusi lebih tumpul (Johnston *et al.*, 2001).

Sebaliknya, distribusi dengan nilai *skewness negatif* (Gambar 3) disebut sebagai condong ke kiri dan lebih banyak terdiri dari nilai-nilai kecil.

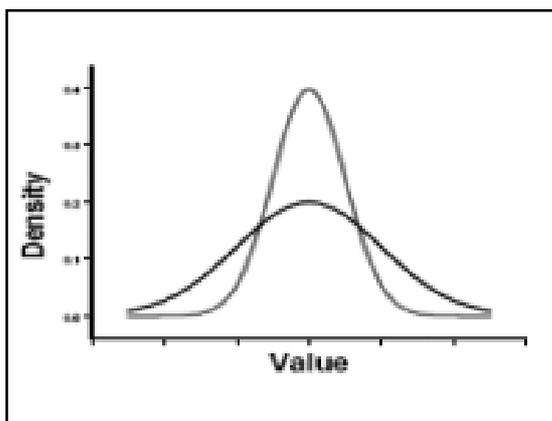
Kurtosis didasarkan pada bentuk dan ukuran distribusi. Kurtosis menjelaskan bagaimana suatu distribusi akan menghasilkan nilai ekstrem (*outliers*). Kurtosis untuk distribusi normal = 3. Distribusi dengan bentuk relatif tebal disebut *Leptokurtosis*, dimana nilai kurtosis lebih besar dari 3. Distribusi

dengan bentuk relatif kurus disebut *platykurtosis* dengan nilai kurtosis kurang dari 3 (Johnston *et al.*, 2001).

Sebagai contoh, Gambar 4 menampilkan histogram hujan-rerata-bulanan (HRB) hasil analisa ESDA. Gambar 4a menunjukkan ringkasan nilai statistik. Selanjutnya, diperoleh nilai HRB minimal = 53,9 mm/bulan dan maksimal = 386,08 mm/bulan. Sedangkan, nilai mean dari seluruh stasiun untuk semua periode adalah 155,5 mm/bulan dan nilai median = 150 mm/bulan.

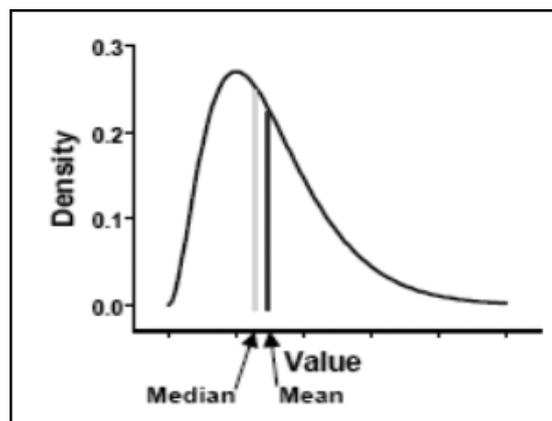
Nilai Standar Deviasi (SD) = 44,2, hal ini menunjukkan sebaran data yang relatif tidak merata ke semua skala (mengumpul di sekitar nilai rerata) dan menghasilkan bentuk grafik yang relatif runcing.

Histogram HRB (Gambar 4a) tergolong menceng ke kanan atau menceng ke arah positif, dengan nilai koefisien skewness = 0,95. Hal ini juga diperkuat oleh nilai rerata (*mean*) yang lebih tinggi dari nilai median-nya. Gambar 6a memperlihatkan distribusi hujan rerata bulanan dengan nilai kurtosis = 5,09 yang menunjukkan distribusi *leptokurtosis* (*thick-tailed*).



Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Efek Nilai SD dan Variance terhadap Bentuk Grafik Distribusi



Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Histogram dengan Skewness Negatif

Selanjutnya, Gambar 4b menampilkan stasiun hujan dengan nilai HRB antara: 119 sd 153 mm/bulan. Lokasi alat ukur tersebut relatif tersebar merata ke seluruh wilayah (merupakan mayoritas nilai hujan rerata bulanan). Selanjutnya, Histogram untuk menggambarkan variabilitas spasial hujan tiap bulannya (Januari sd Desember) dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Gambar (5) memperlihatkan distribusi stasiun dengan berbagai nilai HRB. Gambar (5a) memperlihatkan distribusi stasiun hujan dengan nilai HRB antara 53 sd 119 mm/bulan. Terlihat bahwa wilayah dengan nilai HRB rendah (<119 mm/bulan) tersebut meliputi sebagian besar wilayah Pantura Jawa Timur, wilayah tengah (Jombang, Nganjuk, Madiun, Bojonegoro, Ngawi) dan sebagian kecil Wilayah Pantai Selatan bagian timur (Jember & Lumajang).

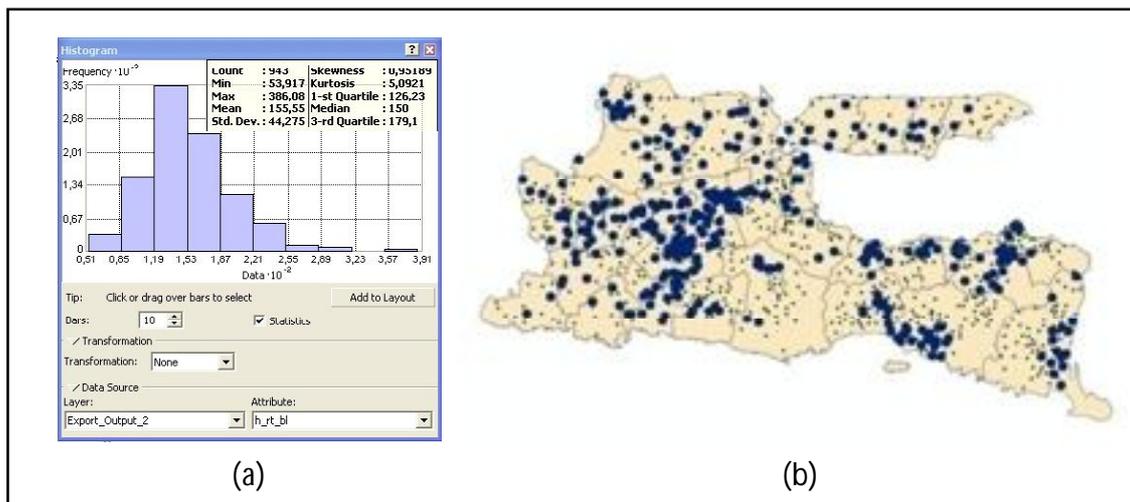
Gambar (5b) memperlihatkan distribusi stasiun hujan dengan nilai HRB >153 mm/bulan. Stasiun-stasiun tersebut lokasinya relatif tersebar merata ke seluruh wilayah, kecuali daerah Tuban, Lamongan, Gresik, dan Madura.

Gambar (5c) memperlihatkan distribusi spasial stasiun hujan dengan nilai HRB lebih dari 255 mm/bulan, yang terdistribusi hanya pada beberapa stasiun di wilayah Jawa Timur.

Voronoi Map

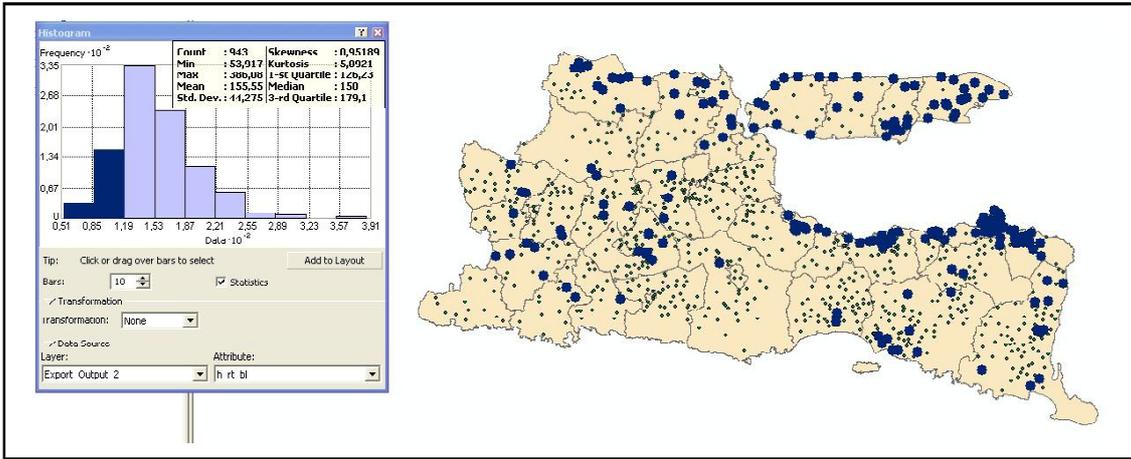
Voronoi map dibuat dari suatu seri poligon yang dibentuk mengelilingi tiap titik pengukuran. Poligon dibuat sedemikian rupa sehingga setiap lokasi di dalam poligon lebih dekat terhadap sampel titik tersebut, jika dibandingkan jaraknya terhadap titik lainnya. Setelah suatu poligon terbentuk, maka poligon-tetangga (*neighbors*), didefinisikan sebagai semua poligon yang mengelilingi titik-titik sampel di sekitarnya dan berbatasan langsung dengan poligon yang dimaksud.

Dengan menggunakan konsep semacam ini, maka beberapa nilai statistik lokal dapat dihitung. Selanjutnya, cara perhitungan semacam ini diulangi untuk semua poligon dan poligon tetangga (*neighbors*), seri warna menunjukkan nilai-relatif rerata lokal

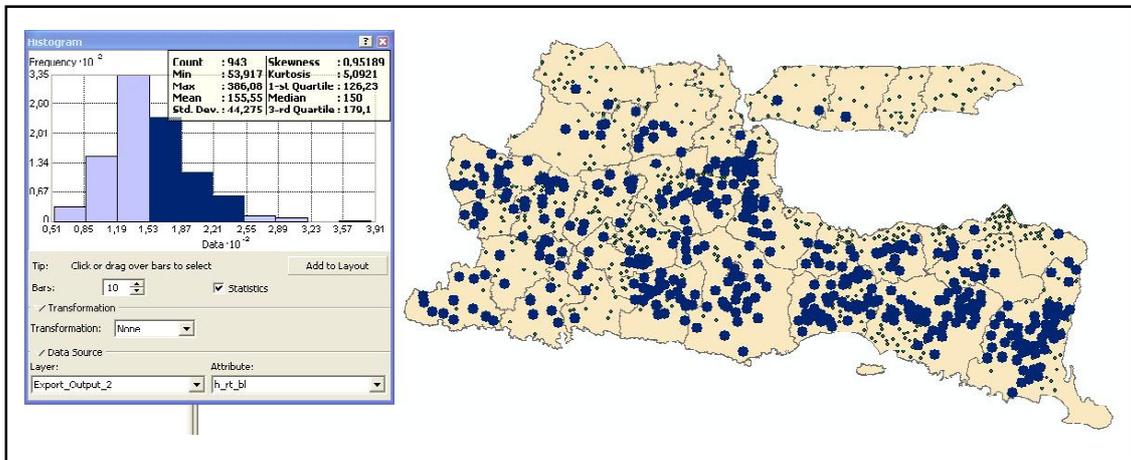


Sumber: hasil analisis

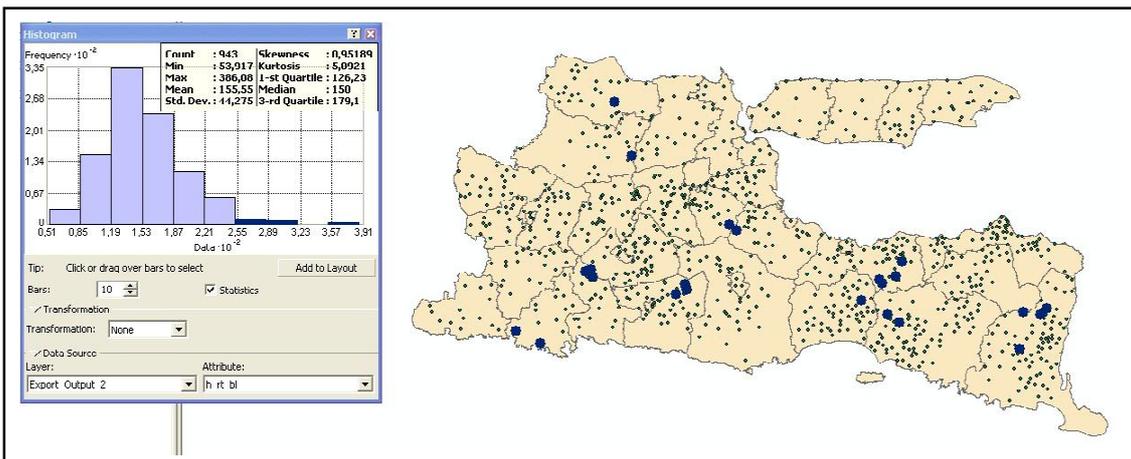
Gambar 4. Hasil Analisa Histogram Hujan Rerata Bulanan (HRB) memperlihatkan: (a) ringkasan nilai statistik umum, (b) sebaran stasiun hujan dengan nilai hujan rerata bulanan antara 119 sd 153 mm/bulan (mayoritas nilai)



(a)



(b)



(c)

Sumber: hasil analisis

Gambar 5. Hasil analisa histogram HRB yang menggambarkan distribusi spasial: (a) wilayah dengan nilai HRB < 119 mm/bulan, (b) wilayah dengan nilai HRB > 153 mm/bulan, dan (c) wilayah dengan nilai HRB > 255 mm/bulan

tersebut, yang selanjutnya dapat menggambarkan daerah dengan nilai rerata tinggi atau rendah.

Voronoi Mapping Tool (VMT) di dalam *ArcGIS Geostatistical Analyst* menyediakan berbagai metode untuk penentuan dan perhitungan nilai polygon. Voronoi statistik digunakan untuk berbagai keperluan dan pada prinsipnya dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori:

- Local Smoothing : Mean, Mode, Median
- Local Variation : Standard Deviation, Interquartile range, Entropy
- Local Outliers : Cluster
- Local Influence : Simple

QQ-Plot

QQPlots membandingkan kuantile dari dua distribusi dalam satu grafik. Ada dua jenis: **Normal QQPlot** dan **General QQPlot**.

Pada Normal QQPlot kuantile dari suatu seri-data dibandingkan dengan kuantile dari distribusi normal. Normal QQ-Plot dibuat dengan memplotkan nilai data terhadap nilai standard distribusi normal. Jika ke dua grafik mirip/identik, maka seri-data tersebut dapat diasumsikan memiliki distribusi normal. General QQPlot digunakan untuk mengukur similaritas distribusi dari dua seri-data. General QQPlot dibuat dengan memplotkan distribusi kumulatif nilai data dari dua seri-data tersebut (Johnston *et.al.*, 2001).

Gambar 6, menampilkan grafik Normal QQ-Plot untuk HRB. Terlihat adanya sedikit penyimpangan dari distribusi normal, terutama pada nilai ekstrim rendah dan tinggi.

Titik-titik berwarna biru (Gambar 7) menunjukkan lokasi stasiun hujan yang terseleksi (yang menunjukkan penyimpangan dari distribusi normal).

Intepolasi Data

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

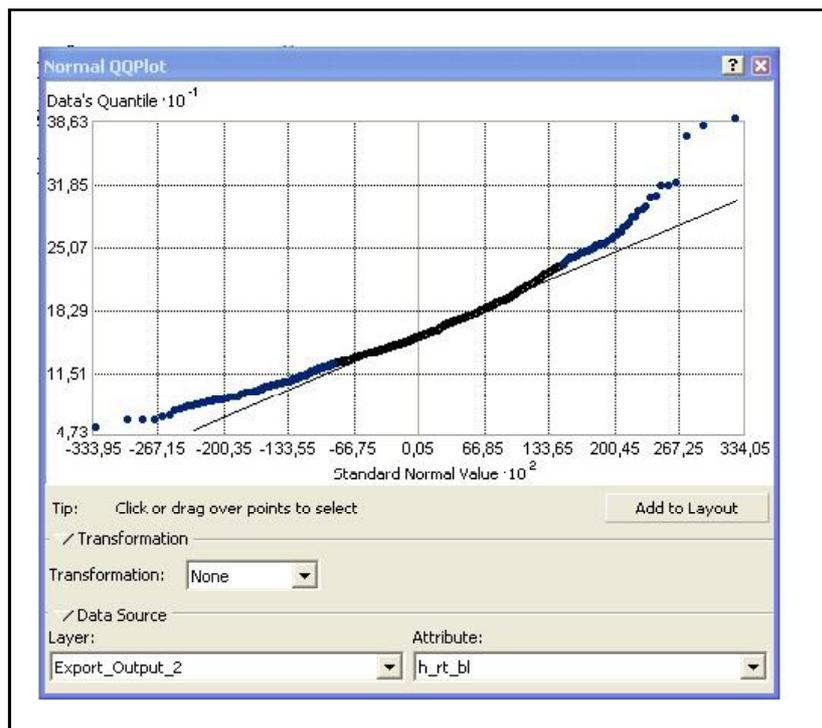
Gambar 8 sd 19 menampilkan peta distribusi spasial HRB di Jawa Timur. Peta dibuat dengan melakukan interpolasi data dari semua stasiun tersebut, menggunakan metode Interpolasi Inverse Distance Weigthing (IDW).

Gambar 8 menunjukkan awal musim penghujan jatuh pada bulan oktober, dan hanya terjadi pada beberapa wilayah bagian timur dari Jawa Timur, terutama pantai selatan (Banyuwangi, sebagian kecil Lumajang dan Jember). Hal ini ditandai dengan bagian peta yang berwarna biru. Selanjutnya, warna biru pada peta tersebut menjalar ke berbagai wilayah mulai bulan November (Gambar 9).

Puncak musim penghujan terjadi pada bulan Desember sd Februari, hal ini ditandai dengan intensitas hujan yang semakin merata di seluruh wilayah jatim, yang ditunjukkan oleh semakin meluasnya daerah berwarna biru muda dan biru tua pada peta (Gambar 10 sd 12). Musim hujan masih terasa pada beberapa wilayah sampai dengan bulan Maret.

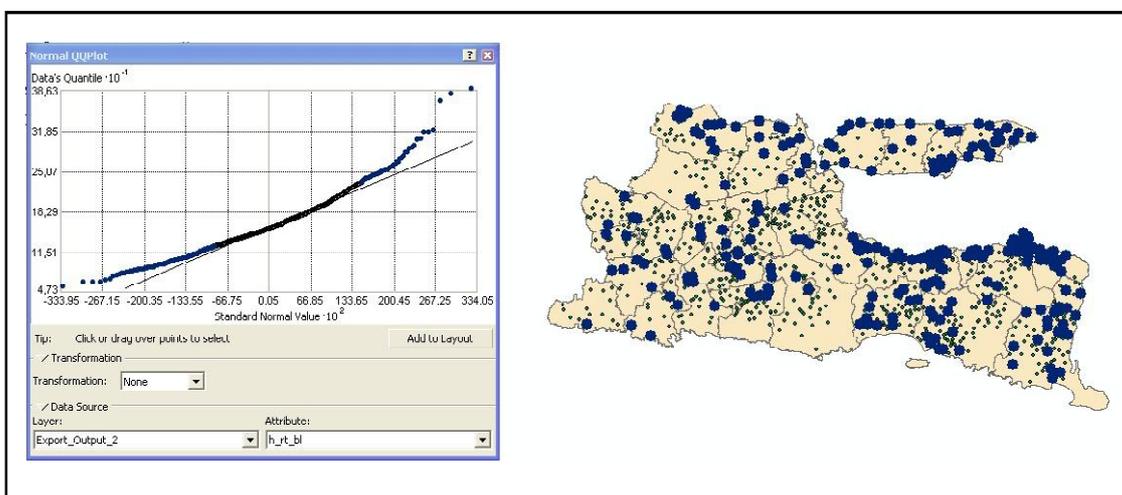
Transisi antara musim penghujan ke musim kemarau dimulai pada bulan April, dimana hujan yang jatuh mulai berkurang di sebagian besar wilayah Jawa Timur (< 200 mm/bulan). Pada bulan ini hanya sebagian kecil saja (di wilayah pegunungan) yang masih menerima hujan > 200 mm/bulan.

Musim kemarau dimulai pada bulan Mei, dimana > 60% wilayah di Jawa Timur menerima hujan < 100mm/bulan (Gambar 15). Puncak musim kemarau berlangsung antara bulan juni sd september, dimana



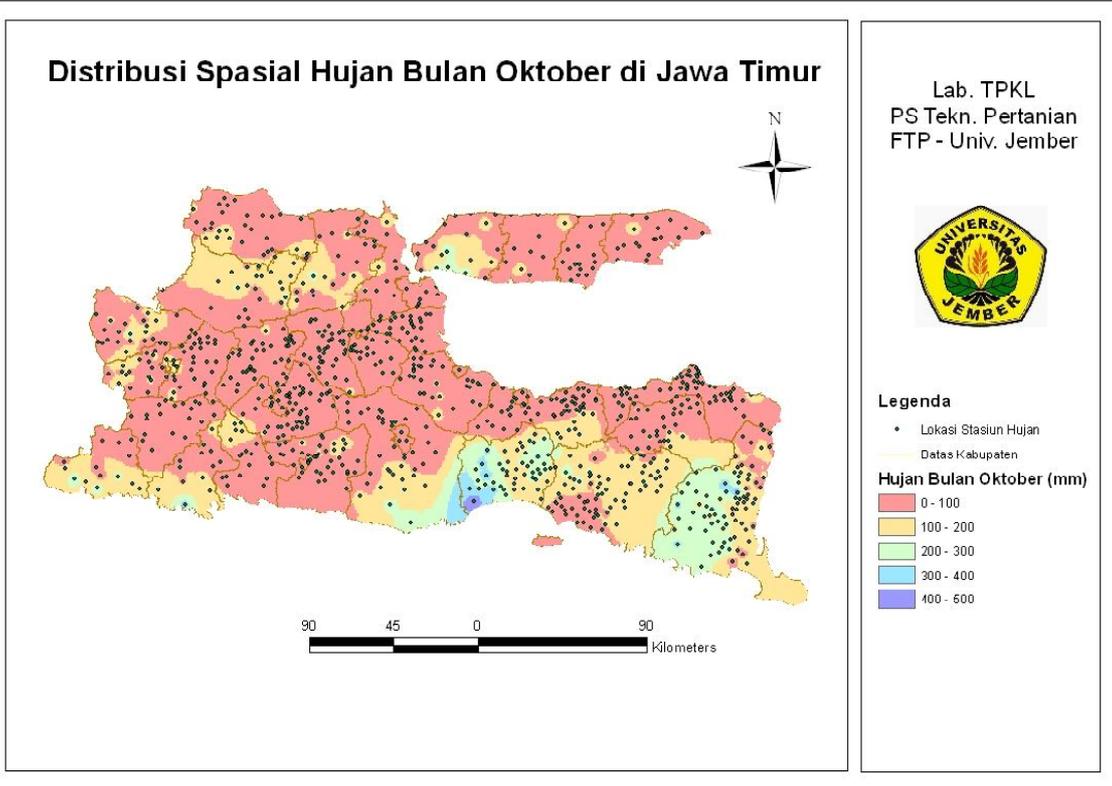
Sumber: hasil analisis

Gambar 6. Normal Q-QPlot Hujan Rerata Bulanan



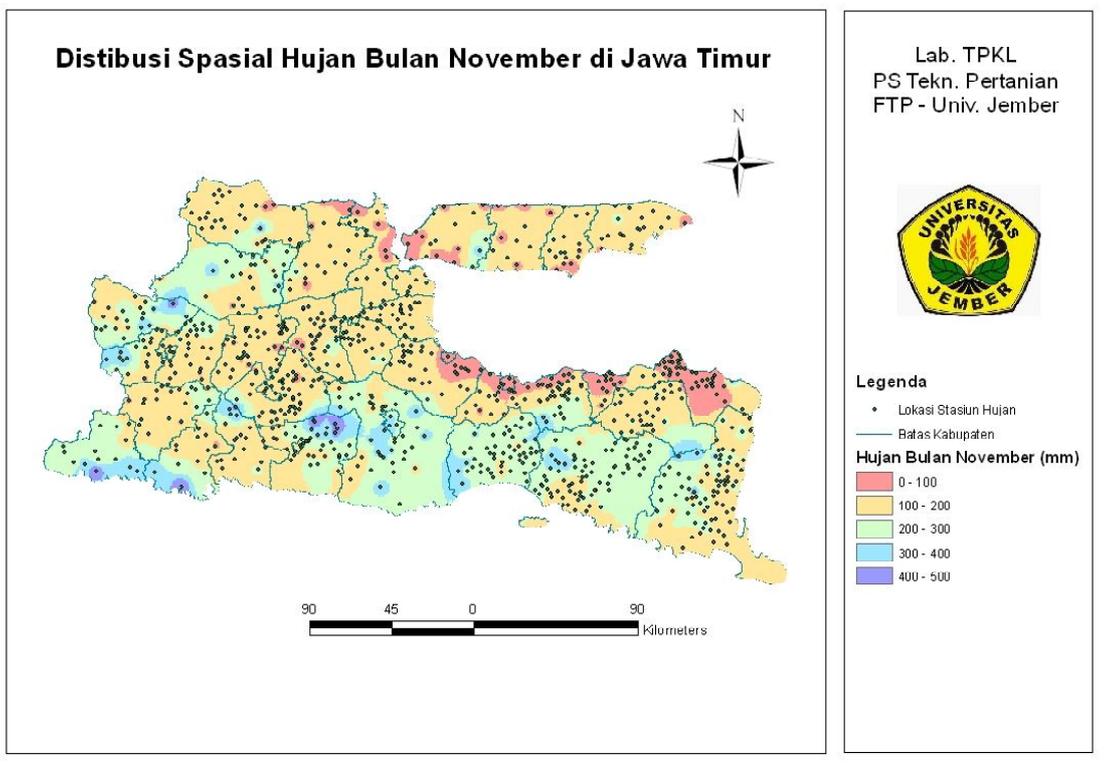
Sumber: hasil analisis

Gambar 7. Distribusi Spasial Stasiun Hujan dengan Nilai HRB Maksimum dan Minimum



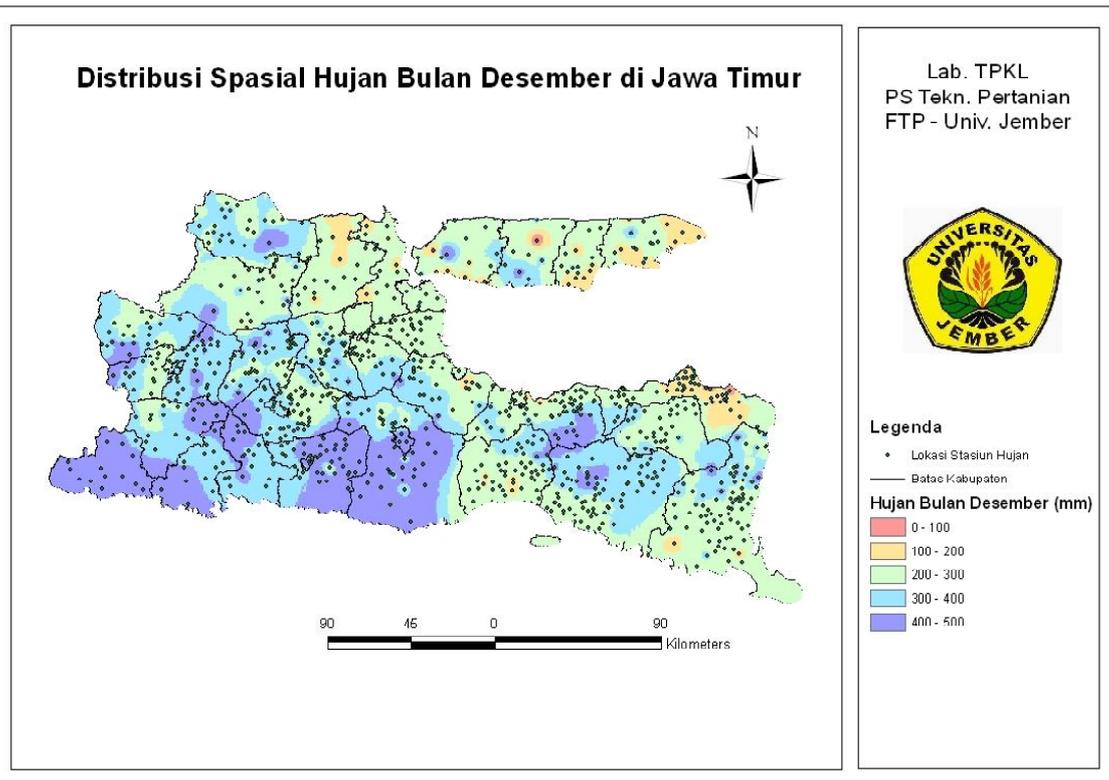
Sumber: hasil analisis

Gambar 8. HRB Oktober



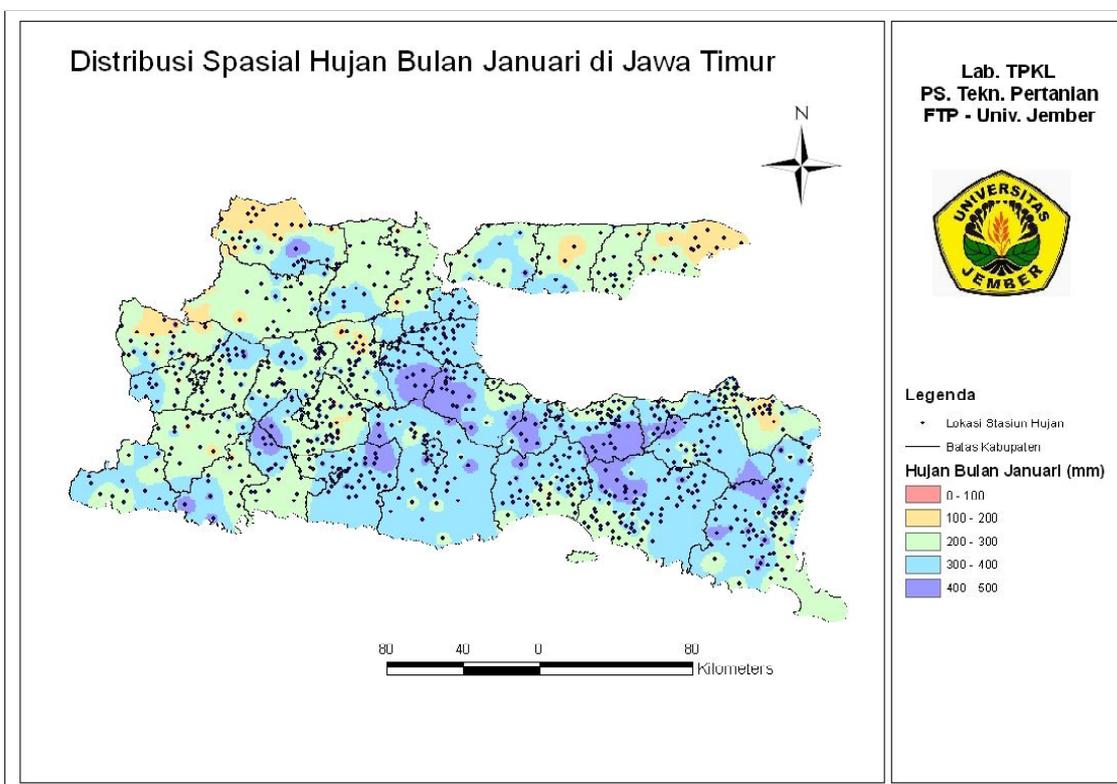
Sumber: hasil analisis

Gambar 9. HRB November



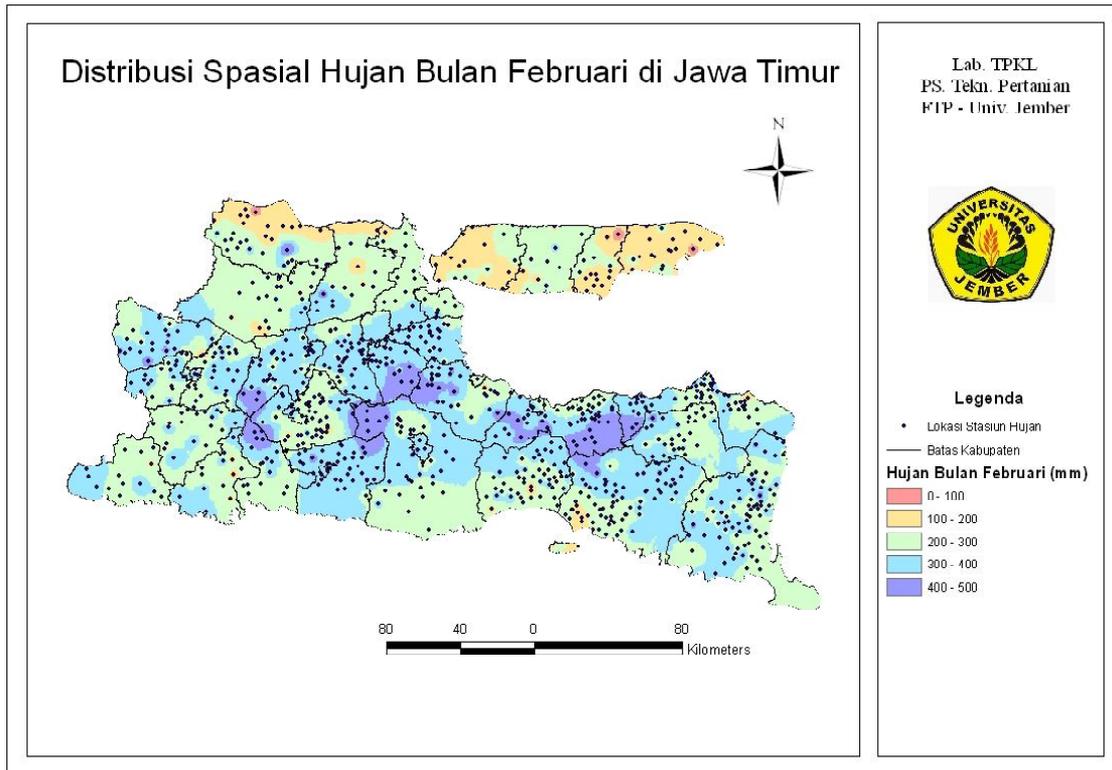
Sumber: hasil analisis

Gambar 10. HRB Desember



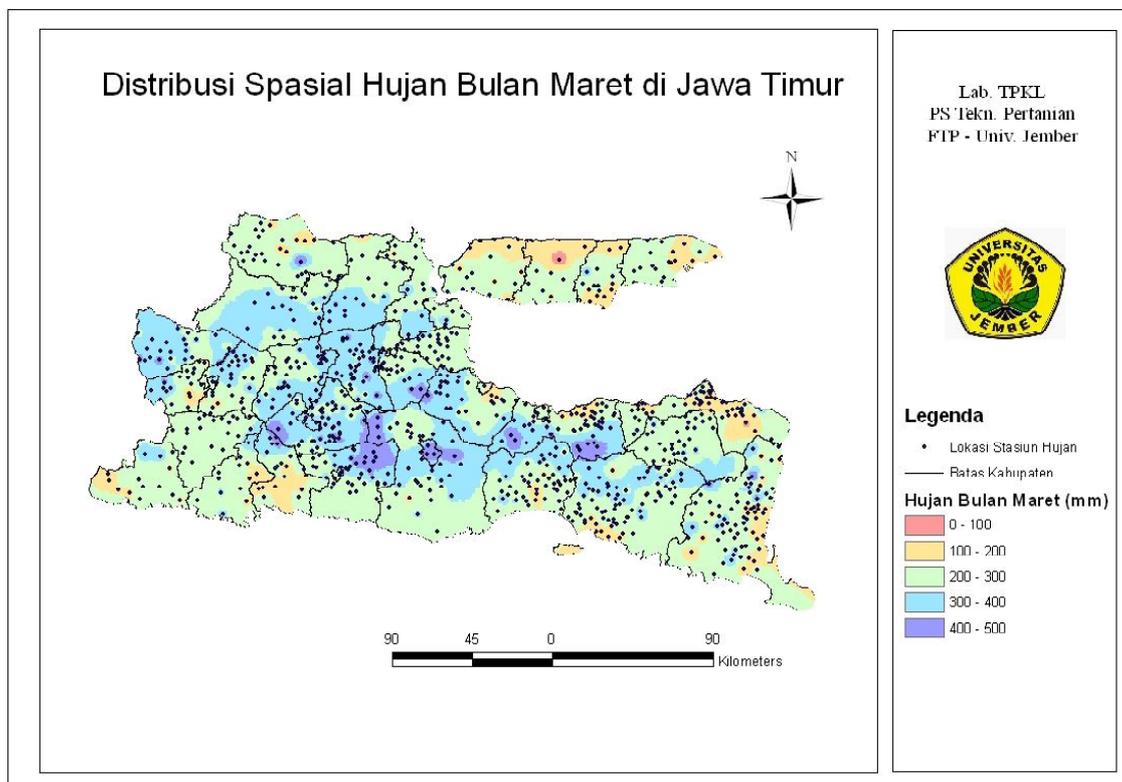
Sumber: hasil analisis

Gambar 11. HRB Januari



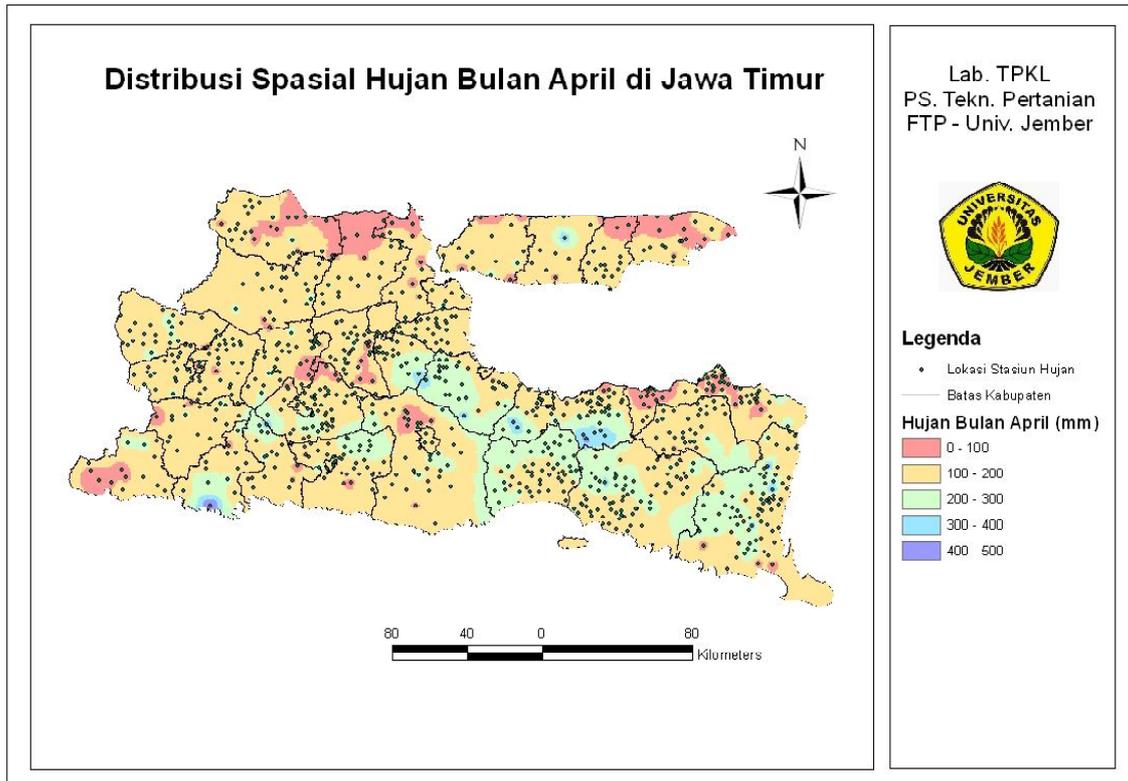
Sumber: hasil analisis

Gambar 12. HRB Februari



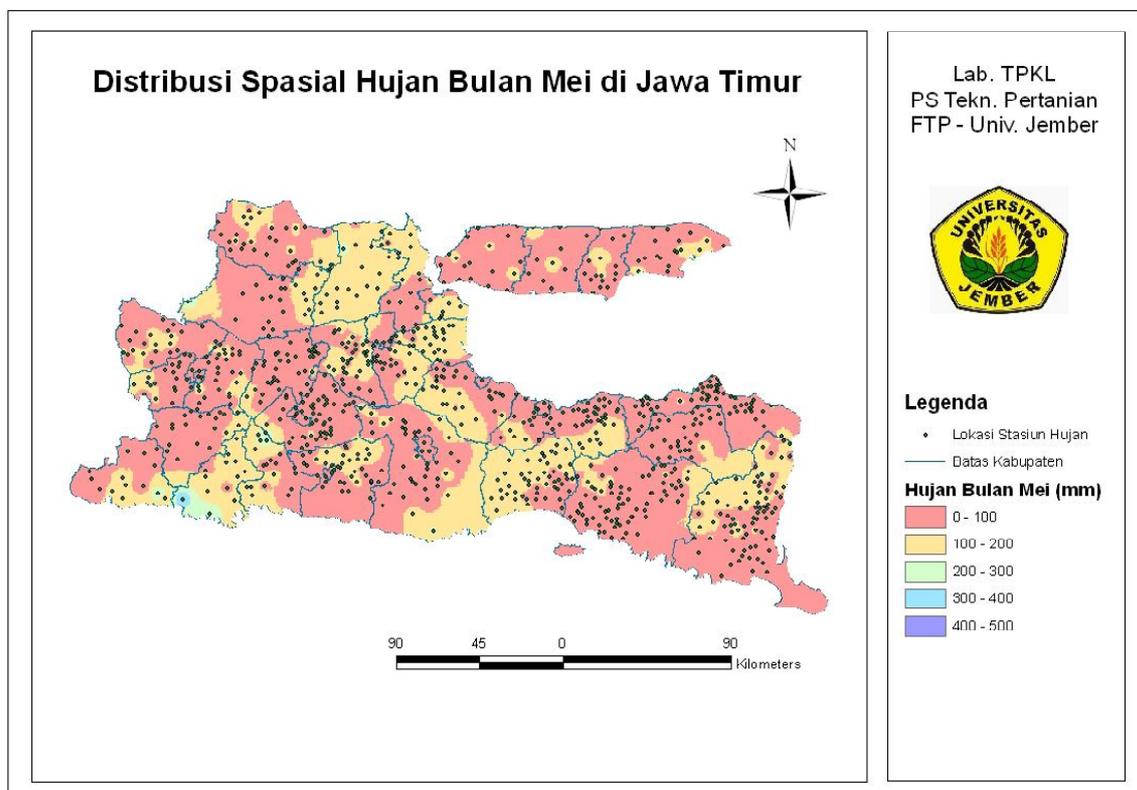
Sumber: hasil analisis

Gambar 13. HRB Maret



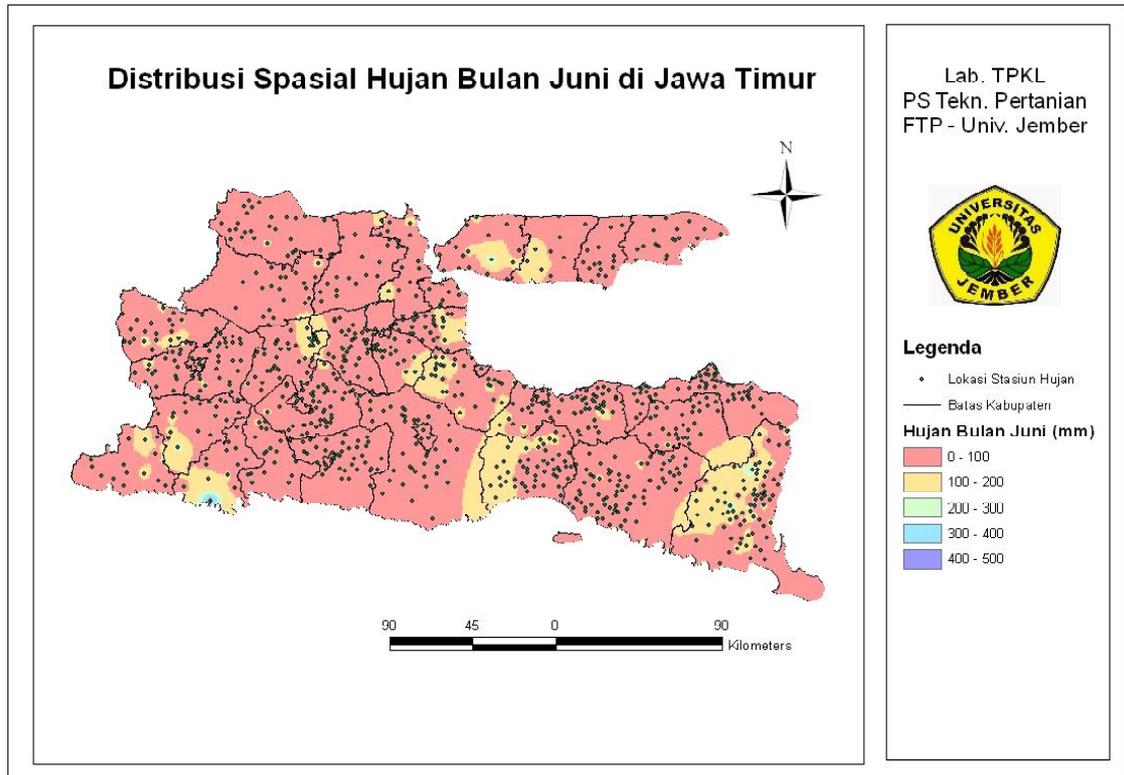
Sumber: hasil analisis

Gambar 14. HRB April



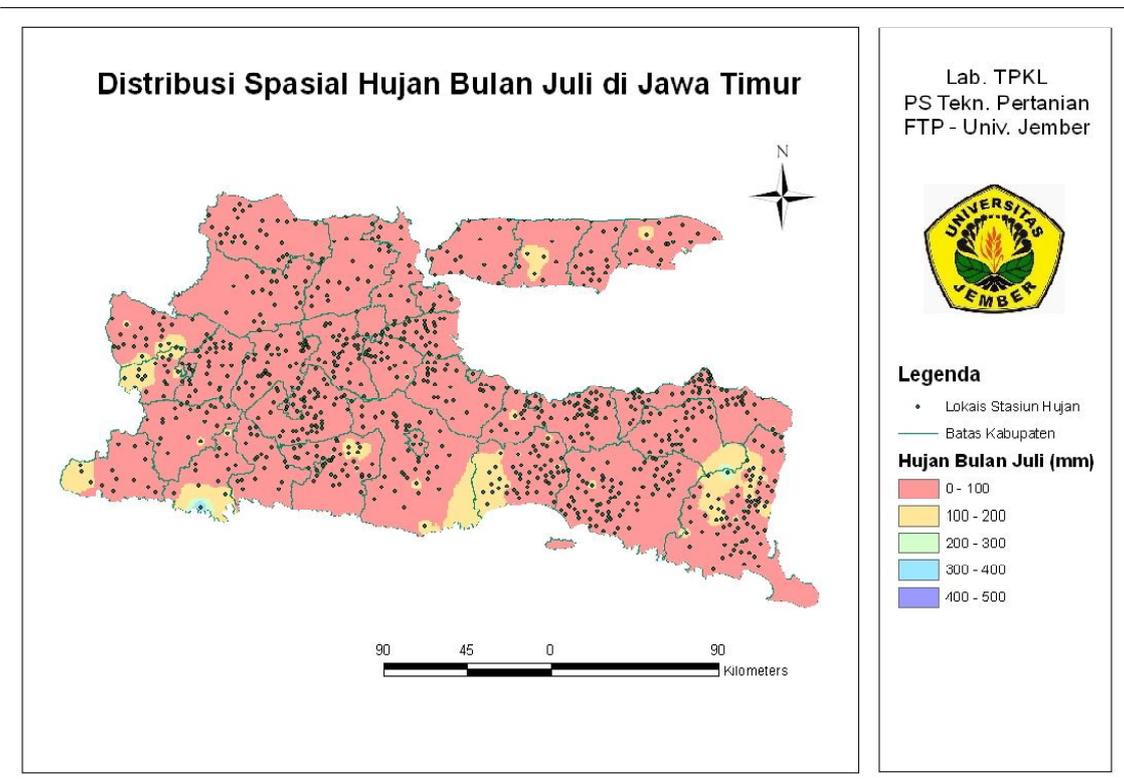
Sumber: hasil analisis

Gambar 15. HRB Mei



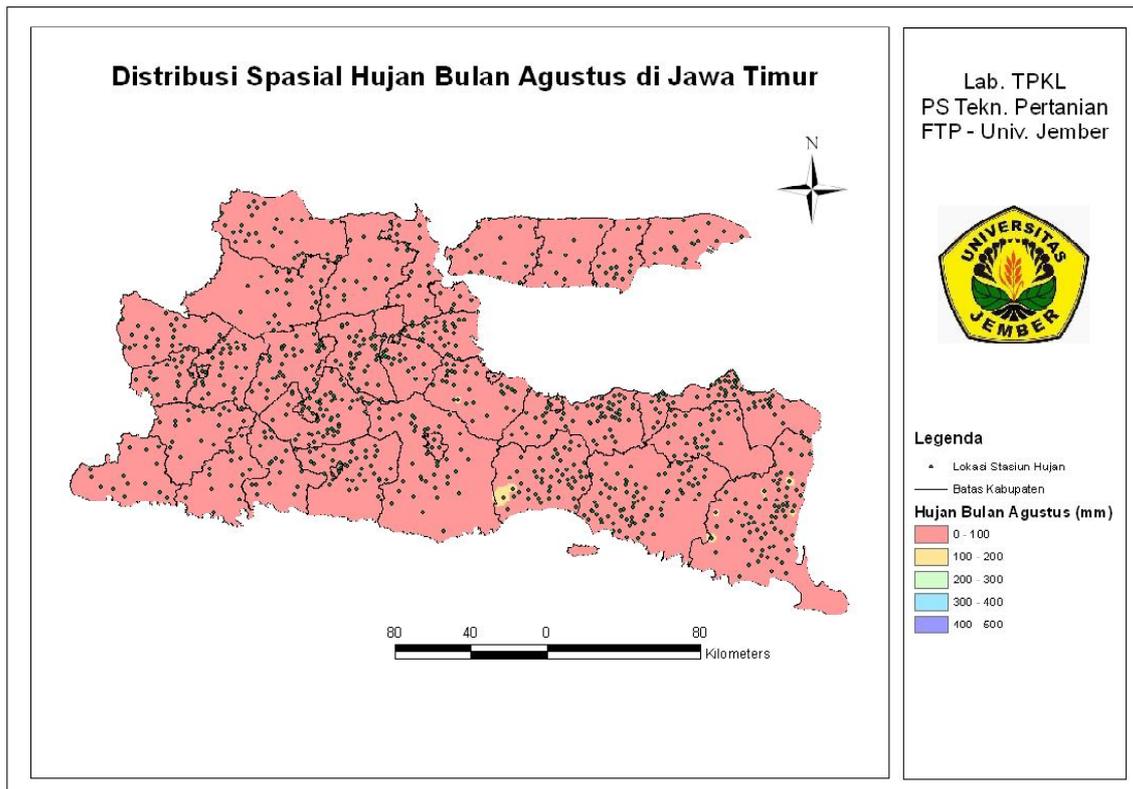
Sumber: hasil analisis

Gambar 16. HRB Juni



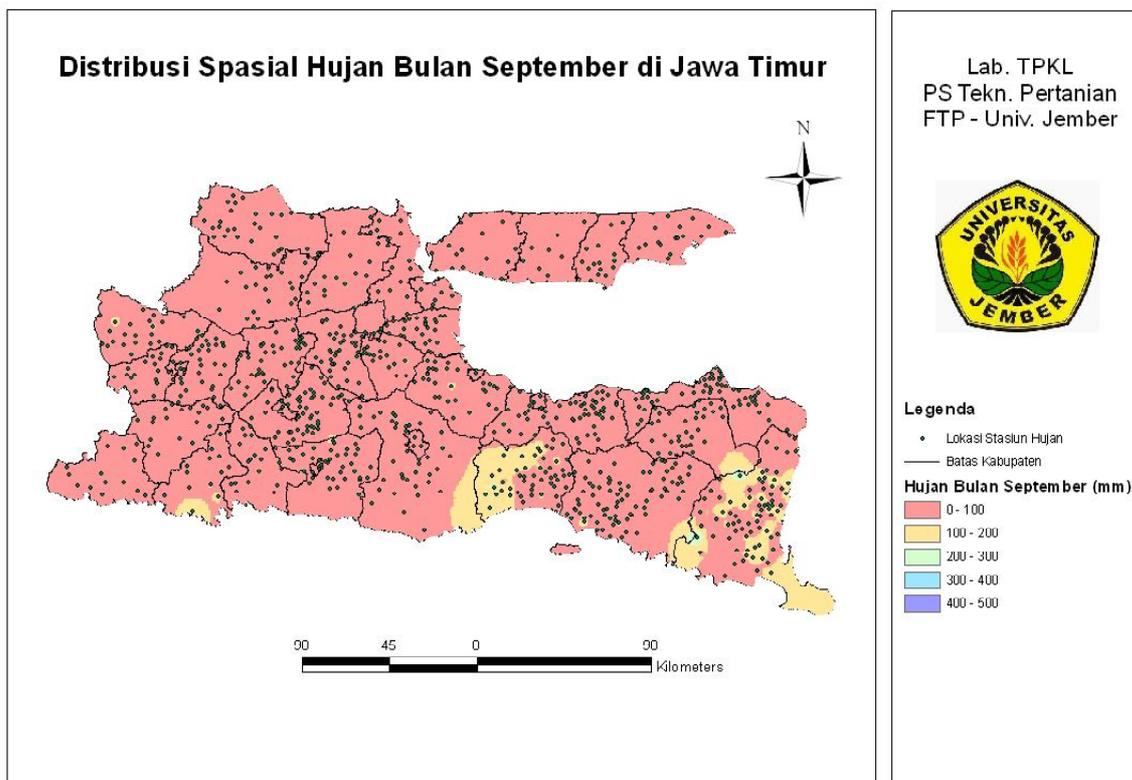
Sumber: hasil analisis

Gambar 17. HRB Juli



Sumber: hasil analisis

Gambar 18. HRB Agustus



Sumber: hasil analisis

Gambar 19. HRB September

hampir sebagian besar wilayah (lebih dari 80% luas Jawa Timur) menerima hujan < 100 mm/bulan. Hal ini ditandai dengan perkembangan wilayah peta yang berwarna merah-muda, yang semakin merata ke seluruh bagian propinsi.

Informasi dalam bentuk peta tematik sebagaimana ditampilkan di atas dapat dikembangkan lebih lanjut. Peta-peta tersebut dapat dimanfaatkan untuk perencanaan di bidang sumberdaya air, pertanian atau bidang lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisa menunjukkan adanya variabilitas spasial hujan rerata bulanan di Jawa Timur. Analisa histogram dan Nor-

mal QQPlot menunjukkan hujan rerata bulanan terdistribusi secara acak. Penelitian menunjukkan aplikasi histogram, voronoi-map dan QQPlot dapat menggambarkan variabilitas spasial hujan pada suatu wilayah dengan lebih detail.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Program MHERE UNEJ Tahun 2011. Penulis mengucapkan terima kasih kepada : Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur; Lab. TPKL - PS Teknik Pertanian, FTP, UNEJ; Tim mahasiswa (a.n: Ardian NF, Fatma Amalia, Fentry Ayu R) yang telah membantu secara teknis untuk entri dan pengolahan data, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anna, A. N., Suharjo, Cholil, M. (2011). Analisis Fluktuasi Hujan dan Morfologi Sungai terhadap Konsentrasi Banjir daerah Surakarta. *Forum Geografi*. Vol. 25, No. 1, Pp. 41-52.

Cressie, N. (1993). *Statistics for Spatial Data*, Revised Edition, Wiley: New York.

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

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

Lowe, J.W. (2008). *Emerging Tools and Concepts of Exploratory Spatial Data Analysis*. http://www.giswebsite.com/pubs/200307/nr200307_p1.html [10 Mei 2011]

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

<https://geoda.uiuc.edu>

http://www.giswebsite.com/pubs/200307/nr200307_p1.html

<http://www.satscan.org>

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