



TUGAS AKHIR – SS141501

**PEMBENTUKAN ZONA MUSIM KABUPATEN
NGAWI DENGAN METODE SKATER
(*SPATIAL 'K'LUSTER ANALYSIS
BY TREE EDGE REMOVAL*)**

**PARTINI NINGSIH
NRP 1315 105 051**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sutikno, M.Si**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR – SS141501

**PEMBENTUKAN ZONA MUSIM KABUPATEN
NGAWI DENGAN METODE SKATER
(*SPATIAL 'K'LUSTER ANALYSIS
BY TREE EDGE REMOVAL*)**

**PARTINI NINGSIH
NRP 1315 105 051**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sutikno, M.Si**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT – SS141501

**FORMING SEASON ZONES OF NGAWI
WITH SKATER METHOD
(SPATIAL ‘K’LUSTER ANALYSIS
BY TREE EDGE REMOVAL)**

**PARTINI NINGSIH
NRP 1315 105 051**

**Supervisor
Dr. Sutikno, M.Si**

**UNDERGRADUATE PROGRAM
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBENTUKAN ZONA MUSIM KABUPATEN
NGAWI DENGAN METODE SKATER
(SPATIAL 'K'LUSTER ANALYSIS BY TREE EDGE REMOVAL)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

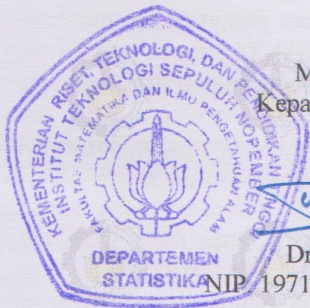
Oleh :

Partini Ningsih
NRP. 1315 105 051


Disetujui oleh Pembimbing:

Dr. Sutikno, M.Si
NIP. 19710313 199702 1 001

()



Mengetahui,
Kepala Departemen


Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2017

**PEMBENTUKAN ZONA MUSIM
KABUPATEN NGAWI DENGAN METODE SKATER
(SPATIAL 'K'LUSTER ANALYSIS BY TREE EDGE REMOVAL)**

Nama Mahasiswa : Partini Ningsih
NRP : 1315 105 051
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Dr. Sutikno, M.Si.

Abstrak

Pengelompokan pola curah hujan dengan membuat Zona Musim (ZOM) telah dilakukan oleh BMKG. Metode yang sering digunakan dalam pembentukan ZOM adalah analisis kelompok yang tidak memperhatikan aspek lokasi objek penelitiannya padahal unit observasi berupa lokasi stasiun hujan, sehingga aspek spasial seharusnya menjadi hal yang dipertimbangkan dalam pembentukan ZOM. Salah satu metode pengelompokan spasial adalah analisis SKATER.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, bersumber dari BMKG Stasiun Klimatologi Klas II Karangploso Malang. Variabel yang digunakan adalah curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi dari tahun 1990-2015. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk ZOM di Kabupaten Ngawi dengan SKATER (Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal) dan membandingkan hasilnya dengan ZOM BMKG. Hasil analisis SKATER menghasilkan dua kelompok dengan alokasi anggota perkelompoknya berbeda dengan anggota ZOM BMKG. Rasio antara simpangan dalam kelompok (S_w) dan simpangan antar-kelompok (S_b) ZOM hasil SKATER mempunyai nilai yang lebih kecil daripada rasio ZOM BMKG, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja ZOM hasil SKATER lebih baik jika dibandingkan dengan ZOM BMKG.

Kata Kunci : Curah hujan, keragaman, SKATER, zona Musim

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

FORMING SEASON ZONES OF NGAWI WITH SKATER METHOD (SPATIAL 'K'LUSTER ANALYSIS BY TREE EDGE REMOVAL)

Student Name : Partini Ningsih
Student Number : 1315 105 051
Department : Statistics
Academic Supervisor : Dr. Sutikno, M.Si

Abstract

The grouping of rainfall patterns by making Zone of Season (ZOM) has been done by BMKG. The method often used in the formation of ZOM is group analysis that does not pay attention to the location aspect of the research object whereas the observation unit is the location of the rain station, so the spatial aspect should be considered in ZOM formation. One method of spatial grouping is SKATER analysis.

The data used in this study is secondary data, sourced from BMKG Climatology Station Klas II Karangploso Malang. The variable used is monthly rainfall in Ngawi District from 1990-2015. This study aims to group ZOM in Ngawi District with SKATER (Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal) and compare the results with ZOM BMKG results. The results of SKATER analysis resulted in 2 groups with different members' allocation of members with members of ZOM BMKG. The ratio between group deviation (S_w) and intergroup deviation (S_b) ZOM result of SKATER has a value smaller than BMKG ZOM ratio, so it can be concluded that the performance of ZOM SKATER results better when compared with BMKG ZOM.

Key Words: *Rainfall, season zones, SKATER, variantion*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PEMBENTUKAN ZONA MUSIM KABUPATEN NGAWI DENGAN METODE SKATER (SPATIAL ‘K’LUSTER ANALYSIS BY TREE EDGE REMOVAL)”**.

Proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Sutikno, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis dan dukungan dan sebagai Ketua Program Studi S1 Statistika FMIPA ITS yang sabar memberikan bimbingan.
2. Bapak Dr. Purhadi, M.Sc dan Bapak Dr. Haryono, M.Sc selaku dosen penguji atas kritik dan sarannya yang membangun.
3. Bapak Dr. Suhartono S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS yang telah memberikan fasilitas-fasilitas untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
4. Ibu Erma Oktania Permatasari, S.Si., M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menjalani perkuliahan.
5. Ibu Rokhana Dwi Becti, M.Si., alumni Statistika ITS serta dosen Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta, yang telah memberikan saran dan pengajarannya tentang penelitian yang serupa dengan Tugas Akhir penulis.
6. Kakak Naelal Muna, mahasiswa Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta, yang telah menjadi teman berdiskusi mengenai penelitian yang serupa dengan Tugas Akhir penulis.
7. Ibu, Bapak, Adik, Kakek, Nenek, dan seluruh keluarga, yang selalu memberikan doa dan semangatnya. Terima kasih sudah menjadi motivasi yang berharga untuk selalu berjuang dan belajar dimanapun dan kapanpun.

8. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan sama-sama berjuang dengan Tugas Akhir. Khususnya teman-teman Lintas Jalur S1 Statistika ITS angkatan 2015.
9. Teman-teman satu tim bimbingan yang saling mendukung dan berdiskusi, yaitu: Aza, Fatma, Vella, Nur, Vira dan Icha. Teman-teman lain yang selalu memberi semangat dan juga membantu, khususnya untuk Irma, Laily, Indah, Komkom, Vika, Bunga, mbak Devin, dan lain-lain.
10. Buat semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu disini. Penulis sangat berterimakasih atas semua pelajaran dan bantuan yang diberikan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca, alمامater, BMKG, dan bangsa Indonesia.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Statistika Deskriptif	7
2.2 <i>Box Plot</i>	8
2.3 Uji Signifikansi Moran's I	8
2.4 Metode Thiessen Polygons.	10
2.5 Metode SKATER	11
2.6 Kriteria Keباikan Zona Musim	19
2.7 Uji t Berpasangan	20
2.8 Curah Hujan dan Zona Musim.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	23
3.2 Variabel Penelitian.....	23
3.3 Langkah Analisis Data	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pemetaan Titik Lokasi Stasiun Hujan	29
4.2 Deskripsi Tinggi Curah Hujan Bulanan.....	29
4.3 Pengujian Autokorelasi Moran's I.....	32
4.4 Pengelompokan Stasiun Hujan dengan SKATER	33
4.4.1 Penentuan Jumlah Kelompok Optimum	33
4.4.2 Analisis SKATER.....	34

	Halaman
4.4.3 Pengujian Perbedaan Rata-Rata Kelompok	
Hasil SKATER	39
4.5 Pemilihan ZOM Terbaik	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49
BIODATA PENULIS	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Box Plot</i>	8
Gambar 2.2 Ilustrasi Thiessen Polygons.....	11
Gambar 2.3 Menentukan MST	14
Gambar 2.4 Proses Partisi MST.....	17
Gambar 2.5 Ekspansi Kedekatan Solusi S_i	18
Gambar 3.1 Zona Musim di Kabupaten Ngawi	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data	28
Gambar 4.1 Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi dengan Thiessen Polygons.....	29
Gambar 4.2 Rata-Rata Curah Hujan Bulanan.....	31
Gambar 4.3 Curah Hujan Bulanan dan Outlier.....	31
Gambar 4.4 S_w , S_b dan Ratio pada Berbagai Jumlah Kelompok 34	34
Gambar 4.5 MST Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi.....	36
Gambar 4.6 Partisi MST Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi.....	37
Gambar 4.7 Poligon Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi dengan SKATER.....	37
Gambar 4.8 Perbandingan Anggota ZOM 1 dan ZOM 2 antara ZOM BMKG (a) dan ZOM SKATER (b)	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi	24
Tabel 3.2 Struktur Data Awal	25
Tabel 3.3 Struktur Data Input	26
Tabel 4.1 <i>Mean</i> , Standar Deviasi, Maksimum, Minimum dan <i>Range</i> Tinggi Curah Hujan Bulanan (mm)	30
Tabel 4.2 Nilai I, E(I), Standar Deviasi dan Z_{hitung}	32
Tabel 4.3 Nilai Sw, Sb dan Ratio pada Berbagai Jumlah Kelompok Menurut ZOM	33
Tabel 4.4 Rata-Rata dan Standar Deviasi Curah Hujan Berdasarkan Hasil ZOM SKATER	38
Tabel 4.5 Nilai Sw dan Sb antara ZOM BMKG dan ZOM SKATER	41

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Surat Pernyataan Pengambilan Data..... 49
Lampiran 2	Data rata-rata tinggi curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi tahun 1990-2015 menurut masing-masing stasiun hujan..... 50
Lampiran 3	Langkah-Langkah Pembuatan Peta Stasiun Hujan dengan Thiessen Polygons..... 51
Lampiran 4	Syntax SKATER..... 60
Lampiran 5	<i>Output Output Uji Normalitas dan Uji t – Paired</i> 62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengelompokan iklim (pola curah hujan) dengan membuat Zona Musim (ZOM) untuk berbagai wilayah, tidak terkecuali Kabupaten Ngawi yang merupakan salah satu lumbung padi di Provinsi Jawa Timur. Berbagai bidang membutuhkan informasi iklim, khususnya curah hujan, diantaranya adalah bidang pertanian, perikanan, kehutanan, infrastruktur, transportasi dan telekomunikasi. Khususnya untuk bidang pertanian, informasi iklim menjadi hal yang penting dalam penyesuaian masa tanam dan jenis tanaman yang akan ditanam dalam rentang waktu tertentu. Apabila akurasi pembentukan ZOM semakin tinggi maka diharapkan akan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh faktor iklim seperti hujan badai, banjir, kekeringan, tanah longsor, dan lain sebagainya. Hasil evaluasi terhadap kinerja pemodelan curah hujan menunjukkan bahwa terdapat beberapa lokasi ZOM mempunyai kinerja yang kurang baik yaitu tingkat akurasinya rendah. Beberapa hal yang diduga menyebabkan rendahnya akurasi tersebut, diantaranya adalah metode peramalan yang masih belum sesuai maupun penentuan ZOM yang sudah tidak sesuai, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk penentuan ZOM dengan performa yang lebih baik.

Metode yang sering digunakan dalam pembentukan ZOM adalah analisis kelompok (*cluster analysis*) yang tidak memperhatikan aspek lokasi objek penelitiannya. Analisis kelompok tradisional bertujuan membagi n objek menjadi k kelompok dimana objek yang berada dalam satu kelompok memiliki kesamaan satu sama lain dan objek dengan kelompok berbeda memiliki ketidaksamaan satu sama lain. Ketidaksamaan ini mengacu pada variabel yang diukur pada setiap objek. Ketika objek tersebut mempunyai lokasi spasial yang menentukan

struktur ketetanggaannya, terdapat pertimbangan dalam pengelompokan objek yang dibatasi oleh hubungan spasial. Partisi objek pada kelompok homogen secara internal tetapi objek dalam kelompok dibatasi oleh ketetanggaan struktur spasial (Lage, Assuncao, & Reis, 2001). Analisis pengelompokan zona musim mempunyai unit observasi berupa lokasi stasiun atau stasiun hujan, sehingga aspek spasial seharusnya menjadi hal yang dipertimbangkan dalam pembentukan ZOM.

Terdapat metode pengelompokan yang tidak mengabaikan aspek spasial dalam analisisnya, yang dikenal dengan metode regionalisasi. Regionalisasi adalah prosedur klasifikasi khusus yang mempertimbangkan aspek spasial daerah (Assuncao, Neves, Camaras, & Freitas, 2006). Pada dasarnya, regionalisasi adalah bentuk khusus dari klasifikasi, dimana unit spasial dikelompokkan berdasarkan kriteria tertentu dan dibatasi oleh *contiguity* atau ketetanggaan (Guo, 2008). Metode regionalisasi digunakan untuk mengklasifikasikan daerah berdasarkan fenomena alam tertentu sehingga terbentuk klasifikasi wilayah yang karakteristiknya homogen dan letaknya berdekatan satu sama lain (Assuncao et al., 2006). Hal tersebut bersesuaian dengan hukum geografi yang disampaikan oleh Waldo Tobler, bahwa segala sesuatu berhubungan dengan segala sesuatu yang lain tetapi sesuatu yang dekat akan lebih berkaitan dibandingkan sesuatu yang jauh (Tobler, 1970).

Metode SKATER (*Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal*) diperkenalkan (Lage, Assuncao, & Reis, 2001) sebagai salah satu metode regionalisasi yang spesifik untuk analisis pengelompokan spasial. SKATER menggunakan algoritma yang mentransformasi data-data kewilayahan menjadi grafik-grafik partisi. Metode ini melakukan partisi lokasi-lokasi yang tidak bertetanggaan dan tidak memiliki kesamaan karakteristik. Kelebihan metode SKATER adalah pengelompokannya menggunakan identifikasi ketetanggaan antar-lokasi yang merupakan bagian penting dari analisis spasial (Assuncao et al., 2006).

Sebelumnya, metode SKATER pernah digunakan untuk mengklasifikasikan faktor-faktor yang mempengaruhi kelahiran dan kematian bayi di Kabupaten Bogor, Jawa Barat, hasilnya terbentuk 4 kelompok (Bekti & Rachmawati, 2013). Pada penelitian lainnya, Bekti mengelompokkan lokasi dengan metode SKATER berdasarkan fasilitas air bersih dan sanitasi menghasilkan 6 kelompok lokasi dari 23 kecamatan di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat (Bekti R. D., 2015). Kemudian SKATER digunakan pada proses regionalisasi (Guo, 2008). Pengelompokan ZOM pernah dilakukan dengan *Agglomerative Hierarchical Clustering*, menghasilkan 5 ZOM dan performanya lebih baik daripada ZOM oleh BMKG dilihat dari kriteria rasio S_w dan S_b (Alam & Sutikno, 2010). Metode SKATER juga digunakan pada pembentukan kelompok daerah sensus sosio-ekonomi di Kota Rio de Janeiro, menghasilkan 794 kelompok dari 8145 daerah awal (Santos, Chor, & Werneck, 2010). Simulasi penggunaan metode SKATER dilakukan pada 240 wilayah di Belo Horizonte, sebuah area metropolitan di Brazil. Peneliti mempertimbangkan 100 skenario dengan 14 kelompok dan pada semua skenario tersebut SKATER berhasil menghasilkan seluruh kelompok tanpa ada kesalahan (Lage et.al, 2001). Dari penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui bahwa SKATER mempunyai performa yang bagus dalam mengelompokkan objek dengan aspek spasial (Bekti & Rachmawati, 2013).

Variabel yang digunakan dalam penelitian mengenai pengelompokan zona musim (ZOM) ini adalah curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi. Curah hujan mempunyai variabilitas yang besar dalam ruang dan waktu. Dalam skala ruang, variabilitasnya sangat dipengaruhi oleh letak geografis, topografi, arah angin dan letak lintang. Dalam skala waktu, keragaman curah hujan dibagi atas tipe harian, bulanan dan tahunan. Variasi curah hujan harian lebih dipengaruhi oleh faktor lokal, variasi bulanan dipengaruhi oleh angin moonson, aktivitas koneksi, arah aliran udara di permukaan serta variasi sebaran daratan dan lautan. Variasi curah hujan tahunan dipengaruhi oleh

perilaku kondisi atmosfer lautan global, siklon tropis dan lain-lain (Prasetyo, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan ZOM Kabupaten Ngawi dengan SKATER (*Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal*) dan membandingkan hasilnya dengan ZOM hasil BMKG. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode untuk penentuan ZOM bagi BMKG sehingga dapat mendukung peramalan iklim yang semakin akurat dengan mempertimbangkan aspek spasial.

1.2 Rumusan Permasalahan

Metode yang seringkali digunakan dalam pembentukan ZOM adalah analisis kelompok yang tidak memperhatikan aspek lokasi objek penelitiannya padahal analisis pengelompokan zona musim mempunyai unit observasi berupa lokasi stasiun atau stasiun hujan, sehingga aspek spasial seharusnya menjadi hal yang dipertimbangkan dalam pembentukan ZOM. Akurasi pada pembentukan ZOM sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang, termasuk bidang pertanian di Kabupaten Ngawi yang merupakan salah satu lumbung padi di Provinsi Jawa Timur. Khususnya untuk bidang pertanian, informasi iklim menjadi hal yang penting dalam penyesuaian masa tanam dan jenis tanaman yang akan ditanam dalam rentang waktu tertentu. Salah satu metode pengelompokan spasial yaitu SKATER (*Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal*). Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil pemetaan letak stasiun hujan di Kabupaten Ngawi, bagaimana karakteristik serta hubungan dependensi spasial curah hujan di Kabupaten Ngawi, bagaimana pengelompokan ZOM di Kabupaten Ngawi berdasarkan metode SKATER, bagaimana perbandingan hasil pengelompokan ZOM di Kabupaten Ngawi antara metode SKATER dan ZOM hasil BMKG serta apakah ada perbedaan rata-rata curah hujan antar-kelompok yang terbentuk.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memetakan letak stasiun hujan di Kabupaten Ngawi dengan metode Thiessen Polygons.
2. Mendeskripsikan karakteristik dan menguji dependensi spasial curah hujan di Kabupaten Ngawi.
3. Mengelompokkan ZOM di Kabupaten Ngawi dengan metode SKATER.
4. Membandingkan hasil pengelompokan ZOM antara metode SKATER dengan ZOM oleh BMKG, menguji perbedaan rata-rata curah hujan antar-kelompok yang terbentuk, serta mendapatkan ZOM terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan alternatif bagi BMKG dalam menentukan zona musim di Kabupaten Ngawi. Manfaat bagi peneliti dapat menerapkan analisis kelompok spasial untuk menghasilkan pengelompokan zona musim.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas mengenai konsep dan teori metode yang digunakan dalam melakukan analisis untuk menjawab perumusan masalah penelitian. Metode yang digunakan diantaranya adalah statistika deskriptif, uji dependensi spasial Moran's I, metode SKATER dan uji t berpasangan. Pembahasan mengenai konsep dan teori yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut.

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan metode mengeksplorasi dan membuat kesimpulan pola pada data (Agresti & Franklin, 2007). Dalam penelitian ini, karakteristik data akan dilihat dari rata-rata dan standar deviasinya dengan penjelasan singkat sebagai berikut.

1) *Mean* (Rata-Rata)

Mean adalah jumlah nilai pada data pengamatan dibagi dengan banyaknya pengamatan. Rumus yang digunakan untuk menghitung *mean* adalah

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

dimana x_i = besarnya data ke- i , n = banyaknya data, dan $i = 1, 2, \dots, n$.

2) Standar Deviasi

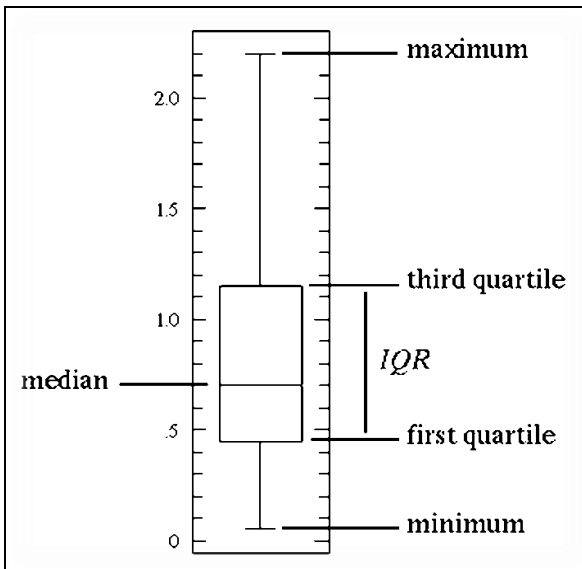
Standar deviasi adalah rata-rata deviasi (selisih antara pengamatan dengan rata-rata sampel).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

dimana x_i = besarnya data ke- i , n = banyaknya data, dan $i = 1, 2, \dots, n$. Selain *mean* dan standar deviasi, dalam analisis deskriptif akan digunakan minimum (nilai terkecil), maksimum (nilai terbesar), dan range (selisih antara maksimum dan minimum).

2.2 Box Plot

Box plot atau *box and whisker plot* terdiri atas lima ukuran statistik, seperti yang disajikan pada Gambar 2.1. Kotak (*box*) menunjukkan nilai kuartil 1 dan kuartil 3 (Q1 dan Q3) dan terbagi dua oleh median (Q2). Terdapat IQR (*Inter Quartil Range*) yaitu selisih antara Q1 dan Q3. Melalui *box plot* dapat dilihat apakah data terdistribusi secara simetris atau tidak dan juga dapat dilihat apakah data mempunyai ekor yang panjang (Ajit & Dorothy, 2000). Gambar 2.1 menunjukkan contoh *box plot*.



Gambar 2.1 Ilustrasi *Box Plot*

2.3 Uji Signifikansi Moran's I

Menurut Lembo (2006) dalam (Kartika, 2007), autokorelasi spasial adalah ukuran kemiripan dari objek di dalam suatu ruang (jarak, waktu dan wilayah). Autokorelasi spasial adalah korelasi antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang. Apabila terdapat pola sistematis dalam penyebaran sebuah variabel, maka terdapat autokorelasi spasial. Hal itu mengindikasikan bahwa

nilai atribut pada daerah tertentu terkait oleh nilai atribut tersebut pada daerah yang letaknya berdekatan atau bertetangga.

Terdapat beberapa metode autokorelasi spasial, salah satunya adalah statistik Moran's I. Sebagaimana korelasi Pearson, nilai korelasi Moran's I serta nilai ekspektasi dan variansnya dapat diperoleh dari formula sebagai berikut (Paradis, 2013).

$$\hat{I}_b = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_{ib} - \bar{x}_b) (x_{jb} - \bar{x}_b)}{\sum_{i=1}^n (x_{ib} - \bar{x}_b)^2}$$

I_b adalah indeks Moran's I untuk curah hujan bulan ke- b , x_{ib} adalah curah hujan pada stasiun ke- i bulan ke- b , x_{jb} adalah curah hujan pada stasiun ke- j bulan ke- b , \bar{x}_b adalah rata-rata curah hujan bulan ke- b , w_{ij} adalah elemen matrik pembobot antara stasiun ke- i dan stasiun ke- j , S_0 adalah jumlahan elemen matrik pembobot

dimana $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$, n adalah banyaknya stasiun hujan

dimana $n = 1, 2, \dots, 25$, b adalah banyaknya bulan dimana $b = 1, 2, \dots, 12$. Matrik pembobot spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Queen Contiguity* yang memperhatikan persinggungan sisi dan sudut. Matrik pembobot w_{ij} berukuran $n \times n$, dimana setiap elemennya menggambarkan ukuran kedekatan antara pengamatan i dan j .

Nilai dari indeks \hat{I} berada diantara -1 dan 1. Apabila $\hat{I} > I_0$ maka terjadi autokorelasi positif pada data atau pola mengelompok, jika $\hat{I} < I_0$ maka terjadi autokorelasi negatif atau pola menyebar, dan jika $\hat{I} = I_0$ maka tidak ada autokorelasi atau pola menyebar tidak merata. I_0 merupakan nilai ekspektasi dari \hat{I}_b , dirumuskan sebagai berikut.

$$E(\hat{I}_b) = I_0 = -\frac{1}{n-1}$$

Koefisien Moran's I digunakan untuk menguji independensi spasial atau autokorelasi antar pengamatan atau lokasi, dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada autokorelasi antar-lokasi

H_1 : Ada autokorelasi antar-lokasi

Statistik ujinya yaitu $Z_{hitung} = \frac{\hat{I}_b - E(\hat{I}_b)}{\sqrt{\text{var}(\hat{I}_b)}} \approx N(0,1)$

$$\text{Var}(\hat{I}_b) = \frac{n \left[(n^2 - 3n + 3)S_1 - nS_2 + 2S_0^2 \right]}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - k \frac{\left[(n^2 - n)S_1 - nS_2 + 3S_0^2 \right]}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - \left[\frac{-1}{n-1} \right]^2$$

dengan

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ib} - \bar{x}_b)^4}{\left(\sum_{i=1}^n (x_{ib} - \bar{x}_b)^2 \right)^2}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^n (w_{i\bullet} + w_{\bullet i})^2$$

$$w_{i\bullet} = \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{dan} \quad w_{\bullet i} = \sum_{j=1}^n w_{ji}$$

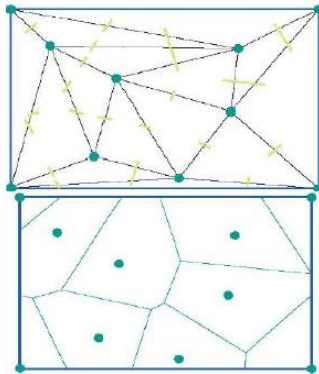
Tolak H_0 apabila $|Z_{hitung}| > Z_{(1-\alpha/2)}$. Nilai autokorelasi spasial yang positif mengindikasikan bahwa antar-lokasi pengamatan mempunyai keeratan hubungan (Lee & Wong, 2000).

2.4 Metode Thiessen Polygons

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Karena hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan

hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam/atau disekitar kawasan tersebut (Ningsih, 2012).

Metode Thiessen Polygon, atau juga disebut diagram Voronoi, diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung antara dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar R_n akan terletak pada suatu wilayah poligon tertentu A_n . Berikut gambaran perhitungan Thiessen Polygons melalui Gambar 2.2. Poligon yang terbentuk mengilustrasikan kawasan yang tinggi curah hujannya diwakili oleh stasiun penakar hujan yang ada di dalam area poligon tersebut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Thiessen Polygons
Sumber : (Ningsih, 2012).

2.5 Metode SKATER

Metode SKATER menggunakan tipe data polygon sebagai inputannya, yaitu tipe data yang menggambarkan suatu area/wilayah. Dalam SKATER terdapat dua langkah analisis untuk membentuk kelompok dengan karakteristik yang cenderung sama. Langkah pertama adalah membangun *Minimum Spanning Tree (MST)* berdasarkan algoritma Prim pada grafik konektivitas. Langkah kedua yaitu membuat partisi MST, yang dilakukan dengan penghapusan *edge* yang menghubungkan wilayah-wilayah

yang besar perbedaannya sehingga akan diperoleh hasil *subtrees* yang merepresentasikan region akhir yang terbentuk (Assuncao et al., 2006). Pengolahan data untuk pengelompokan dengan metode '*K'luster Analysis by Tree Edge Removal* (SKATER) dapat dilakukan di *software* R menggunakan *package* *spdep*, *maptools*, *lattice*, dan *gstat* (Bekti R. D., 2015) atau dapat dilakukan analisis dengan implementasi *library* TERRALIB pada *software* TERRAVIEW (Gilberto, L'ubia, Ferreira, De, Cartaxo, Souza , 2008).

Misalkan suatu kelompok lokasi O dengan variabel $\{A_1, \dots, A_n\}$. Setiap lokasi memiliki vektor variabel $\mathbf{x} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ dimana a_i adalah sebuah kemungkinan nilai dari variabel A_1 . Topologi dari satu set data menunjukkan grafik konektivitas $G = (V, L)$ dengan satu set simpul V dan satu set *edge* L . Koneksi antar simpul v_i dan v_j terjadi apabila lokasi i dan j saling berdekatan (bertetangga). *Edge* (v_i, v_j) dinyatakan sebagai *cost* $d(i, j)$ dengan mengukur ketidaksamaan antara objek i dan j menggunakan vektor variabel x_i dan x_j . Pengukuran ketidaksamaan ini tergantung pada konteks. Jarak kedekatan diukur berdasarkan jarak *Euclidean* pada setiap lokasi. Formula jarak *Euclidean* untuk vektor x_i dan x_j adalah sebagai berikut.

$$d(i, j) = d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \left(\sum_{l=1}^b (x_{il} - x_{jl})^2 \right)^{1/2}$$

Jalur dari simpul v_1 ke simpul v_k merupakan urutan simpul (v_1, v_2, \dots, v_k) yang dihubungkan oleh *edge* $(v_1, v_2), \dots, (v_{k-1}, v_k)$. Grafik G terhubung jika terdapat dua simpul, simpul v_i dan simpul v_j , kemudian setidaknya terdapat satu jalur yang menghubungkan keduanya. Kelompok spasial yang akan dibentuk merupakan kumpulan dari simpul-simpul yang terhubung. Tujuannya adalah untuk membagi grafik G menjadi C kelompok spasial G_1, \dots, G_C dimana kumpulannya merupakan G dan masing-masing kelompok adalah sub-grafik terhubung.

Sirkuit adalah jalur yang simpul pertama dan simpul akhirnya sama, dan pohon adalah grafik yang terhubung tanpa

sirkuit. *Spanning tree* T dari grafik G adalah pohon yang mengandung semua n simpul dari G , dimana dua simpul dari G dihubungkan oleh jalur yang unik, dan jumlah *edge* di T adalah $n - 1$. Penghapusan *edge* manapun dari T menghasilkan dua sub-grafik terpisah yang merupakan calon kelompok-kelompok spasial. *Spanning Minimum Tree (MST)* adalah pohon rentang (*spanning tree*) dengan *cost* minimum, dimana *cost* diukur sebagai jumlah selisih dari semua *edge* pohon. MST unik jika *cost* antara simpul dan semua tetangganya nilainya berbeda.

Berikut ini adalah penjelasan langkah analisis untuk membentuk kelompok dengan metode SKATER.

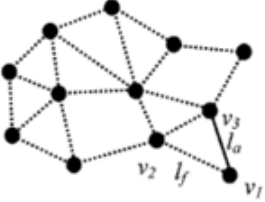
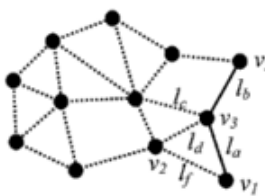
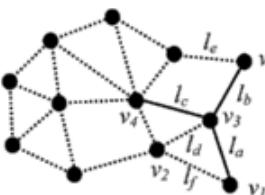

1) Menentukan *Minimum Spanning Tree (MST)*

Pembentukan MST dilakukan berdasarkan algoritma Prims dengan membentuk koneksi antar-simpul dan *edge* pada setiap lokasi (Assuncao et al., 2006). Misalkan grafik konektivitas $G = (V, L)$ yang terdiri dari beberapa simpul (V) dan *edge* (L). Algoritma dimulai dengan sebuah pohon pertama, T_1 , yang hanya memiliki satu sumbu. Pada setiap iterasi, ditambahkan *edge* baru dan simpul yang baru pada pohon yang dibuat. Pada iterasi n , T_n terdiri dari semua n simpul V dan sebuah subset L_m dari L dengan $n-1$ *edge*. Jumlah *cost* yang berkaitan dengan *edge* dalam L_m adalah minimum. Berikut algoritma yang dilakukan untuk membentuk MST.

1. Pilih suatu v_i dari V , maka didapatkan $T_k = T_1 = (\{v_i\}, \phi)$
2. Memilih *edge* dari *cost* terkecil (l') dari L yang menghubungkan simpul T_k dan simpul lainnya, v_j , milik V bukan T_k
3. Pilih v_j dan l' pada pohon T_k dan kemudian susun pohon baru T_{k+1}
4. Ulangi langkah kedua hingga semua simpul masuk ke dalam pohon T_n .

Gambar 2.3 memperlihatkan prosedur untuk membentuk MST dari tiga iterasi pertama dan iterasi terakhir. Apabila

terdapat lebih dari satu *edge* yang *cost*-nya minimum dalam langkah ke-dua, maka MST tersebut tidak unik. Pada kasus ini, MST dapat tergantung pada pemilihan sumbu v_i (pada langkah pertama algoritma) dan menjadi evaluasi *cost* pada langkah ke-dua. Bagaimanapun, pada grafik yang berkaitan dengan dan sosio-ekonomi, hal tersebut tidak mungkin terjadi (Assuncao et al., 2006).

	<p>Iterasi 1: Tetapkan $T_1 = (V_1, L_1)$, dimana $V_1 = \{v_1\}$ dan $L_1 = \emptyset$. Temukan <i>edge</i> dengan <i>cost</i> terendah ($I_a < I_j$). Langkah 3: $T_2 \Rightarrow V_2 = \{v_1, v_3\}$ dan $L_2 = \{I_a\}$. Langkah 4: Ulangi langkah 2.</p>
	<p>Iterasi 2: Temukan <i>edge</i> dengan <i>cost</i> terendah ($I_c < I_b < I_d < I_a$). Tetapkan $T_3 \Rightarrow V_3 = \{v_1, v_3, v_5\}$ dan $L_3 = \{I_a, I_b\}$.</p>
	<p>Iterasi 3: Temukan <i>edge</i> dengan <i>cost</i> terendah ($I_c < I_d < I_e < I_a$). Tetapkan $T_4 \Rightarrow V_4 = \{v_1, v_3, v_4, v_5\}$ dan $L_4 = \{I_a, I_b, I_c\}$.</p>
	<p>Iterasi final: $V_4 = V$.</p>

Gambar 2. 3 Menentukan Minimum Spanning Tree (MST)

Sumber : (Assuncao et al., 2006).

2) Membuat Partisi MST

Setelah terbentuk MST, SKATER melakukan partisi rekursif dari MST untuk mendapatkan pengelompokan (Assuncao et al., 2006). Hasil pengelompokan adalah adanya homogenitas variabel di dalam kelompok. Untuk membentuk partisi dari n objek pada k wilayah, dilakukan penghapusan $k-1$ *edge* dari MST. Masing-masing akan menghasilkan kelompok yang berbentuk pohon. Pembentukan partisi dari n objek pada k wilayah dilakukan dengan strategi pembagian hierarki (*hierarchical division strategy*). Awalnya, seluruh objek masuk dalam sebuah pohon yang sama. Selanjutnya akan ada proses penghapusan *edge* dari MST asli. Pada setiap iterasi, pohon dibagi menjadi dua dengan memotong sebuah *edge* sampai dengan terbentuknya kelompok yang telah ditetapkan.

Partisi tersebut menghasilkan grafik G^* yang terdiri dari pohon T_1, T_2, \dots, T_n dimana setiap pohon akan terkoneksi namun tidak memiliki simpul ataupun *edge* dengan pohon lain. Pada iterasi pertama, G^* hanya berupa sebuah pohon tunggal, yang merupakan MST. Di setiap iterasi, dilakukan pemeriksaan pada grafik G^* dan mengambil sebuah *edge* yang akan membagi pohon T_i menjadi dua bagian yaitu T_i^1 dan T_i^2 . Hal ini merupakan proses pemecahan wilayah menjadi dua sub-wilayah. Pemilihan *edge* menggunakan jumlah kuadrat deviasi antar kelompok (SSD_i), yaitu meminimumkan

$$Q(\Pi) = \sum_{i=1}^k SSD_i$$

Dimana Π adalah partisi dari objek menjadi k pohon; $Q(\Pi)$ adalah nilai yang berkaitan dengan kualitas dari partisi Π ; dan SSD_i adalah jumlah kuadrat deviasi dalam wilayah i .

Jumlah kuadrat deviasi dalam kelompok (SSD_i) dihitung dari penyebaran nilai variabel pada objek dalam sebuah wilayah. Wilayah yang homogen akan memiliki nilai SSD yang kecil. Sehingga semakin kecil $Q(\Pi)$ maka semakin baik partisinya. SSD diformulasikan sebagai berikut.

$$SSD_k = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$$

Dengan n_k adalah banyaknya objek spasial pada pohon k ; x_{ij} adalah variabel ke- j dari objek spasial i ; m adalah banyaknya variabel dalam analisis; dan \bar{x}_j adalah nilai rata-rata variabel ke- j dari seluruh objek pada pohon k .

Pada setiap iterasi, dilakukan penghapusan *edge* dari grafik G^* yang terdiri dari pohon T_1, \dots, T_n dengan membandingkan solusi optimum untuk setiap pohon T_1, \dots, T_n . Solusi terbaik yang dapat membagi pohon T dinotasikan sebagai S_*^R berdasarkan pada fungsi objektif:

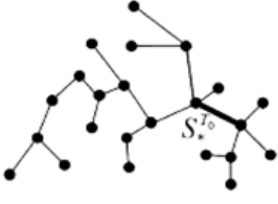

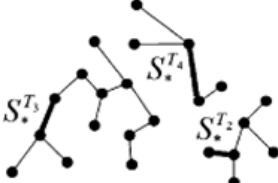
$$f_1(S_l^T) = SSD_T - (SSD_{T_a} - SSD_{T_b})$$

S_l^T adalah gubahan hasil dari pemotongan *edge* l dari pohon T , dan T_a dan T_b adalah dua pohon yang dihasilkan dari pemotongan *edge* l dari pohon T .

Pada setiap iterasi, dilakukan pembagian pohon T_i yang memiliki nilai tertinggi pada fungsi objektifnya $f_1(S_*^{T_i})$. Idanya adalah untuk memperoleh peningkatan kualitas terbesar pada setiap langkahnya. Dimulai dari sebuah MST, dapat dibuat kelompok sebagai berikut.

1. Mulai dengan grafik $G^* = (T_0)$ dimana $T_0 = \text{MST}$
2. Identifikasi *edge* yang memiliki fungsi objektifnya tertinggi $S_*^{T_0}$
3. Selama $(G^*) < k$ (jumlah kelompok yang ditentukan), ulangi langkah 4 dan 5
4. Untuk semua pohon G^* , pilih pohon T_i dengan fungsi objektif $f_1(S_*^{T_i})$ yang terbaik.
5. Membagi T_i menjadi dua sub-pohon yang baru dan memperbarui G^*

Gambar 2.4 berikut memperlihatkan tiga iterasi pertama dalam membuat partisi MST (Assuncao et al., 2006).

	<p>Iterasi 0: $G^* = \text{MST}$. Pilih <i>edge</i> yang memiliki fungsi objektif terbesar. Potong <i>edge</i> tersebut dan terbentuklah dua pohon (T_1 dan T_2).</p>
	<p>Iterasi 1: $G^* = (T_1 \text{ dan } T_2)$. Bandingkan fungsi objektif terbesar untuk T_1 dan T_2. Pisahkan pohon T_1 apabila $f_1(S_*^{T_2}) \leq f_1(S_*^{T_1})$</p>
	<p>Iterasi 2: $G^* = (T_2, T_3, T_4)$. Bandingkan fungsi objektif terbesar T_2, T_3, T_4. Pisahkan pohon T_3 apabila $f_1(S_*^{T_2}) \leq f_1(S_*^{T_4}) \leq f_1(S_*^{T_3})$</p>

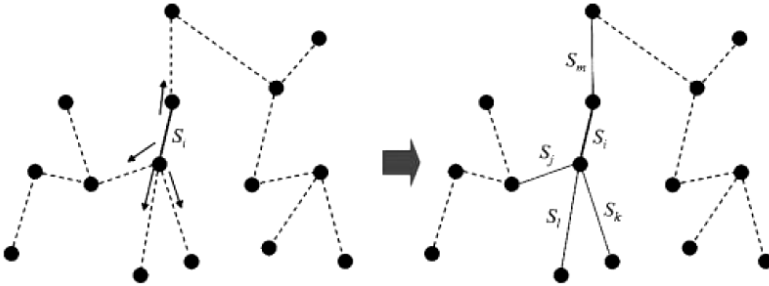
Gambar 2.4 Proses Partisi MST

Sumber : (Assuncao et al., 2006).

Cara mendapatkan partisi MST dengan cepat dapat dilakukan dengan mengetahui *edge* terbaik yang membagi *subtree* dari kandidat terbaik dalam ruang solusi S yaitu $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}\}$, dimana kandidat S_i adalah penghapusan *edge* l dari pohon.

Algoritma untuk mencari solusi optimum dengan menganalisis tetangga kandidat. Langkah optimasi dapat dimulai dengan mengevaluasi solusi S_i pada titik saat ini dan solusi pada lingkungan terdekatnya. Gambar 2.5 menunjukkan bagaimana melakukan ekspansi kedekatan di ruang solusi. Sebagai contoh, S_i mempunyai empat tetangga yaitu S_j, S_k, S_l dan S_m . Evaluasi dapat

dilakukan pada kelima solusi dan melacak solusi dengan fungsi objektif $f_1(S_i)$.



Gambar 2. 5 Ekspansi Kedekatan Solusi S_i

Sumber : (Assuncao et al., 2006).

Fungsi objektif kedua, f_2 , digunakan untuk memilih solusi yang membagi pohon menjadi dua kelompok yang lebih homogen danimbang. Nilai f_2 adalah nilai terkecil dari selisih antara nilai SSD pada pohon saat ini dan nilai SSD dari dua *subtrees* hasil pemotongan dari nilai sebagai berikut.

$$f_2 = \min [(SSD_T - SSD_{T_a}), (SSD_T - SSD_{T_b})]$$

Pemilihan titik awal dapat mengurangi iterasi dalam menemukan solusi optimum. Seperti halnya pada metode pembagian hierarki, titik awal yang baik adalah titik yang terdapat pada tengah/pusat pohon. Titik pusat dapat ditentukan dengan mengidentifikasi *edge* yang membagi pohon menjadi dua *subtrees* dengan ukuran yang sama. Selanjutnya, dapat dilakukan optimasi dengan menggunakan dua fungsi objektif. *Stopping Condition (SC)* pada strategi eksplorasi adalah jumlah iterasi maksimum tanpa pertumbuhan nilai f_1 . Berikut kesimpulan dari optimasi heuristik (Assuncao et al., 2006).

1. Mulai dari titik pusat, V_c . Masukkan solusi yang berkaitan dengan *edge* pada V_c dalam daftar solusi potensial, S_p . Tetapkan $n^* = n = 0$ dan $f_1(S^*) = 0$.
2. Mengevaluasi solusi-solusi dalam S_p dan menyimpannya dalam daftar L .

3. Memperbarui informasi solusi terbaik. Memilih solusi S_j dalam S_p dengan fungsi objektif terbesar $f_1(S_j)$. Jika $f_1(S_j) > f_1(S_*)$ maka $S_* = S_j$ dan $n_* = n$.
4. Tetapkan $n = n + 1$. Berdasarkan fungsi *balancing* $f_2(S_j)$, pilih sebuah solusi dari daftar L yang akan memiliki lingkungan yang diperluas, lalu mulailah membuat daftar solusi potensial S_p yang baru.
5. Memeriksa *stopping condition* ($n - n_* > SC$). Jika salah, maka kembali ke langkah ke-2. Sebaliknya, jika benar maka pilih S_* sebagai solusi terbaik yang ada, dan proses selesai.

Prosedur tersebut akan diulangi iterasinya hingga kriteria SC (kandidat solusi tidak berubah pada saat jumlah iterasi tertentu) sudah terpenuhi. Daerah populasi yang seimbang tidak dipertimbangkan dalam prosedur regionalisasi ini. Asumsi yang diberlakukan dalam prosedur tersebut adalah:

S_* adalah solusi terbaik sementara yang pada saat penyelesaian akan mewakili solusi terpilih;

n adalah jumlah iterasi;

n_* adalah iterasi terakhir dimana peningkatan fungsi objektif f_1 terjadi;

S_p adalah daftar solusi potensial pada iterasi saat ini;

L adalah daftar calon yang telah dievaluasi namun belum diperluas;

S_j adalah solusi terbaik pada daftar solusi potensial S_p saat ini dimana identifikasinya dilakukan setelah mempertimbangkan semua solusi dalam S_p ;

Stopping Condition (SC) adalah kondisi berhenti mencari, yang didefinisikan sebagai jumlah iterasi tanpa perbaikan di f_1 .

2.6 Kriteria Kebaikan Zona Musim

Kriteria kebaikan ZOM yang terbentuk dari analisis pengelompokan akan dilihat berdasarkan dua nilai simpangan

baku, yaitu dalam-kelompok (S_W) serta antar-kelompok (S_B) dengan rumus sebagai berikut.

$$S_W = K^{-1} \sum_{k=1}^K S_k$$

S_k adalah simpangan baku kelompok ke- k dan K adalah banyaknya kelompok yang terbentuk.

$$S_B = \left[(K-1)^{-1} \sum_{k=1}^K (\bar{X}_k - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

\bar{X}_k adalah rata-rata kelompok ke- k dan \bar{X} adalah rata-rata keseluruhan kelompok.

Kedua nilai simpangan baku tersebut digunakan untuk menentukan hasil perbandingan antara ZOM yang dihasilkan dari metode SKATER dan ZOM dari BMKG. Semakin kecil nilai S_W dan semakin besar nilai S_B maka metode pengelompokan tersebut mempunyai kinerja yang baik karena itu berarti homogenitas dalam kelompoknya tinggi (Bunkers, Miller, & DeGaetano, 1996).

2.7 Uji t Berpasangan

Uji t berpasangan (*t-paired test*) bertujuan untuk menguji perbedaan rata-rata dua kelompok yang berpasangan (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2011). Uji t berpasangan memerlukan asumsi normalitas. Dalam penelitian ini digunakan uji normalitas dengan Saphiro Wilk karena dinilai efektif dan valid untuk sampel berjumlah kecil, yaitu hanya melibatkan 12 bulan amatan.

Hipotesis uji t berpasangan adalah:

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (rata-rata kedua kelompok adalah sama)

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (rata-rata kedua kelompok adalah berbeda)

Taraf signifikan (α) = 5%. Tolak H_0 apabila $P\text{-value} < \alpha$ atau $|t_{\text{hitung}}| > t_{\text{tabel}}$ dimana $t_{\text{tabel}} = t_{(\alpha/2); (n-1)}$

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_d - \mu_0}{s_d / \sqrt{n}}$$

dengan $\bar{X}_d = \frac{\sum d}{n}$ dan $s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n} \right\}}$

dimana d adalah selisih rata-rata curah hujan bulanan antara dua kelompok, \bar{X}_d adalah rata-rata selisih, n adalah jumlah sampel, s_d adalah simpangan baku dari d .

2.8 Curah Hujan dan Zona Musim

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan 1 mm adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan per satuan luas (m^2) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Jadi, curah hujan sebesar 1 mm setara dengan 1 liter/ m^2 . Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah (Aldrian, Budiman, & Karmini, 2011).

Zona Musim (ZOM) adalah wilayah yang mempunyai batas yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau. Non ZOM adalah wilayah yang tidak mempunyai batas yang jelas antara periode musim hujan dan musim kemarau, yang selanjutnya disebut daerah Non Zona Musim (Non ZOM). Batas wilayah ZOM tidak mengikuti batas administrasi pemerintahan. Dimana, satu wilayah ZOM bisa terdiri dari beberapa kabupaten, dan sebaliknya satu wilayah kabupaten bisa terdiri dari beberapa ZOM (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2015).

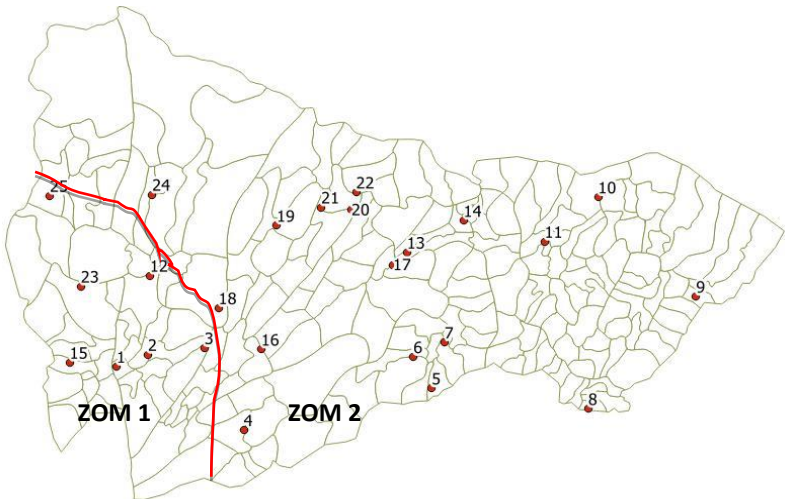
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang meliputi data curah hujan bulanan pada periode tahun 1990-2015 di Kabupaten Ngawi, bersumber dari BMKG Stasiun Klimatologi Klas II Karangploso Malang. Gambar 3.1 berikut menggambarkan letak stasiun hujan di Kabupaten Ngawi dilengkapi dengan urutan label ID stasiun pos hujan sesuai Tabel 3.1.



Gambar 3. 1 Zona Musim di Kabupaten Ngawi

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan (mm) bulanan pada setiap stasiun hujan di Kabupaten Ngawi. Terdapat 25 stasiun hujan di Kabupaten Ngawi yang dijadikan objek pengamatan dalam penelitian ini sebagaimana disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi

ID	Nama Stasiun	Koordinat		Elevasi (mdpl)
		Lintang	Bujur	
1	Ngrambe	-7,513	111,198	430
2	Babadan	-7,504	111,220	368
3	Dawung/Jogorogo	-7,499	111,261	252
4	Kendal	-7,560	111,289	74
5	Keras Kulon	-7,529	111,423	88
6	Guyung	-7,506	111,410	69
7	Tepas/Pg Sudhono	-7,495	111,433	70
8	Budug	-7,544	111,536	66
9	Legundi/Karangjati	-7,461	111,613	32
10	Kedungbendo	-7,387	111,543	137
11	Cangaan/Padas	-7,420	111,504	82
12	Kedungprahu/Sambiroto	-7,445	111,221	82
13	Jururejo/Mardiasri	-7,428	111,406	70
14	Margomulyo/Ngawi	-7,404	111,446	59
15	Karangasri/Kedung Urung-Urung	-7,510	111,164	440
16	Gentong/Bekoh	-7,500	111,301	154
17	Paron	-7,437	111,396	69
18	Begal	-7,469	111,271	162
19	Kedung Galar	-7,408	111,312	91
20	Gemarang/Sokongadirejo	-7,396	111,366	86
21	Kricak	-7,394	111,344	78
22	Ngancar/Papungan	-7,383	111,369	57
23	Banyubiru/Tretes	-7,453	111,172	202
24	Widodaren/Wali Kukun	-7,385	111,223	73
25	Kedungharjo/Mantingan	-7,386	111,150	113

Data curah hujan dari masing-masing stasiun hujan Kabupaten Ngawi dihitung rata-rata setiap bulannya, mulai dari tahun 1990 hingga 2015. Struktur data pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Struktur Data Awal

ID Stasiun (<i>i</i>)	Tahun	Curah Hujan (<i>j</i>)				
		Jan	Feb	Mar	...	Des
1	1990					
	1991					
	⋮					
	⋮					
	⋮					
	2015					
	Jumlah	$\sum x_{11}$	$\sum x_{12}$	$\sum x_{13}$	...	$\sum x_{1,12}$
2	1990					
	1991					
	⋮					
	⋮					
	⋮					
	2015					
	Jumlah	$\sum x_{21}$	$\sum x_{22}$	$\sum x_{23}$	...	$\sum x_{2,12}$
⋮						
⋮						
⋮						
25	1990					
	1991					
	⋮					
	⋮					
	⋮					
	2015					
	Jumlah	$\sum x_{25,1}$	$\sum x_{25,2}$	$\sum x_{25,3}$	...	$\sum x_{25,12}$

Kemudian, struktur data Tabel 3.2 diatas dapat diringkas menjadi seperti Tabel 3.3 sebagai input data dalam proses pengolahan dan analisis pembentukan ZOM-nya.

Tabel 3. 3 Struktur Data Input

ID Stasiun (<i>i</i>)	Nama Stasiun	Rata-Rata Curah Hujan bulan ke- <i>b</i>				
		Jan	Feb	Mar	...	Des
1		\bar{x}_{11}	\bar{x}_{12}	\bar{x}_{13}	...	$\bar{x}_{1,12}$
2		\bar{x}_{21}	\bar{x}_{22}	\bar{x}_{23}	...	$\bar{x}_{2,12}$
.	
.	
.	
25		$\bar{x}_{25,1}$	$\bar{x}_{25,2}$	$\bar{x}_{25,3}$	...	$\bar{x}_{25,12}$

\bar{x}_{11} adalah rata-rata curah hujan di stasiun hujan ke-1 di bulan ke-1 (Januari), \bar{x}_{12} adalah rata-rata curah hujan di stasiun hujan ke-1 di bulan ke-2 (Februari), dan seterusnya. Secara umum, \bar{x}_{ib} adalah rata-rata curah hujan di stasiun hujan ke-*i* di bulan ke-*b*, dimana $i = 1, 2, \dots, 25$ dan $b = 1, 2, \dots, 12$.

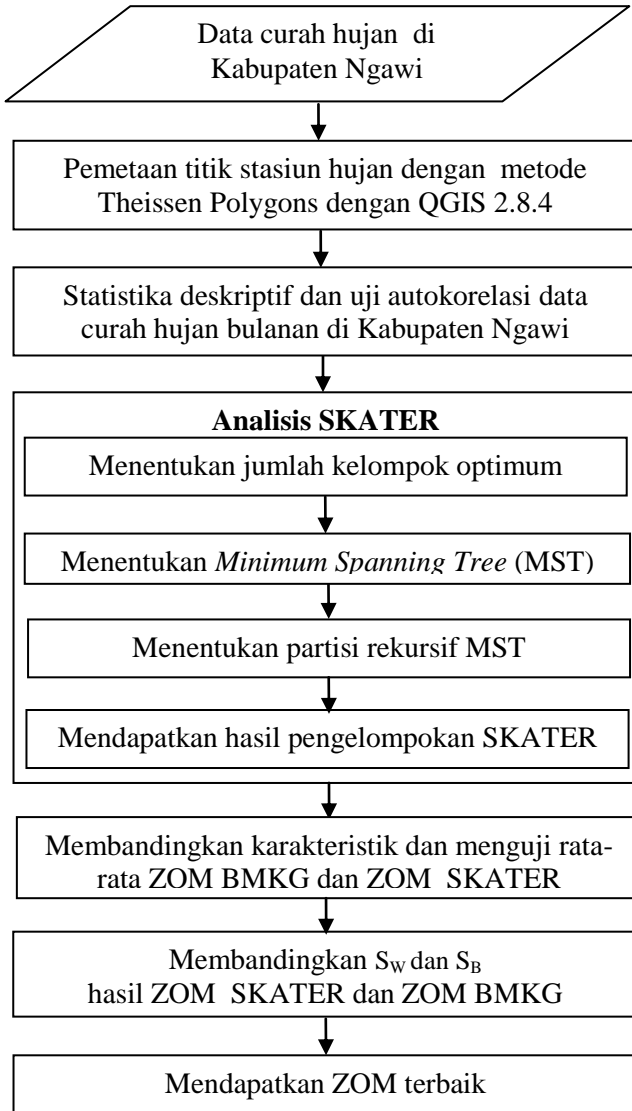
3.3 Langkah Analisis Data

Berikut langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

1. Untuk menjawab tujuan pertama, dilakukan pemetaan dengan metode Theissen Polygons untuk menampilkan peta Kabupaten Ngawi berdasarkan lokasi stasiun hujannya. Pemetaan ini menggunakan software QGIS 2.8.4
2. Untuk menjawab tujuan ke-dua, dilakukan analisis deskriptif dan menguji autokorelasi antar-lokasi
 - 1) Karakteristik tinggi curah hujan tiap stasiun di Kabupaten Ngawi ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan *box-plot*.

- 2) Uji autokorelasi antar-lokasi (stasiun hujan) dilakukan dengan menggunakan uji Moran's I.
3. Untuk menjawab tujuan ke-tiga, dilakukan analisis SKATER dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) Menentukan jumlah kelompok paling optimum dengan membandingkan nilai simpangan dalam kelompok (S_w), simpangan antar-kelompok (S_b) serta rasio S_w dan S_b . Kelompok dengan rasio S_w S_b terkecil adalah jumlah kelompok yang akan dipilih.
 - 2) Menentukan *Minimum Spanning Tree (MST)* berdasarkan algoritma Prims pada grafik konektivitas.
 - 3) Melakukan partisi MST untuk mendapatkan pengelompokan, dilakukan dengan penghapusan *edge* yang menghubungkan wilayah-wilayah yang besar perbedaannya sehingga akan diperoleh hasil *subtrees* yang merepresentasikan region akhir yang terbentuk.
 - 4) Mendapatkan hasil pengelompokan berdasarkan metode SKATER dan mendeskripsikan karakteristiknya.
4. Untuk menjawab tujuan ke-empat, dilakukan analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) Membandingkan karakteristik anggota ZOM BMKG dengan ZOM yang dihasilkan dengan metode SKATER.
 - 2) Menguji kesamaan rata-rata antara ZOM BMKG dengan ZOM SKATER.
 - 3) Menghitung dan membandingkan kriteria S_w dan S_b pada ZOM BMKG maupun ZOM SKATER
 - 4) Mendapatkan ZOM terbaik.

Gambar 3.2 berikut merupakan diagram alir analisis data.

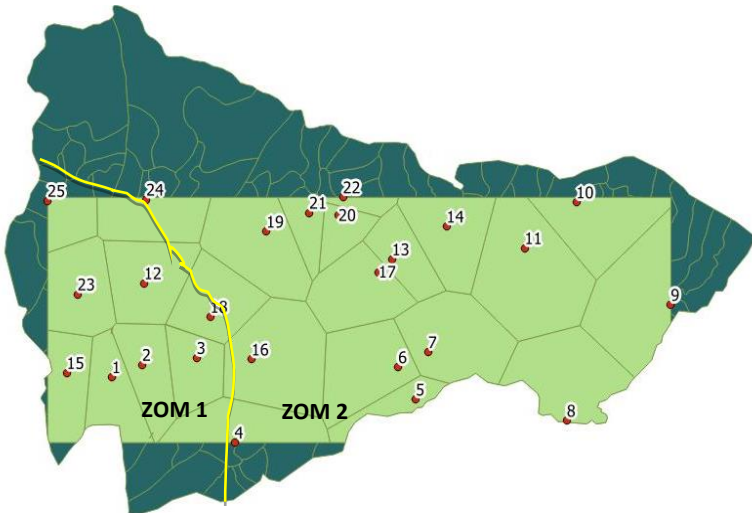


Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemetaan Titik Lokasi Stasiun Hujan

Pemetaan titik lokasi 25 stasiun hujan Kabupaten Ngawi dilakukan dengan menggunakan metode Thiessen Polygons (Gambar 4.1). Beberapa langkah pembuatan peta stasiun hujan dengan Thiessen Polygons dijelaskan pada Lampiran 2. Poligon yang terbentuk mengilustrasikan kawasan yang tinggi curah hujannya diwakili oleh stasiun penakar hujan yang berada di dalam area poligon tersebut.



Gambar 4.1 Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi dengan Thiessen Polygons.

4.2 Deskripsi Tinggi Curah Hujan Bulanan

Deskripsi tinggi curah hujan di Kabupaten Ngawi untuk mengetahui informasi awal tentang pola data yang akan dilakukan analasi lebih lanjut. Nilai *mean*, standar deviasi, minimum,

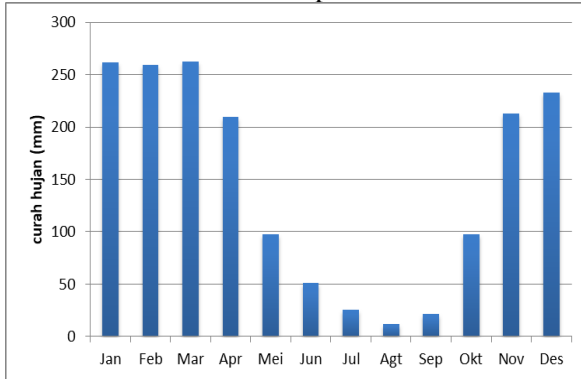
maksimum dan *range* tinggi hujan Kabupaten Ngawi ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Mean, Standar Deviasi, Minimum, Maksimum dan Range Tinggi Curah Hujan Bulanan (mm)*

Bulan	Mean	Stdev	Min	Max	Range
Januari	261,602	71,932	112,615	404,000	291,385
Februari	259,322	61,673	108,269	402,654	294,385
Maret	262,563	58,042	140,538	365,077	224,538
April	209,741	46,855	95,269	291,308	196,038
Mei	97,346	24,197	50,154	139,538	89,385
Juni	50,882	16,306	12,808	82,538	69,731
Juli	25,276	8,907	10,192	47,769	37,577
Agustus	11,747	6,425	1,346	28,769	27,423
September	21,151	8,738	5,000	42,692	37,692
Oktober	97,593	32,816	24,615	177,769	153,154
November	212,957	84,395	93,442	555,462	462,019
Desember	233,186	51,497	84,192	334,385	250,192

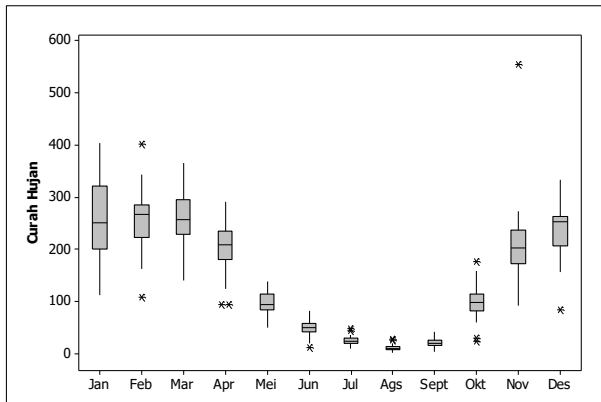
Rata-rata curah hujan pada bulan Maret adalah yang tertinggi di Kabupaten Ngawi, sebesar 262,563 mm, disusul oleh rata-rata curah hujan pada Januari dan Februari yang tidak jauh berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa puncak musim penghujan Kabupaten Ngawi adalah pada bulan Maret. Sedangkan curah hujan di bulan Agustus adalah yang terendah, yaitu 11,747 mm, berarti puncak musim kemarau di Kabupaten Ngawi terjadi pada bulan Agustus. Standar deviasi terbesar dari curah hujan di Kabupaten Ngawi adalah pada bulan November. Hal itu menunjukkan bahwa variasi curah hujan di Kabupaten Ngawi pada bulan November yang terbesar. Nilai range atau selisih antara minimum dan maksimum besar menunjukkan range yang besar, artinya tingkat curah hujan di setiap stasiun hujan di Kabupaten Ngawi tinggi.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa curah hujan di Kabupaten Ngawi bersifat monsun. Hal tersebut dapat dilihat dari pola curah hujannya yang membentuk huruf U. Musim kemarau terjadi pada bulan Mei – Oktober sedangkan musim penghujan di Kabupaten Ngawi mulai bulan November – April.



Gambar 4.2 Rata-Rata Curah Hujan Bulanan.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa *outlier* tinggi curah hujan paling banyak terjadi pada musim kemarau yaitu bulan Juni–Oktober. Artinya, hujan masih terjadi walaupun sudah memasuki musim kemarau.



Gambar 4.3 Curah Hujan Bulanan dan Outlier.

Meskipun tidak sebanyak pada musim kemarau, pada musim penghujan (November – April) juga terjadi tinggi curah hujan yang *outlier*, kecuali bulan Januari dan Maret. *Outlier* paling besar terjadi di bulan November. Hal ini bersesuaian dengan hasil deskriptif sebelumnya bahwa variasi terbesar curah hujan di Kabupaten Ngawi adalah pada bulan November (Gambar 4.3).

4.3 Pengujian Autokorelasi Moran's I

Pengujian autokorelasi Moran's I berikut dilakukan dengan menggunakan *software* Geoda. Perbandingan antara nilai indeks Moran's I dan nilai ekspektasinya (E(I)) menunjukkan bahwa curah hujan bulan Februari, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober dan November memiliki nilai autokorelasi positif, maka penyebaran tinggi curah hujan pada bulan-bulan itu memiliki pola mengelompok. Sedangkan curah hujan bulan Januari, Maret, April, Mei dan Desember memiliki nilai autokorelasi negatif, maka polanya menyebar (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Nilai I, E(I), Standar Deviasi dan Z_{hitung}

Bulan	I	E(I)	St.dev	Z_{hitung}
Januari	-0,012	-0,042	0,127	0,232
Februari	0,362	-0,042	0,127	3,173*
Maret	-0,166	-0,042	0,127	-0,984
April	-0,066	-0,042	0,126	-0,191
Mei	-0,106	-0,042	0,134	-0,480
Juni	0,116	-0,042	0,126	1,256
Juli	0,180	-0,042	0,125	1,767*
Agustus	0,127	-0,042	0,125	1,349
September	0,158	-0,042	0,127	1,568
Oktober	0,231	-0,042	0,122	2,225*
November	0,048	-0,042	0,090	0,988
Desember	-0,066	-0,042	0,124	-0,198

*signifikan pada $\alpha=10\%$

Berdasarkan pengujian autokorelasi spasial yang dilakukan dengan indeks Moran's I pada Tabel 4.2, curah hujan bulan Februari, Juli dan Oktober signifikan terdapat autokorelasi spasial pada $\alpha=10\%$ ($Z_{(1-0,1/2)}=1,645$). Maka disimpulkan bahwa curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi memiliki hubungan spasial antar-lokasi stasiun hujannya dan analisis pengelompokan spasial dengan metode SKATER dapat dilanjutkan.

4.4 Pengelompokan Stasiun Hujan dengan SKATER

Pada analisis ini akan dilakukan pengelompokan stasiun hujan dengan metode *Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal* (SKATER). Pengelompokan berdasarkan 12 variabel yang terdiri dari tinggi curah hujan bulanan di masing-masing stasiun hujan dari bulan Januari hingga Desember. Gambar peta stasiun hujan yang disajikan dalam analisis SKATER ini merupakan hasil pemetaan yang sebelumnya telah disajikan dalam Gambar 4.1.

4.4.1 Penentuan Jumlah Kelompok Optimum

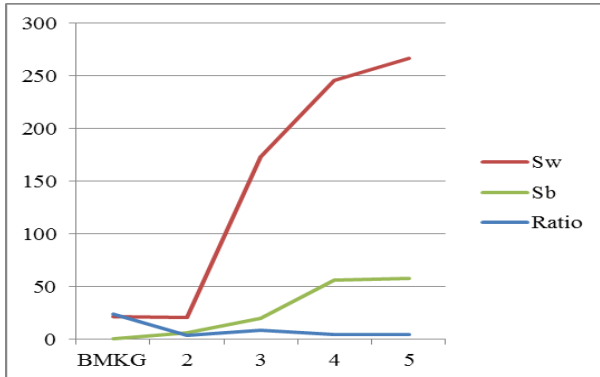
Penentuan jumlah kelompok yang paling optimum dapat dilakukan dengan memeriksa nilai simpangan dalam kelompok (Sw), simpangan antar-kelompok (Sb) serta rasio Sw dan Sb pada berbagai jumlah kelompok yang ditentukan. Dalam penelitian ini ditentukan jumlah kelompok yang akan diperiksa dan dibandingkan adalah 2, 3, 4 dan 5 kelompok.

Tabel 4.3 Nilai Sw, Sb dan Ratio pada Berbagai Jumlah Kelompok Menurut ZOM

ZOM	Jumlah Kelompok	Sw	Sb	Ratio
BMKG	2	21,877	0,920	23,758
	2	20,888	5,993	3,485*
SKATER	3	172,8962	19,542	8,847
	4	246,230	56,307	4,372
	5	267,171	57,702	4,630

*baris yang di blok adalah yang memiliki ratio terrendah

Informasi pada Tabel 4.3 dapat ditampilkan dalam plot Sw, Sb dan rasio pada berbagai jumlah kelompok sebagaimana disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Sw, Sb dan Ratio pada Berbagai Jumlah Kelompok.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa dengan jumlah kelompok 2, 3, 4 maupun 5, rasio Sw Sb dari ZOM hasil SKATER lebih kecil apabila dibandingkan dengan rasio Sw Sb ZOM BMKG. Metode SKATER dengan jumlah kelompok sebanyak 2 diketahui memiliki rasio Sw Sb yang paling minimum sehingga analisis SKATER yang dipilih dalam penelitian ini selanjutnya adalah SKATER dengan 2 kelompok.

4.4.2 Analisis SKATER

Langkah pertama dalam analisis SKATER adalah menentukan *Minimum Spanning Tree (MST)*. Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan MST antar-node stasiun hujan Kabupaten Ngawi berdasarkan algoritma Prims.

Iterasi 1

1. Tentukan $T_1 = (V_1, L_1)$
 $V_1 = \{v_5\}$
 $L_1 = \text{belum diperoleh}$

2. Edge L_1 dicari dengan memilih *cost* minimum dari node 5 terhadap tetangganya (node 4,1,3,14,23)
Hitung jarak Euclidian dari $d(5,4)$; $d(5,1)$; $d(5,3)$; $d(5,14)$; $d(5,23)$, sehingga diperoleh jarak minimum yaitu antara node 5 dan 14 $\rightarrow d(5,14) = \text{edge } l_a$
3. Didapatkan $T_2 = (V_2, L_2)$
 $V_2 = \{v_5, v_{14}\}$
 $L_2 = l_a$

Iterasi 2

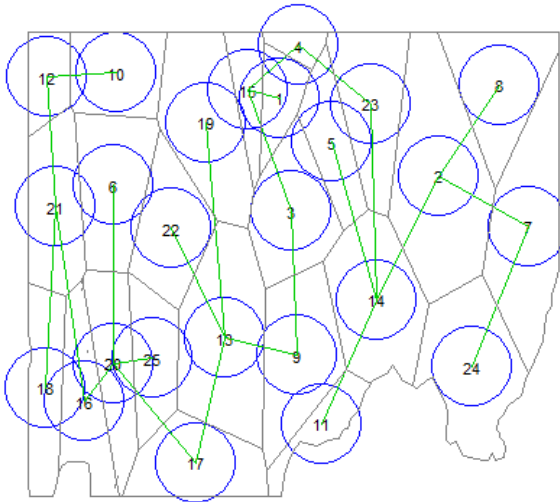
4. Ulangi langkah 2, yaitu mencari *edge* dengan *cost* minimum.
Dari grafik node diketahui bahwa node 5 memiliki 5 tetangga sedangkan node 14 memiliki 7 tetangga.
Hitung jarak Euclidian dari $d(5,4)$; $d(5,1)$; $d(5,3)$; $d(5,23)$; $d(14,23)$; $d(14,2)$; $d(14,24)$; $d(14,11)$, $d(14,9)$; $d(14,3)$.
Diperoleh jarak minimum yaitu antara node 14 dan 11 $\rightarrow d(14,11) = \text{edge } l_b$
5. Didapatkan $T_3 = (V_3, L_3)$
 $V_3 = \{v_5, v_{14}, v_{11}\}$
 $L_2 = \{l_a, l_b\}$

Iterasi 3

6. Ulangi langkah 2. Cari *edge* dengan *cost* minimum hingga ditemukan *edge* sebanyak $n-1$ (yaitu $25 - 1 = 24$ *edge*) yang mencakup seluruh node.
Akhirnya, akan diperoleh $T_{25} = (V_{25}, L_{25})$
dan $V_{25} = \{v_5, v_{14}, v_{11}, \dots\} = V$, dan $L_2 = \{l_a, l_b, \dots\}$.

Hasil MST dapat dilihat pada Gambar 4.5 berupa garis-garis koneksi yang menghubungkan 25 stasiun hujan di Kabupaten Ngawi. Penomoran lokasi pada hasil MST ini tidak bersesuaian dengan nomor ID stasiun sehingga harus berhati-hati dalam menyesuaikan nomor lokasinya dengan nama stasiun pada Tabel 3.1.

Koneksi yang pertama terbentuk adalah dari lokasi nomor 5 dan 14 yaitu stasiun Tepas/Sudhono dan Keras Kulon. Selanjutnya, koneksi ke-dua adalah lokasi nomor 14 dan 11 yaitu stasiun Tepas/Sudhono dan Keras Kulon. Hingga koneksi terakhir adalah lokasi nomor 13 dan 19 yaitu stasiun Gentong/Bekoh dan Kedung Galar.

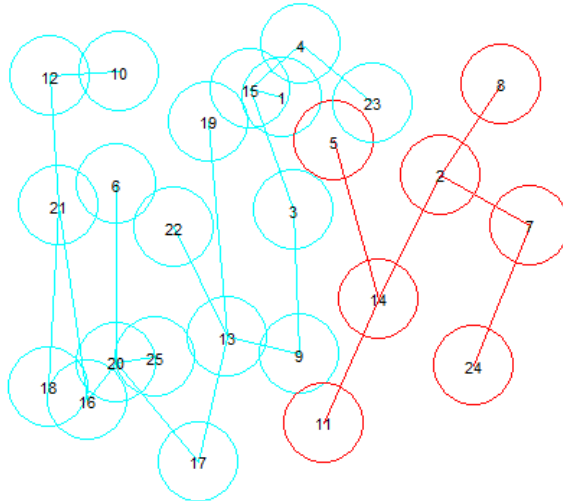


Gambar 4.5 MST Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi.

Langkah kedua dalam analisis SKATER adalah melakukan partisi MST. Awalnya, seluruh stasiun masuk dalam sebuah pohon yang sama yaitu MST yang telah terbentuk sebelumnya. Selanjutnya akan ada proses penghapusan *edge* dari MST asli. Pada setiap iterasi, pohon dibagi menjadi dua dengan memotong sebuah *edge* yang membagi wilayah menjadi paling homogen, yaitu dengan jumlah kuadrat deviasi dalam kelompoknya paling minimum. Hasil partisi MST stasiun hujan Kabupaten Ngawi menghasilkan 2 kelompok seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.

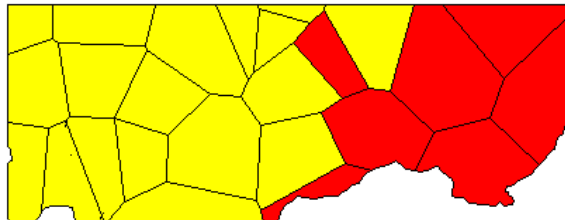
Berdasarkan hasil partisi tersebut dapat diketahui bahwa 25 stasiun hujan seluruhnya masuk dalam kelompok yang terdiri dari

2 kelompok. Letak dari stasiun-stasiun hujan saling berdekatan dengan anggota sekelompoknya. Kelompok I terdiri dari 7 stasiun hujan yang letaknya di bagian timur dari Kabupaten Ngawi, sedangkan kelompok II terdiri dari 18 stasiun hujan yang letaknya di bagian barat.



Gambar 4.6 Partisi MST Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi.

Gambar 4.7 menampilkan plot poligon spasial sesuai hasil pengelompokan stasiun hujan di Kabupaten Ngawi dengan menggunakan metode SKATER. Lokasi yang berwarna merah adalah daerah kelompok I sedangkan yang berwarna kuning adalah kelompok II.



Gambar 4.7 Poligon Stasiun Hujan Kabupaten Ngawi dengan SKATER.

Kelompok I mempunyai 7 anggota kelompok yaitu stasiun hujan dengan ID nomor 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13. Secara berurutan, nama anggota kelompok I adalah stasiun hujan Keras Kulon, Tepas/Pg Sudhono, Budug, Legundi/ Karangjati, Kedungbendo, Cangaan/ Padas, Jururejo/ Mardiasri. Sedangkan untuk kelompok II terdiri dari 18 stasiun hujan selain anggota kelompok I. Rata-rata serta standar deviasi tinggi curah hujan berdasarkan bulan untuk masing-masing kelompok dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Rata-Rata dan Standar Deviasi Curah Hujan Berdasarkan Hasil ZOM SKATER

Bulan	Rata-Rata		Standar Deviasi	
	Kelompok		Kelompok	
	I	II	I	II
Januari	214,360	279,973	72,802	64,480
Februari	237,423	267,838	93,509	44,826
Maret	236,863	272,558	74,489	49,193
April	189,466	207,374	64,925	43,803
Mei	91,483	99,626	30,888	21,686
Juni	33,864	57,502	14,103	11,811
Juli	23,490	25,971	7,850	9,404
Agustus	7,650	13,341	4,832	6,358
September	15,131	23,492	9,232	7,549
Oktober	77,694	105,333	36,770	28,577
November	190,329	221,756	68,158	90,127
Desember	200,136	246,039	70,929	36,654

Rata-rata curah hujan bulanan pada stasiun kelompok II lebih tinggi daripada kelompok I. Standar deviasi curah hujan pada stasiun kelompok I lebih tinggi daripada kelompok II, kecuali

pada bulan Agustus dan November (Tabel 4.4). Hal ini terjadi dapat disebabkan oleh adanya *outlier* pada kedua bulan tersebut.

4.4.3 Pengujian Perbedaan Rata-Rata Kelompok Hasil SKATER

Uji t berpasangan dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok yang berpasangan dari ZOM yang terbentuk. Sebelum dilakukan uji t berpasangan perlu dilakukan uji normalitas dengan Saphiro Wilk dengan hipotesis:

H_0 : Kedua kelompok berdistribusi normal

H_1 : Kedua kelompok tidak berdistribusi normal

Hasil pengujian normalitas menyimpulkan bahwa kedua kelompok berdistribusi normal dengan *P-value* (0,422) > α (0,05). Maka selanjutnya dapat dilanjutkan dengan uji t berpasangan dengan hipotesis sebagai berikut.

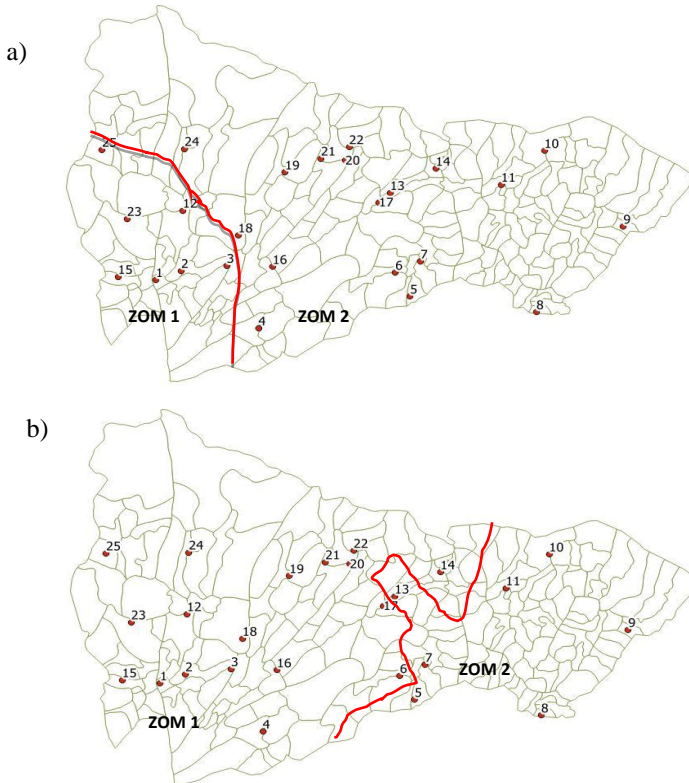
H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata curah hujan pada kelompok I dan kelompok II

H_1 : Ada perbedaan rata-rata curah hujan pada kelompok I dan kelompok II

Hasil uji t berpasangan menghasilkan *P-value* (0,001) < α (0,05) atau $|-4,723| > t_{(0.05/2); 11}$ (2,201) sehingga tolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara kelompok I dan kelompok II.

4.5 Pemilihan ZOM Terbaik

Melalui analisis SKATER jumlah kelompok optimum yang dihasilkan adalah dua kelompok tetapi alokasi anggota pada setiap kelompoknya berbeda dari ZOM BMKG. Hasil pengelompokan SKATER kelompok I merupakan ZOM 2, kelompok II merupakan ZOM 1. Perbandingan anggota ZOM BMKG dengan ZOM hasil metode SKATER dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Perbandingan Anggota ZOM 1 dan ZOM 2 antara ZOM BMKG (a) dan ZOM SKATER (b).

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengelompokan SKATER keanggotaan ZOM 1 menjadi meluas hingga meliputi 18 lokasi pos hujan jika dibandingkan dengan ZOM 1 dari BMKG. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah ZOM yang dihasilkan dari metode SKATER memang sama dengan ZOM BMKG yaitu sejumlah dua kelompok tetapi anggota-anggota di dalam ZOM 1 dan ZOM 2 adalah berbeda.

Selanjutnya, perbandingan antara ZOM BMKG dan ZOM hasil SKATER dapat dilihat berdasarkan simpangan dalam

kelompok (S_w) dan simpangan antar-kelompok (S_b). Selain itu, perbandingannya dapat ditinjau berdasarkan rasio antara S_w dan S_b pada kedua ZOM.

Tabel 4.5 Nilai S_w dan S_b antara ZOM BMKG dan ZOM SKATER

ZOM	S_w	S_b	Rasio
BMKG	21,878	0,921	23,759
SKATER	20,888	5,993	3,485

Nilai simpangan dalam kelompok (S_w) ZOM hasil SKATER lebih kecil dibandingkan dengan S_w ZOM BMKG, sedangkan simpangan antar-kelompok (S_b) ZOM hasil SKATER lebih besar daripada S_b ZOM BMKG. Rasio antara simpangan dalam kelompok dan simpangan antar-kelompok ZOM hasil SKATER lebih kecil daripada rasio ZOM BMKG (Tabel 4.5). Hal ini berarti bahwa ZOM hasil SKATER lebih homogen daripada ZOM BMKG, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja ZOM hasil SKATER lebih baik jika dibandingkan dengan ZOM BMKG.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pemetaan Kabupaten Ngawi berdasarkan lokasi stasiun hujannya dapat dilihat pada Gambar 4.1.
2. Hasil analisis deskriptif dan uji autokorelasi antar-lokasi stasiun hujan :
 - a. Musim kemarau terjadi pada bulan Mei – Oktober sedangkan musim penghujan di Kabupaten Ngawi mulai bulan November – April. Puncak musim kemarau di Kabupaten Ngawi terjadi pada bulan Agustus, sedangkan puncak musim penghujannya adalah pada bulan Maret.
 - b. Berdasarkan uji autokorelasi dengan indeks Moran's I, curah hujan bulan Februari, Juli dan Oktober signifikan terdapat autokorelasi spasial pada $\alpha=10\%$. Maka disimpulkan bahwa curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi memiliki hubungan spasial antar-lokasi stasiun hujannya.
3. Hasil analisis SKATER menghasilkan 2 kelompok. Kelompok I mempunyai 7 stasiun hujan dan kelompok II terdiri dari 18 stasiun hujan.
4. Hasil perbandingan antara ZOM BMKG dan ZOM SKATER:
 - a. Rata-rata curah hujan bulanan pada stasiun kelompok II lebih tinggi daripada kelompok I. Standar deviasi curah hujan pada stasiun kelompok I lebih tinggi daripada kelompok II, kecuali pada bulan Agustus dan November.
 - b. Berdasarkan uji t berpasangan, terdapat perbedaan antara kedua kelompok hasil SKATER.
 - c. Rasio antara simpangan dalam kelompok (S_w) dan simpangan antar-kelompok (S_b) ZOM hasil SKATER mempunyai nilai rasio yang lebih kecil daripada rasio ZOM BMKG. Hal ini berarti bahwa ZOM hasil SKATER

lebih homogen daripada ZOM BMKG, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja ZOM hasil SKATER lebih baik jika dibandingkan dengan ZOM BMKG.

5.2 Saran

Penelitian ini melibatkan pemetaan lokasi stasiun hujan yang awalnya berupa titik lalu ditransformasi menjadi area, sehingga peneliti perlu mempelajari lebih lanjut mengenai pemetaan dengan berbagai metode/pendekatan. Selain itu, penentuan kelompok pada penelitian ini belum dikoreksi lebih lanjut dengan menggunakan peta kontur curah hujan maupun elevasi. Oleh karena itu saran untuk penelitian lebih lanjut dapat menambahkan pemeriksaan hasil pengelompokan dengan peta kontur agar memperoleh hasil yang lebih akurat. Kepada BMKG disarankan untuk mempertimbangkan efek spasial dalam membentuk zona musim agar diperoleh hasil pengelompokan yang lebih homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A., & Franklin, C. A. (2007). *Statistic: The Art of Science of Learning from Data*. USA: Pearson Education, Inc.
- Ajit, T., & Dorothy, D. (2000). *Statistics and Data Analysis*. USA: Prentice Hall, Inc.
- Alam, D. A., & Sutikno. (2010). *Pengelompokan Zona Musim (ZOM) dengan Agglomerative Hierarchical Clustering (Studi Kasus : Pengelompokan ZOM di Kabupaten Ngawi)*. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Statistika ITS.
- Aldrian, E., Budiman, & Karmini, M. (2011). *Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Kedeputan Bidang Klimatologi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*. Jakarta.
- Assuncao, R., Neves, M., Camaras, G., & Freitas, C. (2006). Efficient Regionalization Techniques for Socioeconomic Geographicalunits using Minimum Spanning Trees. *International Journal of Geographical Information Science*, 797-811.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. (2015). Apa yang Dimaksud dengan Zon Musim. Dipetik Februari 17 2017 dari BB Padi : <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/tahukah-anda/152-apa-yang-dimaksud-dengan-zona-musim>
- Bekti, R. D. (2015). Metode Spasial SKATER untuk Pengelompokan Lokasi Berdasarkan Fasilitas Air Bersih dan Sanitasi. *Jurnal Teknologi*, 53-58.
- Bekti, R., & Rachmawati, R. (2013). Spatial Cluster for Clustering the Influence Factor of Birth and Death Child in Bogor Regency. *AIP Conf. West Java*.
- BMKG Stasiun Klimatologi Malang. (2016). *Buku Prakiraan Musim Hujan Jawa Timur Tahun 2016-2017*. Malang: BMKG Stasiun Klimatologi Malang.

- Bunkers, W. J., Miller, J. R., & DeGaetano, A. T. (1996). Definition of Climate Regions in the Northern Plains Using an Objective Cluster Modification Technique. *J.Climate*, 130-146.
- Gilberto , C., L'ubia, V., Ferreira, K. R., De, G. R., Cartaxo, R., Souza, M., et al. (2008). *Terralib: An open source gis library for large-scale environmental and socio-economic applications*.
- Guo, D. (2008). Regionalization with Dynamically Constrained Agglomerative Clustering and Partitioning (REDCAP). *International Journal of Geographical Information Science*, 22, 801-823.
- Hair, J. F., Rolph, E. A., Ronald, L. T., & Black, W. C. (2006). *Multivariate Data Analysis Sixth Edition*. USA: Pearson Education Prentice Hall, Inc.
- Johnson, N., & Winchern, D. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis 5th Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Kartika, Y. (2007). *Pola Persebaran Spasial Demam Berdarah Dengue di Kota Bogor Tahun 2005*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lage, J. P., Assuncao, R. M., & Reis, E. A. (2001). A Minimal Spanning Tree Algorithm Applied to Spatial Cluster Analysis. *Electric Notes in Discrete Mathematics*, 7.
- Lee, J., & Wong, S. D. (2000). *Statistical Analysis with Arcview GIS*. USA: John Willey & Sons Inc.
- Ningsih, D. H. (2012, Juli). Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 17, 154-163.
- Paradis, E. (2013). *Moran's Autocorrelation Coefficient in*. New York: Springer.
- Prasetyo, R. (2011). *Analisis Curah Hujan Akibat Siklon Tropis Nangka Parma dan Nida di Sulawesi Utara*. Sulawesi Utara: Skripsi Sarjana FMIPA Unsrat.

- Reis, I., Camara, G., R. Assuncao, R., & Monteiro, A. (2007). *Data-Aware Clustering for Geosensor Networks Data Collection*. Florianópolis: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- Rencher, A. C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis 2nd edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Santos, S. M., Chor, D., & Werneck, G. L. (2010). Cemarcatio of Local Neighbourhoods to Study Relations Between Contextual Factors and Health. *International Journal of Health Geographics*, 1-15.
- Sudjana. (1996). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Tango, T. (2010). Statistical Methods for Disease Clustering. USA: Springer.
- Tobler, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 234-240.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. E. (2011). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (9 ed.). New Jersey: Prentice Hall.

(Halaman sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Pernyataan Pengambilan Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMIPA ITS

Nama : Partini Ningsih
NRP : 1315 105 051

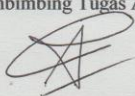
menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian/buku/Tugas Akhir/Thesis/publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Data Penelitian Dr. Sutikno, S.Si, M. Si. Dengan judul “Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan untuk Analisis Resiko Produksi Padi dengan Indikator Perubahan Iklim Jangka Panjang dan Jangka Pendek”

Keterangan : Data curah hujan Kabupaten Ngawi periode 1 Januari 1990 - 31 Desember 2015 pada 25 stasiun hujan.


Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir



(Dr. Sutikno, S.Si, M.Si.)
NIP. 19710313 199702 1 001

Surabaya, Juni 2017



Partini Ningsih
NRP 1315 105 051

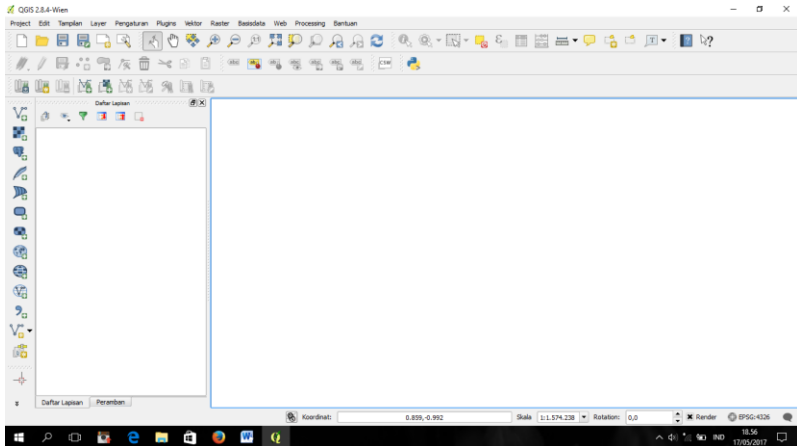
*(coret yang tidak perlu)

Lampiran 2. Data rata-rata tinggi curah hujan bulanan di Kabupaten Ngawi tahun 1990-2015 menurut masing-masing stasiun hujan.

No	Nama Stasiun	Tinggi Curah Hujan (mm)					
		Jan	Feb	...	...	...	Des
1	Babadan	194,62	162,04	.	.	.	164,08
2	Banyubiru/Tretes	321,38	270,65	.	.	.	213,19
3	Begal	199,00	200,92	.	.	.	207,46
4	Budug	146,65	173,19	.	.	.	156,12
5	Cangaan/Padas	186,19	194,62	.	.	.	172,62
6	Dawung/Jogorogo	404,00	338,62	.	.	.	334,38
7	Gemarang/Sokonga direjo	244,23	267,27	.	.	.	252,73
8	Gentong/Bekoh	294,88	268,46	.	.	.	255,50
9	Guyung	321,00	301,65	.	.	.	268,12
10	Jururejo/Mardiasri	274,85	281,15	.	.	.	267,96
.
.
.
21	Ngancar/Papungan	216,69	272,96	.	.	.	244,31
22	Ngrambe	341,73	279,79	.	.	.	263,12
23	Paron	251,58	287,08	.	.	.	263,92
24	Tepas/Pg Sudhono Widodaren/Wali	230,31	240,04	.	.	.	207,35
25	Kukun	325,54	285,31	.	.	.	254,46

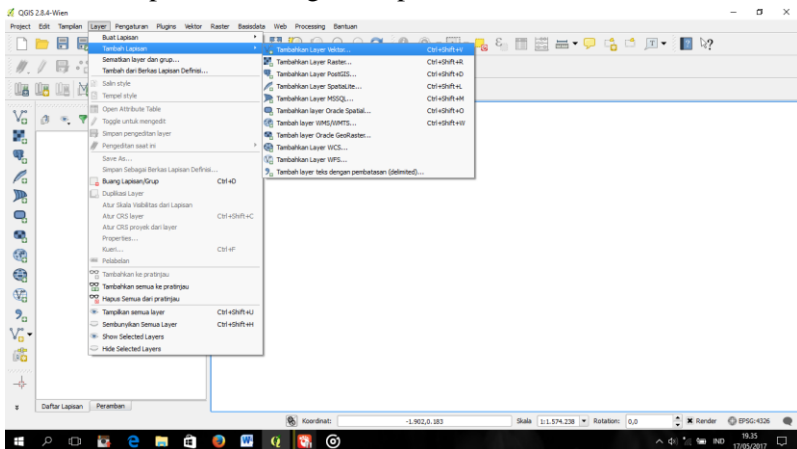
Lampiran 3. Langkah-Langkah Pembuatan Peta Stasiun Hujan dengan Thiessen Polygons

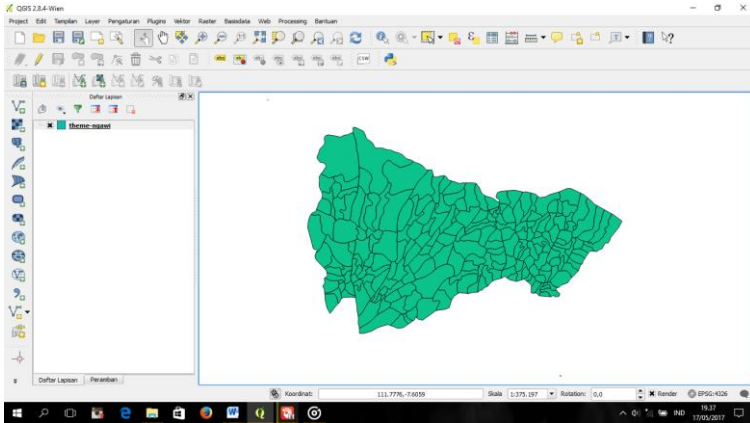
1. Buka *software* QGIS, berikut ini tampilannya.



2. Buka peta shp yang akan digunakan yaitu peta Kabupaten Ngawi dan peta titik lokasi stasiun hujan.

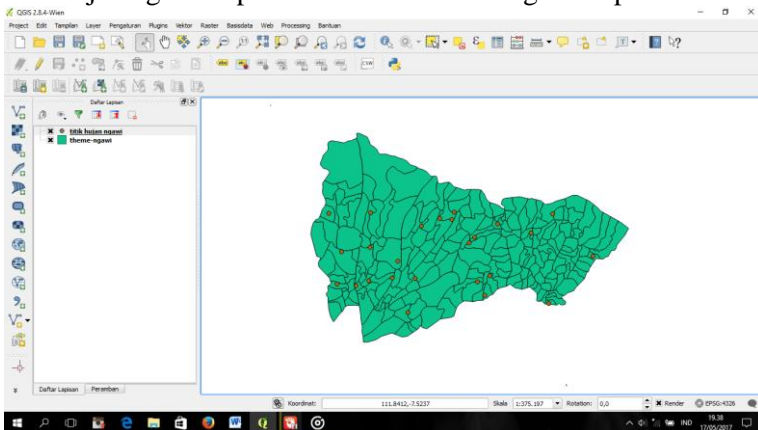
Klik menu Layer > Tambah Lapisan > Tambahkan layer vektor > pilih theme-ngawi.shp





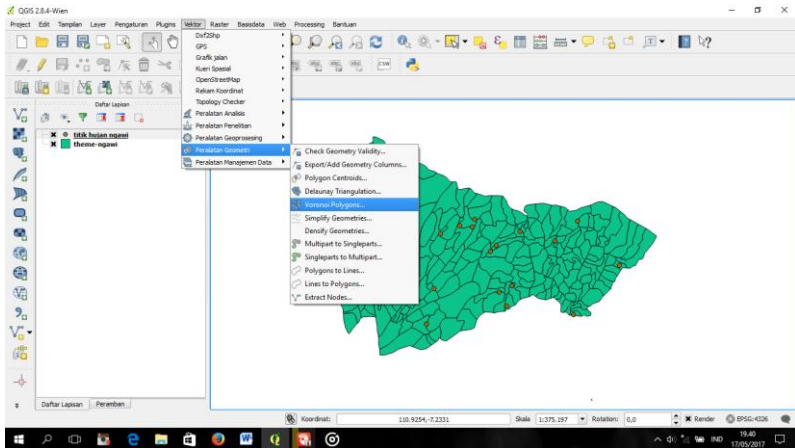
Dengan cara yang sama, buka shp titik hujan ngawi.shp

Hasil dari 2 peta shp yang dibuka di QGIS adalah seperti berikut ini. Perhatikan bahwa pada urutan layer (window sebelah kiri), titik hujan ngawi.shp berada di atas theme-ngawi.shp



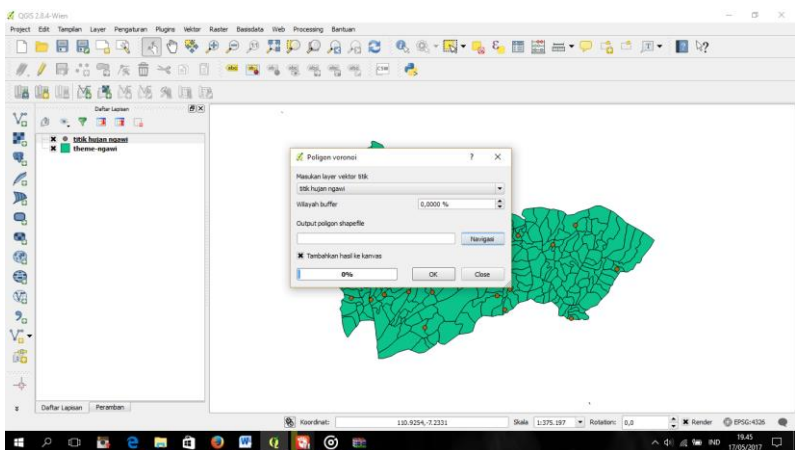
3. Membuat Voronoi Polygons

Klik menu Vector > Geometry Tools > Voronoi Polygons

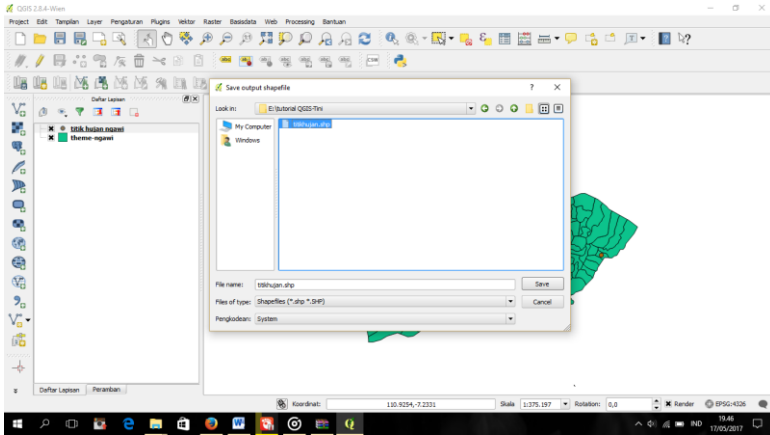


Muncul window Polygon Voronoi.

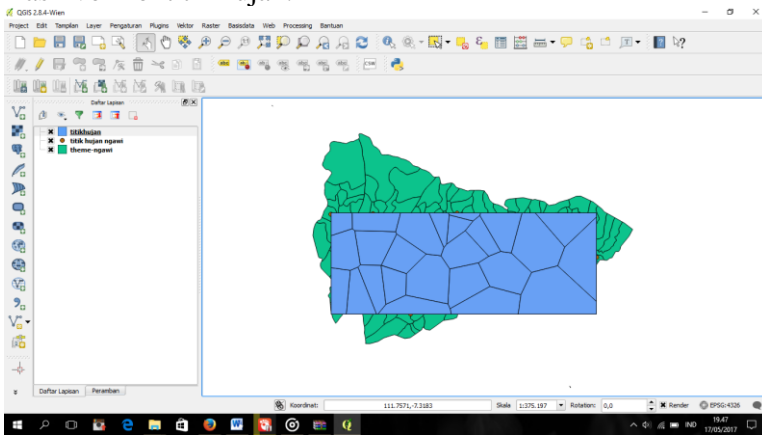
- Masukan layer vektor titik : titik hujan ngawi
- Klik OK



Pilih tempat penyimpanan

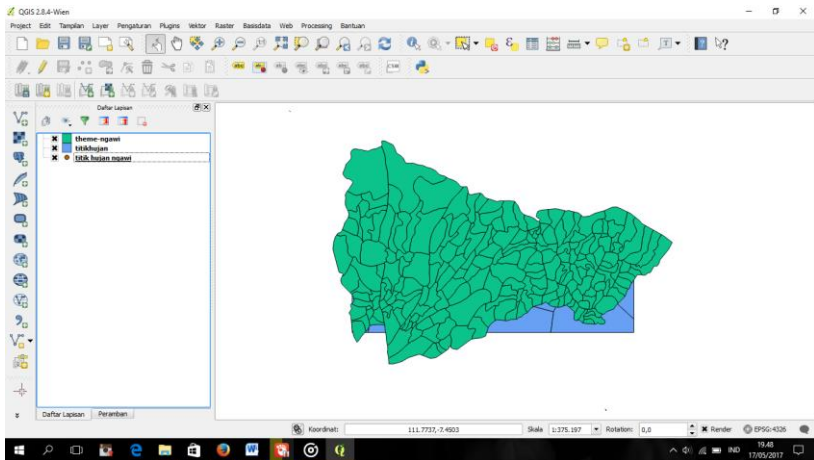


Hasil voronoi titik hujan:

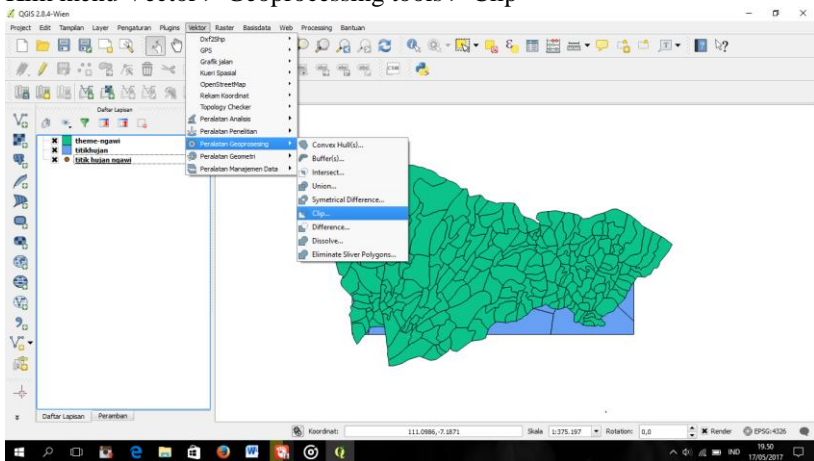


4. Cara Clipping

Geser layer theme-ngawi.shp ke paling atas, maka:

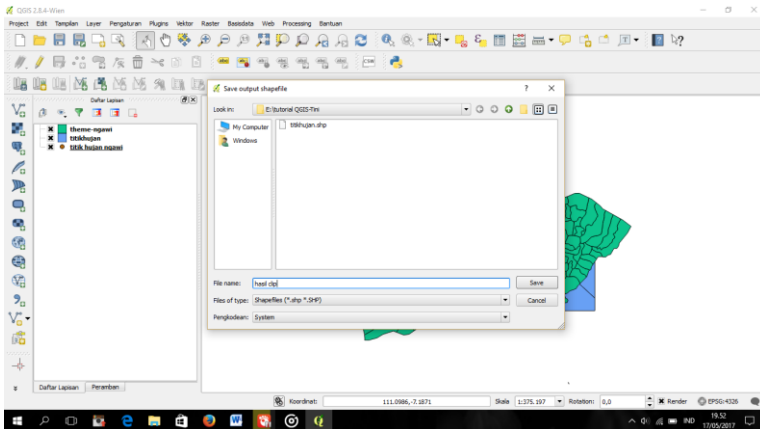


Klik menu Vector > Geoprocessing tools > Clip

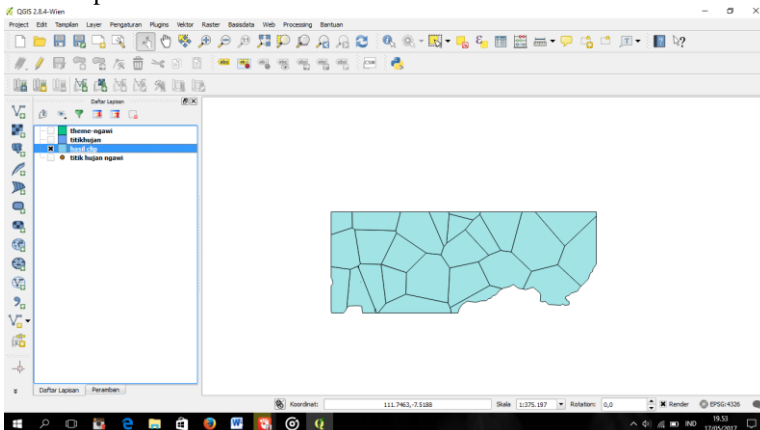


Pada window Clip, isilah :

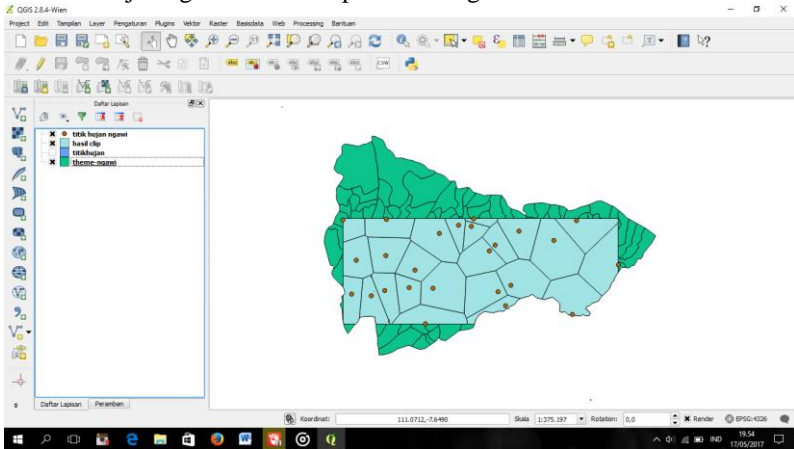
- Masukkan layer vektor → titik hujung
- Layer pemotong → theme ngawi
- OK
- Simpan hasil clip
- OK



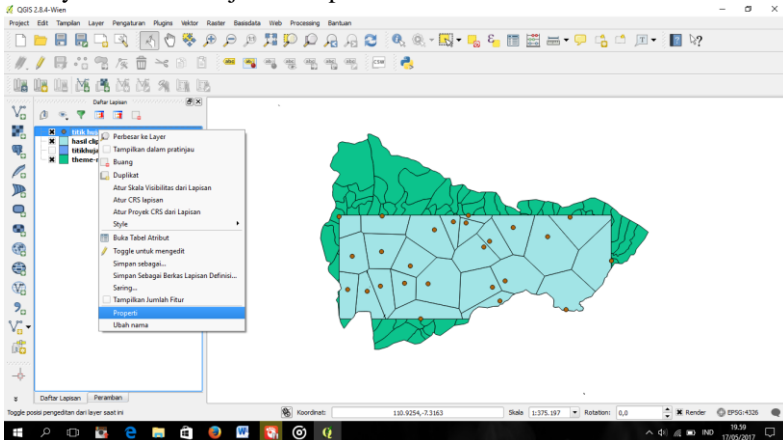
Hasil clip :



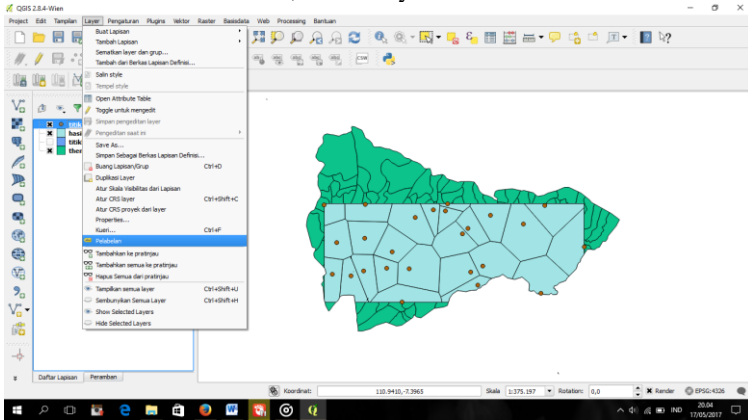
5. Tata layer dengan urutan dari atas ke bawah:
Titik hujan ngawi—hasil clip—theme ngawi



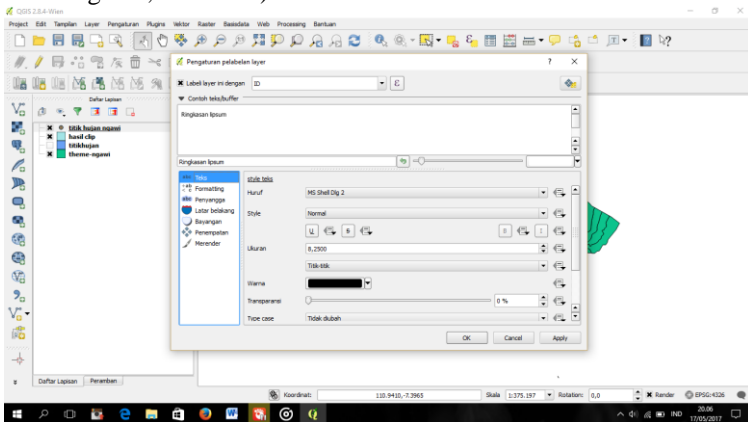
6. Untuk mengedit simbol/warna titik-titik hujan, dengan klik kanan layer titik-titik hujan > Properties



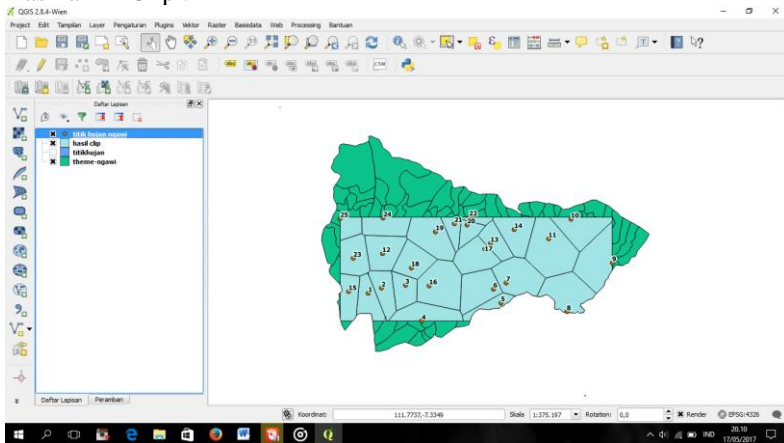
7. Untuk menambah label, menu Layer > Pelabelan



8. Klik aktifkan tanda silang “label layer ini dengan:(sesuai keinginan, misal: ID) → sebelah atas kiri



Hasil akhir Clip :



9. Untuk menyimpan gambar:
Menu Project > Save image as...

Lampiran 4. Syntax SKATER

```
###skater1 [17mei 2017]
#edited by : Partini Ningsih

library(spdep)
library(lattice)
library(maptools)
library(e1071)
library(classInt)
library(RColorBrewer)

peta <- readShapePoly("E:/ngawiposhu.shp")
plot(peta)
win.graph()

data <- read.table("E:/data_curah hujan.txt", sep="",
header=TRUE)
sapply(data, class)

peta$X1=data$jan
peta$X2=data$feb
peta$X3=data$mar
peta$X4=data$apr
peta$X5=data$mei
peta$X6=data$jun
peta$X7=data$jul
peta$X8=data$agt
peta$X9=data$sep
peta$X10=data$okt
peta$X11=data$nov
peta$X12=data$des

datapeta <- data.frame(peta)
data1=datapeta[,5:16]
```

```
#neighborhood list
bh.nb <- poly2nb(peta)

#calculating costs
lcosts <- nbcosts(bh.nb, data1)

#making list w
nb.w <- nb2listw(bh.nb, lcosts, style="B")

#find mst
mst.bh <- mstree(nb.w,5)

#the mstree plot
par(mar=c(0,0,0,0))
plot(mst.bh, coordinates(peta), col=3,cex.lab=.7,
cex.circles=0.035, fg="blue")
plot(peta, border=gray(.5), add=TRUE)
win.graph()

res1 <- skater(mst.bh[,1:2], data1, ncuts=1, method="euclidean")

table(res1$groups)
par(mar=c(0,0,0,0))
plot(res1, coordinates(peta), cex.circles=0.035, cex.lab=.7)
win.graph()
plot(peta, col=heat.colors(5)[res1$groups])
d1=data.frame(group=res1$group, data1)
d1
```

Lampiran 5. Output Uji Normalitas dan Uji t – Paired**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
d	,152	12	,200*	,934	12	,422

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rata2_grup1	126,49075	12	92,928850	26,826248
	rata2_grup2	151,73358	12	107,271564	30,966633

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	rata2_grup1 & rata2_grup2	12	,993	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	rata2_grup1 - rata2_grup2	-25,242833	18,514684	5,344729	-37,006502	-13,479165	-4,723	11	,001

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Partini Ningsih, biasa dipanggil Tini. Lahir di Kabupaten Karanganyar pada tanggal 2 Agustus 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis diantaranya adalah : TK Amal Mulya Tawangmangu, MI Amal Mulya Tawangmangu, SMP Negeri 1 Tawangmangu, SMA Negeri 1 Karanganyar dan Diploma III Departemen Statistika ITS angkatan 2012. Penulis melanjutkan studi

Lintas Jalur Departemen Statistika ITS melalui tes reguler pada tahun 2015. Saat menempuh jenjang sarjana ini, penulis melaksanakan Kerja Praktek di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya. Berbekal ketertarikannya pada statistika spasial, penulis mengambil mata kuliah Statistika Spasial dan melakukan penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Pembentukan Zona Musim Kabupaten Ngawi dengan Metode SKATER (*Spatial K'luster Analysis by Tree Edge Removal*). Selain mempelajari ilmu statistika, penulis juga meminati desain interior, dunia tulisan-menulis dan menikmati berbagai hasil kesenian. Bagi pembaca yang ingin menyampaikan kritik, saran maupun diskusi mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email: partininingsih16@gmail.com.