

VARIABILITAS SPASIAL HUJAN DI WILAYAH UPT PSDA DI MALANG

THE SPATIAL VARIABILITIES OF RAINFALLS IN THE UPT PSDA IN MALANG

Askin¹, Sri Wahyuningsih¹, Dhian Wulan Ramdhani¹, Indarto Indarto^{*1},

^{*1}PS Teknik Pertanian, FTP, Universitas Jember; Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto Jember 68121

✉ komunikasi penulis, e-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Naskah ini diterima pada 25 Oktober 2017; revisi pada 11 November 2017;
disetujui untuk dipublikasikan pada 14 Desember 2017

ABSTRACT

This study aims to analyze spatial variabilities of monthly and annual rainfalls in the area of Technical Implementation Unit of Water Resources Management (UPT-PSDA) East Jawa in Malang. Administrative area of UPT PSDA in Malang includes Malang regency, Malang city, Batu, Blitar Regency, Tulungagung Regency, and Trenggalek Regency. Daily rainfall data from 88 pluviometers spreading entire the areas were used as main input. The research procedures consisted of: (1) data pre-analysis; (2) the analyses of the spatial variabilities using ESDA tools (Histogram, voronoi, QQ-Plot); (3) interpolation by using IDW method; (4) producing a thematic map; and (5) interpretation. Analysis using the histogram, voronoi-maps and normal QQ-plots tools illustrated more detail the spatial variability of the monthly and annual rainfalls around the regions. Interpolation produced a thematic map of mean monthly-rainfall, ranging from 100 to 400 mm/month. The spatial distribution of annual rainfall was also illustrated by a thematic map, ranging from 1000 to 4000 mm/year.

Keywords: *annual rainfall, ESDA, IDW, monthly, rainfall, spatial variability*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas spasial hujan bulanan dan hujan tahunan di wilayah Unit Pelaksanaan Teknis Pengelolaan Sumber Daya Air (UPT PSDA) wilayah Jawa Timur, di Malang. Wilayah kerja UPT PSDA di Malang meliputi Kabupaten Malang, Kota Malang, Batu, Kabupaten Blitar, Kabupaten Tulungagung, dan Kabupaten Trenggalek. Data hujan harian dari 88 stasiun hujan yang tersebar di wilayah tersebut digunakan sebagai input utama. Panjang rekaman data dari 5 sampai dengan 20 tahun. Tahap penelitian mencakup: (1) pra – pengolahan data, (2) analisis variabilitas spasial, (3) interpolasi data menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW), (4) pembuatan peta tematik dan (5) interpretasi. Hasil analisis histogram, voronoi map, dan normal QQ-Plot menggambarkan lebih detail variabilitas spasial hujan bulanan dan tahunan. Interpolasi menghasilkan peta tematik distribusi spasial hujan rerata bulanan antara 100 – 400 mm per bulan. Penelitian juga menghasilkan peta tematik distribusi spasial tahunan rerata antara 1000 – 4000 mm per tahun.

Kata Kunci: ESDA, hujan bulanan, hujan tahunan, IDW, variabilitas spasial.

I. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang penting dan merupakan daur hidrologi yang tidak terpisahkan. Variabilitas spasial curah hujan merupakan variasi hujan yang terjadi pada suatu wilayah yang umumnya digambarkan dalam suatu peta distribusi hujan per sub – wilayah (Indarto dan Boedi, 2011). Pola sebaran curah hujan dapat menentukan jumlah bulan basah dan bulan kering, penentuan pola tanam dan keperluan lain. Selain itu analisis variabilitas spasial dapat digunakan untuk mengetahui

daerah – daerah yang rawan dari bencana hidro – meteorologis (banjir, longsor, kekeringan). Pola sebaran hujan dari satu wilayah ke wilayah lain dapat dipetakan dengan menganalisis variabilitas spasial hujan yang terjadi pada daerah tersebut. Ada banyak metode statistik berkaitan dengan pengolahan data yang bervariasi terhadap ruang, salah satunya adalah *Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA)*.

Hasil penelitian Indarto (2011, 2013) tentang analisis variabilitas spasial hujan di Jawa Timur menunjukkan adanya variabilitas spasial

tahunan pada wilayah tersebut. Aplikasi *ESDA* untuk analisis variabilitas spasial hujan bulanan di Jawa Timur menghasilkan gambaran variabilitas spasial curah hujan bulanan rerata dan hujan maksimum bulanan. Penelitian variabilitas spasial hujan di wilayah Jawa Timur juga telah dilakukan oleh: Indarto dan Boedi (2011), Indarto (2013) untuk menggambarkan variabilitas spasial hujan tahunan, hujan bulanan, hari hujan dan hujan 24 jam maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas spasial curah hujan di wilayah dengan cakupan yang lebih sempit dan menggunakan jumlah stasiun hujan yang lebih rapat. Penelitian dilakukan di salah satu wilayah kerja UPT PSDA Jawa Timur di Malang.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

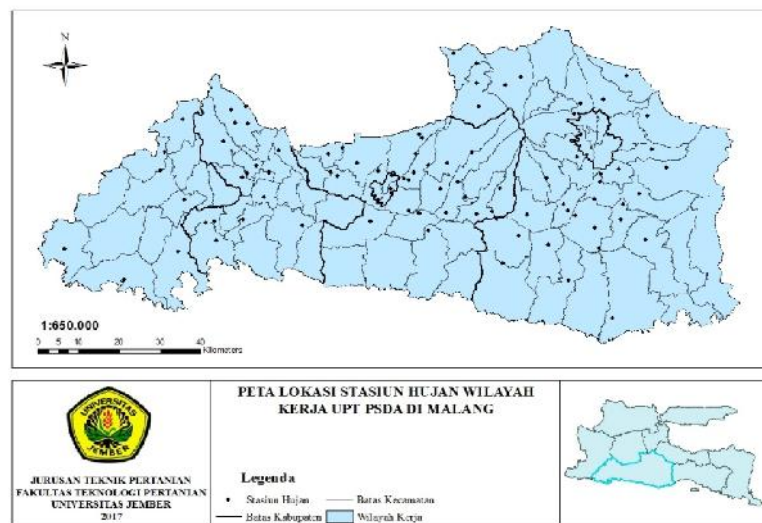
Penelitian dilakukan di seluruh wilayah UPT PSDA di Malang (Gambar 1). Data hujan harian

diperoleh dari 88 stasiun hujan dengan panjang rekaman data 5 sampai dengan 20 tahun. Data diperoleh dari kantor UPT PSDA di Malang.

2.2. Input dan Format Data

Data hujan harian diakumulasikan untuk mendapatkan hujan bulanan. Gambar 2 mengilustrasikan cara *memformat* dan *mengimport* data hujan ke dalam Sistem Informasi Geografis dalam bentuk file teks (*.txt).

Keterangan untuk tiap kolom tersebut adalah sebagai berikut: kolom ID (nomor urut); kolom Database, adalah kode stasiun hujan di dalam database; kolom mT (meter Timur) adalah koordinat x, untuk proyeksi UTM Zone 49S WGS84; kolom mU (meter Utara) adalah koordinat y, untuk proyeksi UTM Zone 49S WGS84; kolom El menunjukkan ketinggian lokasi stasiun hujan; HThn_rrt menunjukkan hujan tahunan rerata (satuan mm/tahun). HThn_rrt diperoleh dari hasil kumulatif hujan pada tiap satu tahun, kemudian dirata – rata dari



Gambar 1. Peta lokasi stasiun hujan di wilayah UPT PSDA di Malang

	A	B	C	D	E	F	I	J	K	L	V	W	X
1	ID	Database	Nama Stasiun	mT	mU	El (m)	HThn_rrt	Pr(tahun)	HJan	HFeb	HDes	HBrrt (mm)	HBmax
2	1	0101004	Bendogenit	629940	9105008	170	1791	14	350	318	286	149	678
3	2	0101008	Doko	648251	9102835	328	2374	5	333	390	498	198	680
4	3	0101009	Gandekan	609688	9107082	139	1561	5	229	298	386	130	635
5	4	0101010	Gandusari	643766	9111476	350	3252	5	369	382	735	271	870
6	5	0101011	Garum	634446	9107130	245	1996	10	347	295	306	166	594
7	6	0101013	Judeg	639164	9094448	232	1930	5	329	353	483	161	887
8	7	0101015	K.Badak	637028	9118726	560	2389	15	351	303	361	188	978
9	8	0101016	Kalikuning	637583	9117890	700	2407	14	360	310	355	201	832
10	9	0101017	Kalimanis	650987	9098578	189	2152	5	346	326	538	179	649
11	10	0101018	Kanigoro	634430	9099497	123	1509	15	294	268	271	126	692

Gambar 2. Contoh format data di dalam tabel

sejumlah tahun (periode) yang ada dan dihitung per stasiun hujan); kolom Pr menunjukkan berapa tahun periode rekam data yang digunakan. Selanjutnya, HJan (Hhujan bulan Januari) merupakan rerata hujan pada bulan Januari sepanjang periode yang tersedia dan dihitung tiap stasiun. HFeb = hujan rerata bulan Februari, dan seterusnya sampai dengan HDes = Hujan rerata bulan Desember sepanjang periode yang tersedia. Selanjutnya, HBrtr menunjukkan Hujan bulanan rerata (satuan mm) diperoleh dari hasil nilai hujan rata – rata bulanan dalam satu tahun).

2.3. Analisis ESDA dan Interpolasi IDW

Setelah data hujan ditabulasi ke dalam format *Excel*, kemudian tahap selanjutnya adalah analisis data menggunakan ESDA. Konsep ESDA merupakan analogi dari *Exploratory Data Analysis* (EDA) yang memiliki prinsip sama yaitu sebagai alat analisis statistik. Perbedaanannya, pada ESDA nilai dan visualisasi statistik terintegrasi dengan nilai dan visualisasi peta yang di analisis. Sementara, pada EDA umumnya tidak menyediakan alat untuk visualisasi data secara spasial. ESDA dapat digunakan untuk memplotkan distribusi data, melihat kecenderungan global dan lokal, mengevaluasi auto-korelasi spasial (*auto-correlation*), memahami *covarian* di antara beberapa seri data. Analisis ESDA dilakukan dengan menggunakan *tools* statistik yang terdapat pada *ArcGIS Geostatistical Analyst*. *Tools* ESDA yang dapat digunakan meliputi (1) *Histogram*, (2) *Voronoi Map*, dan (3) *Normal QQ-Plot*.

Histogram menampilkan distribusi frekuensi data yang diolah 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 kelas tertentu. Histogram ESDA memuat ringkasan statistik dari suatu 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, 50% nilai berada di bawah median dan 50% berada di atas *median*. Distribusi frekuensi juga mengukur

sebaran titik – titik di sekitar nilai rerata, yang ditunjukkan oleh nilai varian (*variance*) dan standar deviasi (*standard deviation*). *Variance* (V) menunjukkan tingkat deviasi rerata semua sampel terhadap nilai rerata-nya. *Standard deviation* (SD) merupakan akar kuadrat dari *variance*. SD menggambarkan sebaran data terhadap nilai rerata (Indarto dan Boedi, 2011; Indarto, 2013ab). Selanjutnya, penjelasan lebih detail tentang tool ESDA (*Histogram*, *Voronoi Map*, *Normal QQ-Plot*) dapat dijumpai dalam tulisan Johnston, et al, (2001), De Smith et al, (2007) , Indarto dan Boedi (2011), Indarto (2013ab).

Tahap terakhir yaitu pembuatan peta distribusi spasial hujan. Pembuatan peta menggunakan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting - IDW*). Metode interpolasi mengasumsikan bahwa semakin dekat jarak suatu titik terhadap titik yang tidak diketahui nilainya, maka pengaruhnya semakin besar. IDW menggunakan nilai yang terukur pada titik – titik di sekitar lokasi tersebut, untuk memperkirakan nilai variabel pada lokasi yang dimaksud. Asumsi yang dipakai pada metode IDW adalah bahwa titik yang lokasinya lebih dekat dari lokasi yang diperkirakan akan lebih berpengaruh daripada titik yang lebih jauh dari jaraknya. Oleh karena itu, jarak yang lebih dekat diberi bobot yang lebih besar. Karena itu jarak berbanding terbalik dengan nilai rerata tertimbang (*weighting average*) dari data yang ada di sekitarnya. Efek penghalusan (pemerataan) dapat dilakukan dengan faktor pangkat (Johnston, et al, 2001; Indarto dan Boedi, 2011; Indarto, 2013ab).

Persamaan umum IDW dinyatakan sebagai berikut:

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

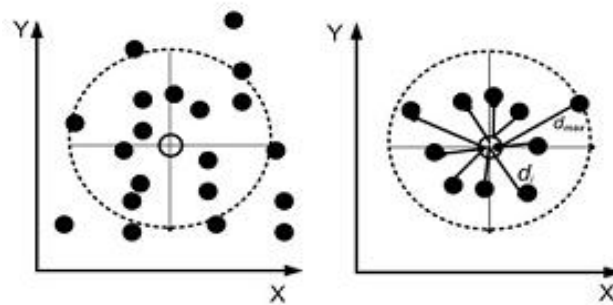
dimana:

Z = nilai yang akan ditentukan

W_i = nilai pemberatan pada titik i

Z_i = nilai yang diketahui disekitar lokasi Z

Nilai Z dapat dihitung dari titik – titik di sekelilingnya. Jika “d” adalah jarak suatu titik yang ditaksir terhadap titik (z), maka karakteristik faktor pembobot dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar (3). Ilustrasi metode IDW (Johnston, et al, 2001; Indarto dan Boedi, 2011ab).

Tabel 1. Karakteristik faktor pembobot

Faktor Pembobot	Fungsi Pemberat	Sifat-Sifat
	0 order	Rerata biasa tidak mempertimbangkan jarak
$W_i = 1 - (d_1 / d_{max})$ 1 st order	1 st order	Titik terdekat berpengaruh sedikit
$W_i = \frac{1}{(d_1 / d_{max})^2}$ 2 nd order	2 nd order	Titik terdekat berpengaruh sedang
$W_i = \frac{1}{(d_1 / d_{max})^3}$ 3 rd order	3 rd order	Titik terdekat berpengaruh tinggi

Interpolasi data dapat dilakukan dengan menggunakan metode IDW: $(1/d)$, $(1/d^2)$ dan $(1/d^3)$. (Johnston, et al, 2001; Indarto et al, 2011).

Evaluasi terhadap ketiga metode IDW ini dilakukan dengan memplot grafik melalui vasilitas *cross-validation* yang ada di perangkat lunak GIS. Dalam penelitian ini digunakan IDW $(1/d^2)$ untuk membuat peta distribusi spasial HBrrt dan Hthn_rrt, dengan asumsi bahwa metode yang dipilih tersebut sudah cukup untuk dapat menggambarkan distribusi spasial.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

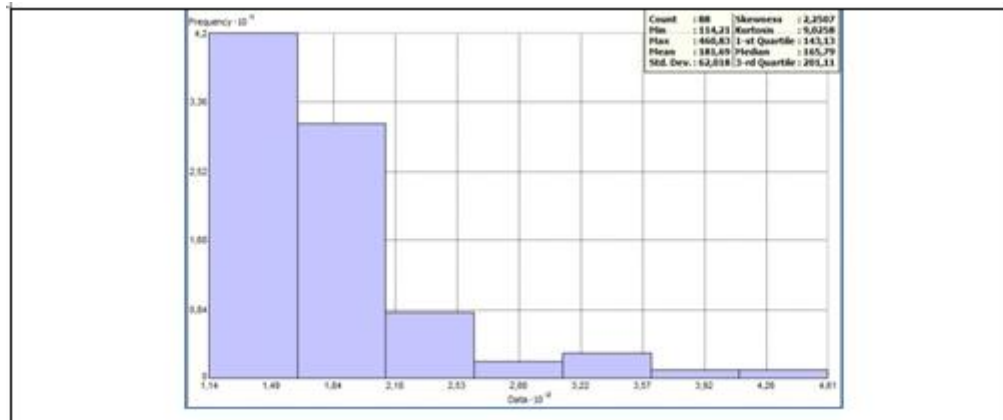
3.1 Histogram

Berikut ini contoh interpretasi hasil analisis dengan Hitogram untuk mendeteksi variabilitas spasial hujan rerata bulanan (Hbrrr) dan Hujan tahunan rerata (HThn_rrt). Gambar (4) menunjukkan histogram hasil perhitungan curah hujan rerata bulanan dengan count (jumlah data) yang dianalisis = 88 stasiun hujan. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan histogram, nilai-nilai berikut dapat diketahui, nilai minimum = 114,21 mm; maksimum =

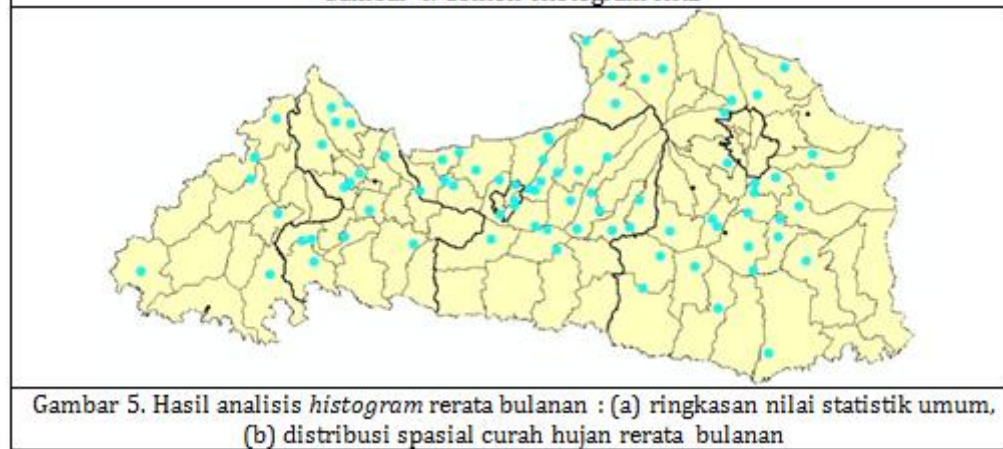
460,83 mm, mean = 181,69 mm; median = 165,79; standart deviation = 62, koefisien skewness = 2,25; dan koefisien curtosis = 9.

Histogram condong ke kiri yang menunjukkan bahwa jumlah stasiun hujan dengan nilai HRB kurang dari 200 mm/bulan lebih banyak. Selanjutnya, stasiun hujan dengan nilai HRB lebih tinggi (> 200 mm/bulan) jumlah-nya lebih sedikit. Selanjutnya, Gambar 5 menunjukkan distribusi spasial curah hujan dengan nilai rerata bulanan antara 114 – 288 mm, yang ditunjukkan dengan titik – titik berwarna biru. Lokasi tersebut sejumlah 83 stasiun hujan atau sebesar 94% dari total stasiun hujan yang tersebar di wilayah kerja UPT PSDA di Malang.

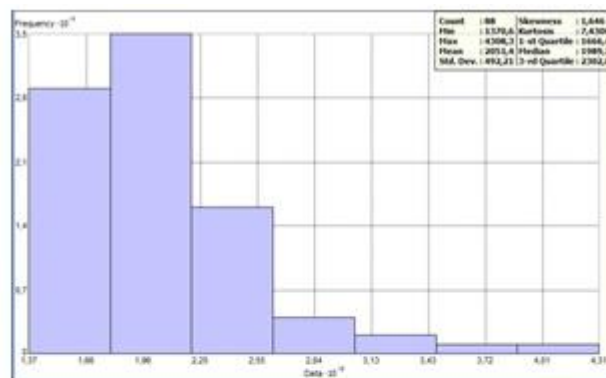
Gambar 6 menunjukkan histogram hasil perhitungan curah hujan tahunan rerata dengan count (jumlah data) yang dianalisis sejumlah 88 stasiun hujan. Gambar (7) menunjukkan distribusi spasial hujan tahunan, nilai minimum = 1370 mm/tahun; maksimum = 4308,3 mm/tahun; mean = 2051,4 mm/tahun, median = 1989 mm/tahun; standard deviation = 492,21; koefisien skewness = 1,64; dan koefisien curtosis = 7,43.



Gambar 4. Contoh Histogram HRB



Gambar 5. Hasil analisis *histogram* rerata bulanan : (a) ringkasan nilai statistik umum, (b) distribusi spasial curah hujan rerata bulanan



Gambar 6. Histogram hujan tahunan rerata



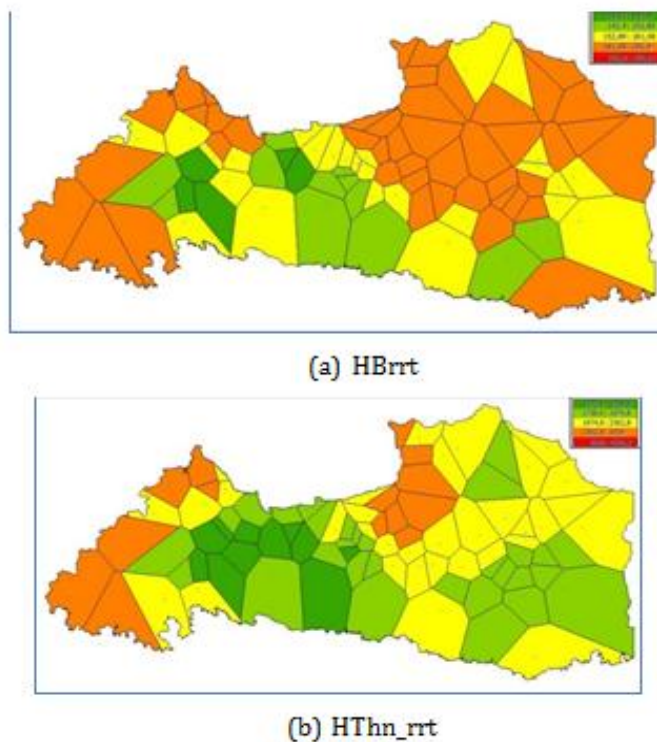
Gambar 7. Distribusi spasial curah hujan rerata tahunan

Gambar 7 menunjukkan distribusi spasial curah hujan dengan nilai rerata tahunan antara 1370 – 2250 mm/tahun dan ditunjukkan dengan titik – titik berwarna biru. Lokasi tersebut sejumlah 64 stasiun hujan (73% dari total stasiun hujan) dan tersebar di wilayah kerja UPT PSDA di Malang.

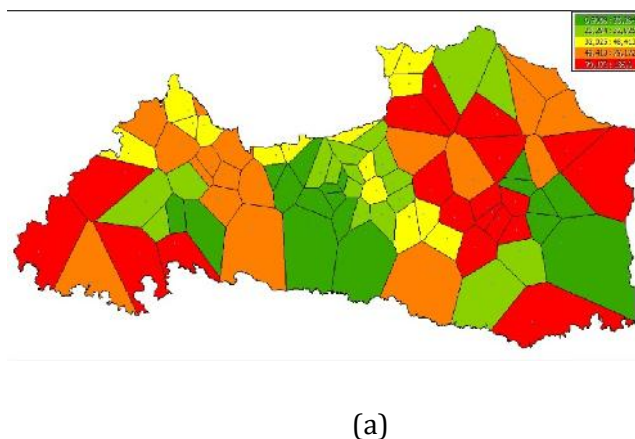
3.2 Voronoi Map

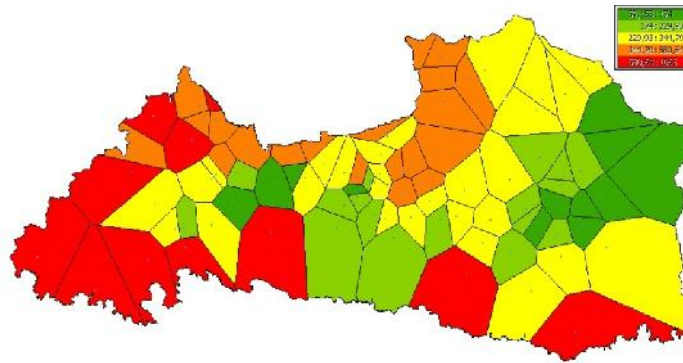
Gambar (8a) dan (8b) berurutan menunjukkan hasil analisis menggunakan *local smoothing* untuk hujan bulanan rerata (HBrrt) dan hujan tahunan rerata (HThn_rrt)

Nilai *mean* merupakan nilai rerata yang dihitung dari poligon tersebut ditambah dengan poligon – poligon lain di sekelilingnya. Pembobotan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai yang terdapat pada poligon di sekelilingnya. *Local smoothing* menghasilkan nilai statistik yang berdekatan, terlihat bahwa distribusi warna secara spasial yang ditampilkan relatif sama dan lebih mengelompok dengan pola tertentu sehingga dapat digunakan untuk mengetahui luasan dari curah hujan yang terjadi.



Gambar 8. Hasil analisis *voronoi map local smoothing (mean)*: (a) HBrrt (b) HThn_rrt
Local smoothing berfungsi untuk meratakan penyebaran curah hujan yang terjadi.



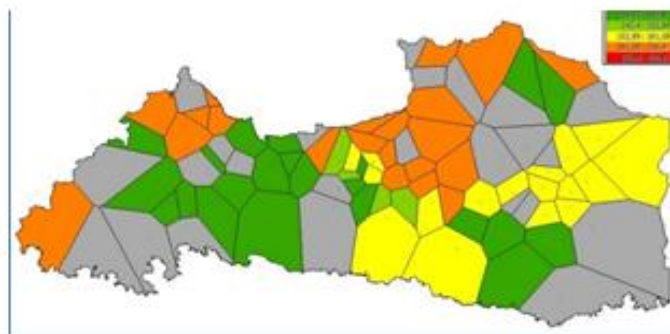


(b)

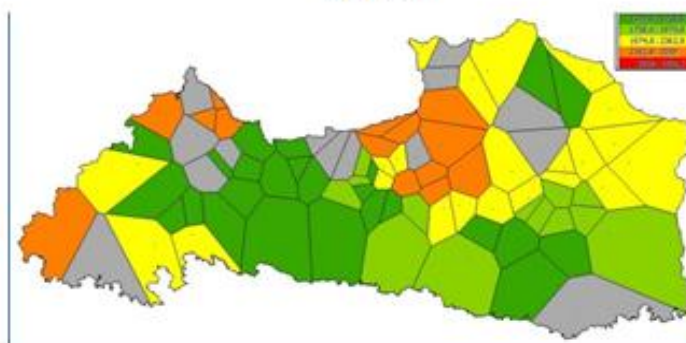
Gambar 9. Hasil analisis *voronoi map local variation (standard deviation)*: (a) HBrrt (b) HThn_rrt

Local variation berfungsi untuk mengetahui variasi distribusi curah hujan yang terjadi. Nilai *standard deviation* merupakan nilai yang dihitung dari *median* distribusi *frekuensi cell* dan sekelilingnya. *Standard deviation* pada *voronoi map* digunakan untuk menggambarkan sebaran penyimpangan nilai data terhadap nilai rerata. Hasil analisis menggunakan *local variation* menunjukkan variasi lokal yang beragam, hal ini ditunjukkan dengan hasil persebaran warna yang random (tidak mengelompok).

Selanjutnya, pada Gambar (10a) dan Gambar (10b) ditunjukkan hasil analisis menggunakan *local outliers* untuk hujan rerata bulanan rerata (HBrrt) dan hujan tahunan rerata (Hthn_rrt). *Local outliers* menunjukkan nilai curah hujan yang tidak terdistribusi normal, ditunjukkan menggunakan metode *cluster*. Nilai yang tidak terdistribusi normal ditunjukkan dengan warna abu – abu.

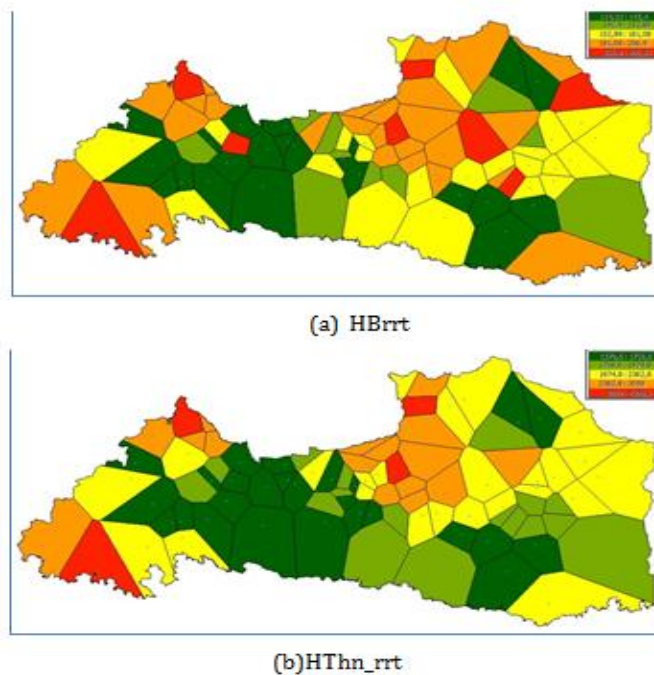


(a) HBrrt



(b) HThn_rrt

Gambar 10. Hasil analisis *voronoi-map local outliers (cluster)*: (a) HBrrt (b) HThn_rrt

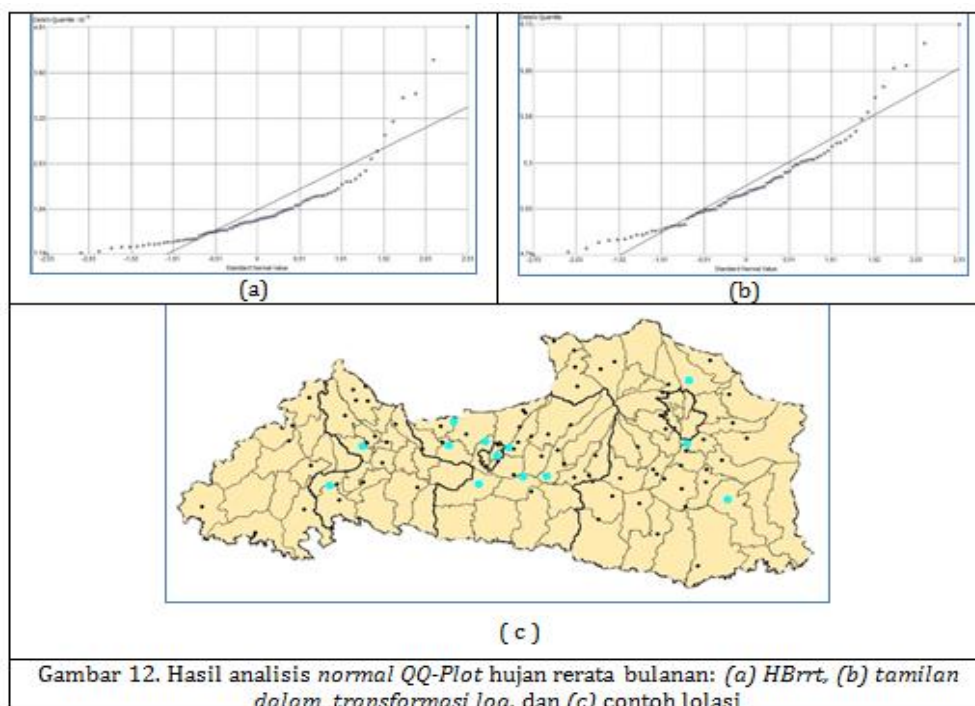


Gambar 11. Hasil analisis *voronoi map local influence (simple)*: (a) Hujan rerata bulanan (b) hujan rerata tahunan

Selanjutnya, contoh pada Gambar (11a) dan Gambar (11b) menunjukkan hasil analisis menggunakan *local influence*. *Local influence* menunjukkan nilai data hujan yang terdapat pada tiap *cell* atau nilai yang terukur dari masing – masing stasiun tanpa mempertimbangkan pembobotan terhadap nilai poligon tetangga, sehingga persebaran warna terlihat lebih random.

3.3 Normal QQ-Plot

Normal Q-Plot membandingkan distribusi data terhadap distribusi Normal. Distribusi yang suatu seri data yang cenderung Normal akan menghasilkan grafik berimpit dengan kemiringan stacer plot mendekati 1 pada tampilan Normal QQ-Plot.



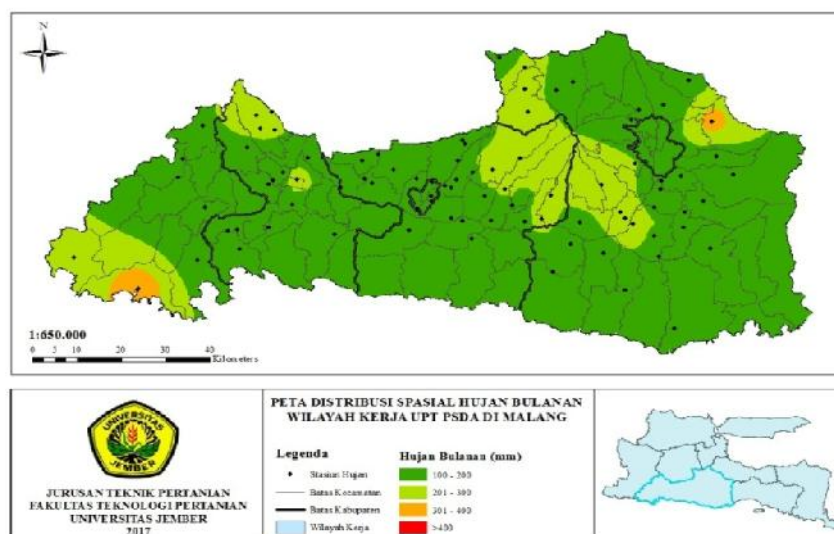
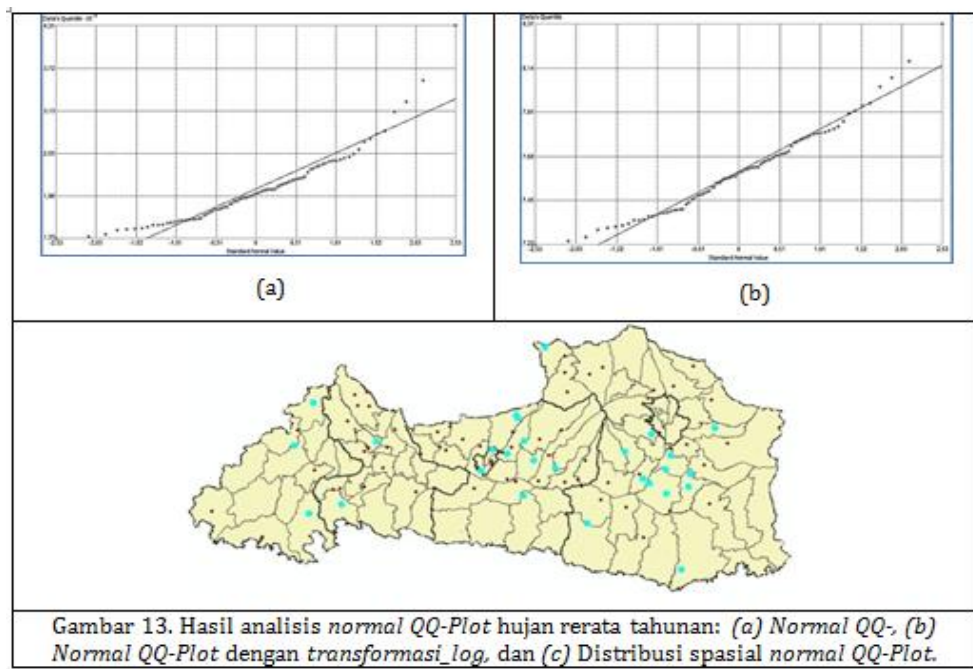
Gambar 12 menunjukkan aplikasi Normal QQPlot, (a) plot HBrtrt terhadap distribusi normal, (b) bentuk transformasi dari grafi (a) dan (c) sampel yang menunjukkan lokasi stasiun hujan yang berada paling jauh dari dari grafik distribusi Normal.

Gambar 13 menunjukkan hasil analisis menggunakan *Normal QQ-Plot* untuk HThn_rrt. Gambar 13a menampilkan hasil QQ-Plot, Gambar 13b menunjukkan tampilan dalam transformasi logaritmik dan Gambar 13c menampilkan lokasi stasiun hujan yang berada pada area paling jauh dari grafik Normal QQ-Plot.

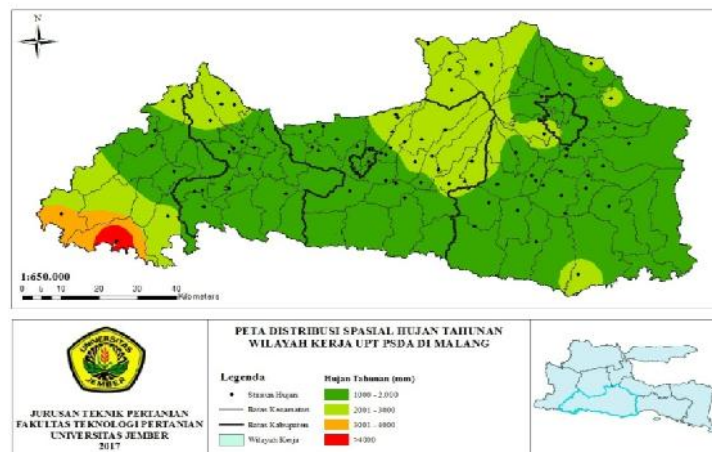
3.4 Interpolasi Data

Analisis ESDA pada umumnya digunakan untuk mempelajari karakteristik spasial pada suatu data. Setelah dilakukan analisis ESDA, data hujan tersebut diinterpolasi menggunakan metode interpolasi IDW untuk membuat peta tematik. Data yang digunakan adalah data hujan rerata bulanan dan data hujan rerata tahunan.

Hasil interpolasi untuk Hujan bulanan rerata (HBrtrt) ditunjukkan oleh Gambar 14. Nilai HRB terendah = 100 – 200 mm/bulan (dilambangkan dengan warna hijau tua). Sedangkan nilai HRB tertinggi = >400 mm/bulan dilambangkan



Gambar 14. Peta distribusi spasial curah hujan rerata bulanan (HBrtrt).



Gambar 15. Peta distribusi spasial curah hujan rerata tahunan.

dengan warna merah. Wilayah dengan HRB 100 – 200 mm/bulan tersebar merata di wilayah kerja UPT PSDA di Malang.

Selanjutnya, Gambar 15 menunjukkan hasil interpolasi IDW untuk Hujan tahunan rerata (HThn_rrt). Sub-wilayah dengan nilai Hthn_rrt terendah = 1000 – 2000 mm/tahun dilambangkan dengan warna hijau tua, sedangkan nilai Hthn_rrt tertinggi = > 4000 mm/tahun dilambangkan dengan warna merah. Sebagian besar wilayah study menerima hujan tahunan antara 1000 sd 3000 mm per tahun, dan hanya sedikit wilayah yang menerima hujan tahunan lebih dari 3000 mm/tahun.

Selanjutnya, peta tersebut dapat dimanfaatkan untuk perencanaan di bidang pertanian dan sebagainya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis *histogram*, *voronoi map*, dan *normal QQ-Plot* menggambarkan variabilitas spasial per sub-wilayah dan lebih detail terkait hujan bulanan dan hujan tahunan di wilayah kerja UPT PSDA di Malang. Interpolasi menggunakan IDW menghasilkan peta distribusi spasial hujan bulanan rerata (HBrrt) dan peta distribusi spasial tahunan rerata (HThn_rrt) di wilayah kerja UPT PSDA di Malang. Hujan bulanan rerata yang diterima wilayah tersebut berkisar antara 100 sampai dengan 400 mm per bulan. Penelitian juga menghasilkan peta tematik distribusi spasial tahunan rerata (Hthn_rrt) yang besarnya antara 1000 – 4000 mm per tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Indarto dan Boedi S. 2011. *Variabilitas Spasial Hujan Tahunan di Jawa Timur: Aplikasi ESDA (Histogram, Voronoi Map, QQ-Plot, Trend Analysis)*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. XI ISSN 1412 – 0976 : 61 - 69.
- Indarto. 2013a. *Analisis Geostatistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Indarto. 2013b. *Variabilitas Spasial Hujan Harian di Jawa Timur*. Jurnal Teknik Sipil, Vol 20(2) : 107-120.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K. dan Lucas, N. 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst GIS by ESRI*.