

**ESTIMASI PARAMETER DAN STATISTIK UJI
MODEL *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (GWR)
(Studi Kasus Penyebab Banjir di Kali Konto)**

SKRIPSI

Diajukan Kepada
Universitas Islam Negeri Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
SUSIATININGSIH
NIM: 04510034



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG
MALANG
2008**

**ESTIMASI PARAMETER DAN STATISTIK UJI
MODEL *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (GWR)
(Studi Kasus Penyebab Banjir di Kali Konto)**

SKRIPSI

Oleh:
SUSIATININGSIH
NIM: 04510034

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 16 Oktober 2008

Pembimbing I

Pembimbing II

Sri Harini, M. Si
NIP. 150 318 321

Abdul Azis, M. Si
NIP. 150 377 256

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika**

Sri Harini, M. Si
NIP. 150 318 321

**ESTIMASI PARAMETER DAN STATISTIK UJI
MODEL *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (GWR)
(Studi Kasus Penyebab Banjir di Kali Konto)**

SKRIPSI

Oleh:
SUSIATININGSIH
NIM: 04510034

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal: 21 Oktober 2008

Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : <u>Usman Pagalay, M. Si</u> NIP. 150 327 240	()
2. Ketua : <u>Abdussakir, M. Pd</u> NIP. 150 327 247	()
3. Sekretaris : <u>Sri Harini, M. Si</u> NIP. 150 318 321	()
4. Anggota : <u>Abdul Aziz, M. Si</u> NIP. 150 377 256	()

**Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Jurusan Matematika**

Sri Harini, M. Si
NIP. 150 318 321

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Susiatiningsih
NIM : 04510034
Jurusan : Matematika
Judul Penulisan Skripsi : **ESTIMASI PARAMETER DAN STATISTIK
UJI MODEL *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION* (GWR) (Studi Kasus Penyebab
Banjir di Kali Konto)**

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri bukan dari hasil plagiat karya orang lain. Karya-karya yang terdapat dalam daftar pustaka skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung segala akibat dari perbuatan saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 21 Oktober 2008

Yang menyatakan,

(Susiatiningsih)
NIM: 04510034

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾
وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَأَرْغَبْ ﴿٨﴾

*Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (5)
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (6)
Maka apabila kamu Telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan
sungguh-sungguh (urusan) yang lain (7)
Dan Hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap (8)*

PERSEMBAHAN

*Penulis persembahkan karya ilmiah ini kepada:
Bapak Suyadi dan Ibu Siti Ruhayah Kedua orang tua yang senantiasa
mencurahkan kasih sayang dan segala-galanya kepada penulis*

*Keempat saudara
Ahmad Syaifudin, Zaenal Arifin, Udik Wahyudi, dan Agus Supriadi
Yang telah memberikan kasih sayang, motivasi dan kepercayaannya kepada
penulis*

*Alfi, Fian dan Zahra
semoga menjadi anak yang sholeh dan sholehah berbakti kepada kedua orang tua
serta berguna untuk masyarakat nusa dan bangsa*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan dan melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, karena tanpa semuanya itu penulis tidak dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.

Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing dan menuntun manusia dari jalan yang penuh dengan kegelapan menuju jalan yang lurus dan penuh cahaya keindahan yang di ridhoi Allah SWT yaitu jalan menuju surga-Nya yang penuh dengan rahmat dan barokah.

Skripsi ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik karena dukungan, motivasi serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkanlah penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor UIN Malang.
2. Bapak Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU., D. Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
3. Ibu Sri Harini, M.Si, selaku Ketua Jurusan Matematika yang juga selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi, sehingga penulis bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Suatu kehormatan penulis dapat dibimbing oleh beliau.

4. Bapak Abdul Aziz, M. Si selaku dosen pembimbing agama yang telah meluangkan waktunya, menyalurkan ilmunya serta bimbingannya kepada penulis.
5. Segenap keluarga besar dosen Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri Malang dan semua staf yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama empat tahun. Terlalu banyak bantuan dan hal-hal lain yang telah diberikan kepada penulis yang tidak bisa penulis rangkai dalam bentuk kata-kata.
6. Ibu Fivi, Ibu Letty, dan Bapak Rinche serta seluruh staf dan karyawan PERUM JASA TIRTA I.
7. Kedua orang tua Bapak Suyadi dan Ibunda Siti Ruhayah yang selalu mencurahkan kasih sayangnya, nasehat-nasehatnya kepada penulis.
8. Semua keluarga besar penulis, yang telah mencurahkan dan memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi dan kepercayaan penuh kepada penulis. Ucapan terimakasih serasa tidak cukup untuk melukiskan semuanya.
9. Teman-teman Matematika seperjuangan angkatan 2004 dan temen-temen Matematika semuanya, banyak kenangan indah yang telah terukir. Kita telah berjuang bersama dari semester satu. Semoga kesuksesan menyertai kita.
10. Ibu dan bapak kos yang senantiasa memberikan nasehat-nasehatnya kepada penulis, yang banyak juga banyak memberi bantuan kepada penulis.

11. Teman-teman kos yang tidak dapat penulis sebutkan, terimakasih kerjasama dan motivasinya kepada penulis.

Tidak ada kata yang patut diucapkan selain ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya dan doa, semoga amal baik mereka mendapat ridho dari Allah SWT. Amiin. Akhir kata semoga tulisan ini akan bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Malang, 21 Oktober 2008

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
1.6 Sistematika Pembahasan.....	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Regresi Linier Sederhana.....	11
2.2 Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR).....	13
2.3 <i>Maximum Likelihood Estimator</i> (MLE)	15
2.4 Estimasi Parameter Model GWR	17
2.5 Estimasi Parameter $\beta(i)$	20

2.6	Estimasi Parameter σ^2	22
2.7	Pembobot Model GWR	25
2.8	Pemilihan <i>Bandwidth</i> Optimal	28
2.9	<i>Uji F</i> Model GWR.....	30
2.10	Kajian Tentang Daerah Aliran Sungai (DAS)	34
2.11	Kajian Masalah Estimasi, Hujan serta Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Banjir dalam Al-Quran.....	39

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Pendekatan Penelitian.....	50
3.2	Data dan Sumber Data	51
3.3	Variabel Penelitian	51
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	52
3.5	Teknik Analisis Data	52

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data dan Analisis	53
4.2	Estimasi Parameter Model GWR.....	56
4.3	Uji Statistik Model GWR	62

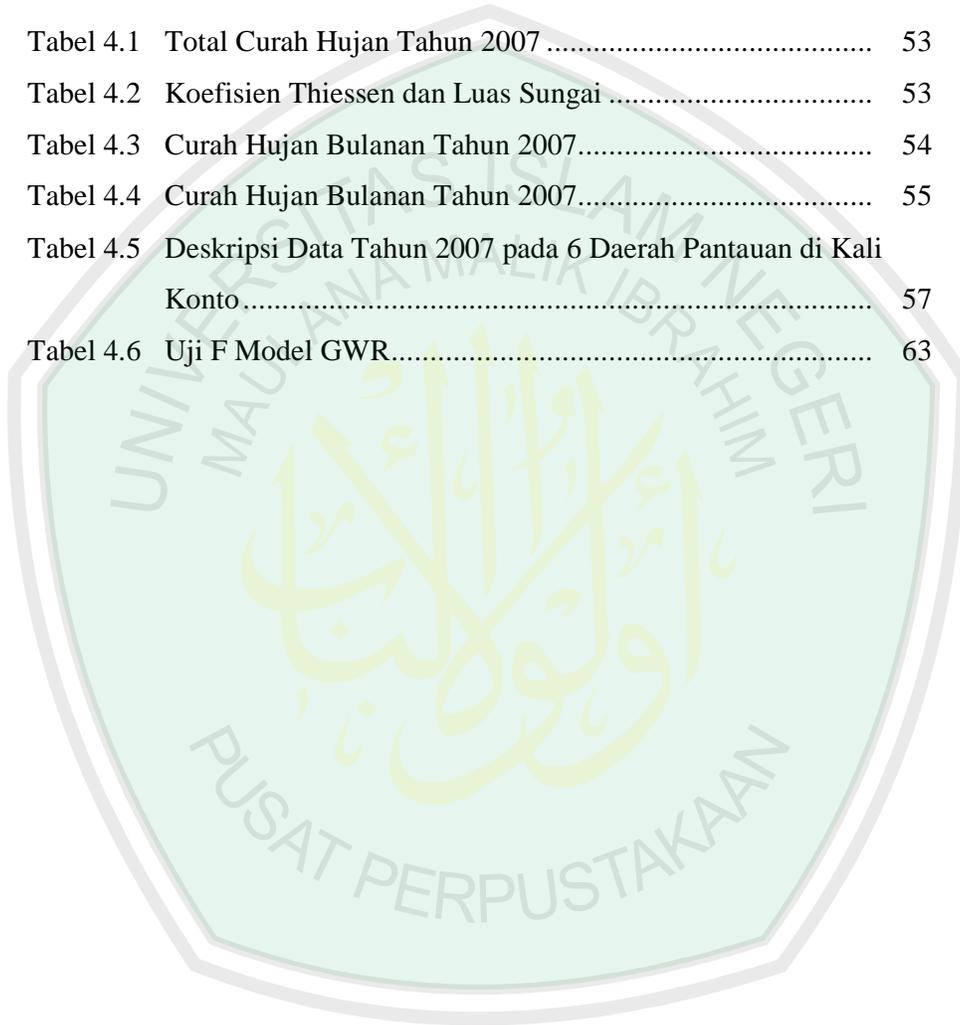
BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68

LAMPIRAN-LAMPIRAN

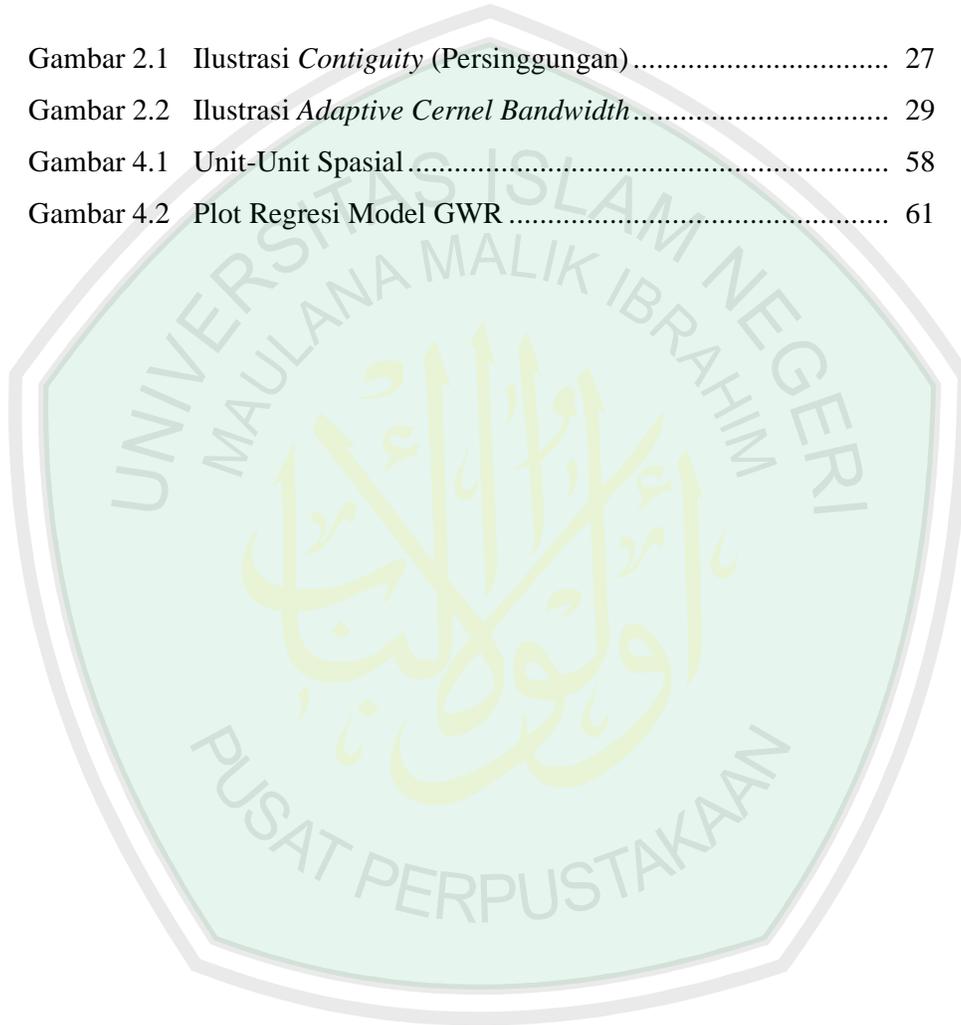
DAFTAR TABEL

Judul	Halaman
Tabel 4.1 Total Curah Hujan Tahun 2007	53
Tabel 4.2 Koefisien Thiessen dan Luas Sungai	53
Tabel 4.3 Curah Hujan Bulanan Tahun 2007.....	54
Tabel 4.4 Curah Hujan Bulanan Tahun 2007.....	55
Tabel 4.5 Deskripsi Data Tahun 2007 pada 6 Daerah Pantauan di Kali Konto.....	57
Tabel 4.6 Uji F Model GWR.....	63



DAFTAR GAMBAR

Judul	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Contiguity</i> (Persinggungan).....	27
Gambar 2.2 Ilustrasi <i>Adaptive Cernel Bandwidth</i>	29
Gambar 4.1 Unit-Unit Spasial.....	58
Gambar 4.2 Plot Regresi Model GWR.....	61



DAFTAR LAMPIRAN

Judul	Halaman
Lampiran 1 Surat Ijin Permohonan Data	72
Lampiran 2 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Pujon.....	73
Lampiran 3 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Solerojo	75
Lampiran 4 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Pare	77
Lampiran 5 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Kertosono	
Lampiran 6 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Kediri	79
Lampiran 7 Data Curah Hujan Harian Daerah Pantauan Wilis.....	81
Lampiran 8 Data Koefisien Thiessen dan Luas Sungai Kali Brantas	83
Lampiran 9 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas	91
Lampiran10 Program Estimasi dan Uji Hipotesis Model GWR dengan Matlab	92
Lampiran 11 Output Program.....	94
Lampiran 12 Bukti Konsultasi	95

ABSTRAK

Susiatiningsih. 2008. **Estimasi Parameter dan Statistik Uji Model *Geographically Weighted Regression (GWR)* (Studi Kasus Penyebab Banjir Di Kali Konto)**. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Pembimbing: Sri Harini, M. Si dan Abdul Aziz, M. Si

Kata Kunci: Regresi, Data Spasial, *Geographically Weighted Regression*(GWR), *Weighted Least Square* (WLS)

Salah satu analisis statistika yang menghubungkan variabel *dependent* dengan variabel *independent* yaitu metode regresi. Analisis regresi telah banyak diaplikasikan pada berbagai bidang untuk menguji pengaruh hubungan suatu variabel terhadap variabel lainnya. Hasil keluaran (*output*) dari metode ini adalah estimasi dari parameter yang membentuk suatu model tertentu (Draper dan Smeeth, 1992). Masalah utama dari metode regresi sederhana adalah jika metode ini diterapkan pada data spasial. Untuk mengatasi permasalahan pada data spasial, maka metode regresi yang akan digunakan adalah *Geographically Weighted Regression (GWR)*, yaitu model yang menggunakan faktor geografis sebagai variabel *independent* yang dapat mempengaruhi variabel *dependent*. Estimasi pada model GWR dengan pendekatan MLE (*Maximum Likelihood Estimator*) yang sebenarnya menghasilkan estimator yang sama dengan pendekatan *Weighted Least Square (WLS)* yang sudah umum digunakan. Namun pendekatan ini tidak dapat digunakan secara langsung untuk menaksir estimator varians.

Dalam penelitian ini, regresi spasial diterapkan dalam bidang hidrologi yang berkaitan dengan karakteristik Kali Konto pada sub Daerah Aliran Sungai (DAS). Karakteristik faktor-faktor penyebab terjadinya banjir yang dipertimbangkan antara lain: curah hujan (y), koefisien *thiessen* (x_1) dan luas sungai (x_2). Model regresi yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

$$y = 1346.093 - 3118665.369x_1 + 5820.669x_2$$

Aplikasi model GWR dapat menunjukkan bahwa terdapat pengaruh faktor geografis pada data curah hujan, luas sungai serta koefisien *thiessen* berdasarkan *p-value* dari uji signifikansi parameter. Artinya lokasi pengamatan yang berdekatan akan saling mempengaruhi atau dengan kata lain model GWR dapat mengatasi masalah data spasial yang dihadapi oleh regresi global (klasik).

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Statistika adalah sekumpulan cara maupun aturan-aturan yang berkaitan dengan pengumpulan data, pengolahan (analisis) data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atas data-data yang berbentuk angka, dengan menggunakan asumsi-asumsi tertentu. Dalam statistika ini terdapat dua jenis yaitu statistika deskriptif adalah statistika yang membahas mengenai deskripsi atau pengumpulan data serta penyajiannya dan statistika inferensia yaitu bagian statistika yang mempelajari mengenai penafsiran dan penarikan kesimpulan yang berlaku secara umum dari data yang telah tersedia yang juga berfungsi meramalkan dan mengontrol keadaan atau kejadian. (Irianto, 2003)

Banyak masalah praktis yang berhubungan dengan statistika inferensia salah satunya adalah mengenai regresi yang merupakan metode statistika yang paling umum digunakan. Metode regresi yaitu metode yang menghubungkan variabel *dependent* dengan variabel *independent* dengan hasil keluaran utamanya adalah estimasi dari parameter yang membentuk suatu model tertentu (Draper dan Smeeth. 1992). Masalah utama dari metode regresi sederhana adalah jika metode ini diterapkan pada data spasial, dimana metode *Ordinary Least Square* (OLS) untuk estimasi parameter model regresi dengan asumsi *error* identik *independent* dan berdistribusi normal yang harus dipenuhi, maka akan diperoleh satu model taksiran untuk semua data. Hal ini adalah menyebabkan ketidaksesuaian model pada data spasial. Jadi dalam hal tertentu, data dapat tidak sesuai jika dianalisis

dengan metode OLS karena hasil estimasi parameter yang sama untuk semua data, misalnya saja data spasial. Selain metode OLS, metode lain yang dapat digunakan adalah metode MLE (*Maximum Likelihood Estimator*).

Analisis terhadap data spasial memerlukan perhatian khusus dibandingkan dengan data nonspasial, khususnya ketika digunakannya analisis regresi. Salah satu hal yang harus mendapat perhatian khusus pada penanganan data spasial adalah ketika terjadi keheterogenan data spasial. Ini dapat terjadi apabila kondisi lokasi yang satu dengan lokasi yang lain tidak sama, baik dari segi geografis, keadaan sosial budaya, dan lain-lain. Salah satu dampak dari keheterogenan spasial ini adalah parameter regresi yang bervariasi secara spasial. Metode regresi yang dapat digunakan untuk menganalisisnya adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR), yaitu metode yang menggunakan faktor geografis sebagai variabel *independent* yang dapat mempengaruhi variabel *dependent*.

Menurut Fotheringham dalam Mennis (2006), GWR adalah model regresi yang digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial. Heterogenitas yang dimaksud adalah suatu keadaan dimana pengukuran hubungan (*Measurement of Relationship*) antara variabel yang berbeda-beda antar lokasi yang satu dengan yang lainnya. GWR adalah metode analisis data dimana faktor geografis sangat mempengaruhi penarikan kesimpulan. Uji statistik model GWR dapat didekati dengan metode MLE (*Maximum Likelihood Estimator*), karena sifat-sifat estimasi yang didapatkan sudah memenuhi sifat-sifat penaksiran yang baik yaitu tidak bias, efisien dan konsisten, dan untuk estimasi variannya metode MLE juga dapat digunakan, karena GWR dipengaruhi oleh adanya sifat kelokalannya. Oleh karena

itu, perlu dibuatkan suatu pengujian statistik agar sifat-sifat penaksiran yang baik dapat terpenuhi. (Akbar, dkk. 2007)

Regresi spasial dapat diterapkan dalam berbagai bidang, misalnya dalam bidang ekonomi, hidrologi, geografi, geologi, dan lain sebagainya. Dalam bidang hidrologi, misalnya diterapkan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Aliran sungai tergantung dari berbagai faktor, beberapa faktor aliran sungai diantaranya curah hujan dan daerah pengaliran yang menyatakan sifat-sifat fisik DAS seperti: luas, penggunaan lahan, kondisi topografi, jenis tanah, karakteristik jaringan sungai dan lain-lain. Pada saat terjadi hujan, banjir dapat terjadi karena sungai tidak mampu menampung limpasan air, sehingga semakin luas DAS maka semakin lama limpasan mencapai titik puncak pengukuran. Dalam penelitian ini faktor-faktor yang dipertimbangkan sebagai penyebab terjadinya banjir di Kali Konto pada masing-masing sub DAS antara lain: curah hujan, luas sungai dan koefisien *thiessen*.

Permasalahan lain yang sering dijumpai dalam masyarakat umum adalah adanya sebuah pandangan bahwa, konsep agama dan matematika tidak memiliki relasi yang kentara. Agama yang diekspresikan oleh para pemeluknya di satu sisi cenderung memfokuskan diri pada kegiatan yang bersifat ritual suci dan ukhrawi sedangkan matematika memiliki corak yang kental, namun dengan perkembangan ilmu yang semakin pesat, sekarang ini banyak dikaji permasalahan mengenai integrasi agama dan sains.

Sumber studi matematika sebagaimana sumber ilmu pengetahuan dalam Islam adalah konsep tauhid. Allah menciptakan alam semesta ini dengan aturan

dan ukuran yang serapi-rapinya, ternyata tidak hanya ada pada firman-Nya saja, tetapi itu semua telah terbukti. Dapat dilihat dan dirasakan secara langsung segala apa yang ada di muka bumi ini yang kesemuanya tertata dengan sempurna. Al-Quran adalah kitabullah yang di dalamnya terkandung ilmu-ilmu Allah. Untuk mendapatkan ilmu tersebut perlu mengkaji secara mendalam. Salah satu konsep matematika yang terdapat dalam Al-Quran yang dibahas dalam penelitian ini adalah mengenai estimasi dan uji hipotesis terhadap terjadinya banjir. (Kamil, 2002)

Menurut ilmu pengetahuan modern, angin dibutuhkan dalam proses perkawinan tumbuh-tumbuhan. Yaitu setelah nyata bahwasanya angin dibutuhkan dalam proses penyerbukan. Ilmu pengetahuan modern menetapkan bahwa angin menjalankan awan yang berakhir pada turunnya hujan dari langit. Anginlah yang mengangkat uap, kemudian membentuk awan, angin pulalah yang menyebabkan petir kemudian menjadi awan bertumpuk-tumpuk dan pada akhirnya turunlah hujan. (Kamil, 2002: 102)

Berkembangnya ilmu dan teknologi serta banyak dibahasnya mengenai integrasi agama dan sains, sebenarnya telah nyata dalam Al-Quran dijelaskan bahwasannya Allah menciptakan air hujan untuk kelangsungan hidup makhluk di bumi. Fakta yang diberikan dalam Al-Quran mengenai hujan adalah bahwa hujan diturunkan ke bumi dalam kadar tertentu. Hal ini disebutkan dalam Surat Az-Zukhruf ayat 11 sebagai berikut:

وَالَّذِي نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَنْشَرْنَا بِهِ بَلْدَةً مَيِّتًا ۚ كَذَلِكَ تُخْرَجُونَ



Artinya: "Dan Yang menurunkan air dari langit menurut kadar (yang diperlukan) lalu Kami hidupkan dengan air itu negeri yang mati, seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari dalam kubur)." (Al-Quran, 43:11)

Akan tetapi, karena manusia yang memiliki sifat untuk berbuat kerusakan di bumi, sehingga hujan yang seharusnya membawa berkah dapat menjadi musibah bagi makhluk di bumi seperti banjir. Dalam surat Al-a'raaf: 85, Allah berfirman:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ۚ ذَٰلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنْتُمْ

مُؤْمِنِينَ

Artinya: " dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman".

Turunnya berbagai musibah berupa gempa bumi, tanah longsor, banjir, wabah penyakit dan kekeringan, tidak lain karena bertebarannya berbagai kemaksiatan yang dilakukan oleh tangan-tangan manusia, dan jauhnya kaum muslimin dari agamanya yang terdapat dalam Al-Quran dan sunnah. Allah SWT berfirman dalam surat Ar-Rum: 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا

لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. (QS. 30: 41)

Jadi, musibah yang menimpa manusia dikarenakan oleh ulah tangan mereka sendiri. Antara manusia ada yang menampakkan kekejian, mengurangi timbangan, membatalkan perjanjian, dan tidak memberlakukan Kitabullah (Al-Quran) sebagai pemutus perkara yang paling adil, akan tetapi membuang Kitabullah di belakang punggung. Meskipun diambil, maka mereka mengambil sebagian dari Kitabullah yang sesuai dengan hawa nafsu mereka.

Pada umumnya, keadaan kehidupan sosial masyarakat sangat terpengaruh oleh kondisi geografis, masyarakat yang hidup di daerah yang berbeda mempunyai karakteristik yang berbeda pula. Perbedaan karakteristik ini dapat pula disebabkan oleh lokasi tempat tinggal mereka, adat-istiadat, keadaan sosial dan lain-lain. Oleh karena itu, pada penelitian ini membahas mengenai pengaruh kondisi/faktor geografis pada terjadinya banjir, sebab kondisi geografis masing-masing daerah yang berbeda akan memberikan informasi-informasi untuk analisis fenomena pada masing-masing wilayah. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang terdapat di Kantor PERUM JASA TIRTA yang beralamatkan di Jalan Surabaya 2A Malang. Penelitian ini mengkaji GWR dengan matriks pembobot dan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) untuk penaksiran parameternya. Aplikasi GWR diterapkan pada data keheterogenan spasial dan uji statistik terhadap terjadinya banjir di Kali Konto yang terdiri dari 6 daerah pantauan yaitu Pujon, Selorejo, Pare, Kertosono, Kediri dan Wilis. Untuk

membantu menyelesaikan komputasi analisis permasalahan tersebut digunakan bantuan program Matlab 6.5.

Berdasarkan uraian di atas maka, peneliti tertarik untuk membahas mengenai "*Estimasi Parameter dan Statistik Uji Model Geographically Weighted Regression (GWR)*" terhadap sebab-sebab terjadinya banjir di Kali Konto. Selain itu, disertakan ayat-ayat Al-Quran yang terkait dengan permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah hasil estimasi parameter-parameter regresi model *Geographically Weighted Regression (GWR)* pada faktor-faktor penyebab terjadinya banjir di Kali Konto?
2. Bagaimanakah signifikansi statistik uji pada faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya banjir pada daerah aliran Kali Konto berdasarkan model GWR?

1.3 Batasan Masalah

1. Masalah ini akan dibatasi pada metode estimasi *Maximum Likelihood Estimator (MLE)*.
2. Pengujian hipotesis pada model GWR pada penyebab terjadinya banjir di Kali Konto dengan menggunakan satu variabel *dependent (Y)* dan semua parameter regresi bervariasi secara spasial.
3. Menggunakan uji signifikansi uji *F* dengan taraf 5%.

4. Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir meliputi: Curah hujan sebagai variabel *dependent*, koefisien *thiessen*, dan luas sungai sebagai variabel *independent*.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil estimasi parameter-parameter model regresi dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR).
2. Untuk mengetahui validasi dan signifikansi model GWR pada faktor-faktor penyebab terjadinya banjir di Kali Konto.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat pada semua komponen diantaranya adalah:

1. Mengembangkan wawasan keilmuan dan pengetahuan mengenai estimator-estimator parameter pada model GWR.
2. Penerapan model GWR dalam menentukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir.
3. Mengembangkan wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang mengaplikasikan model regresi yang bervariasi secara spasial.
4. Sebagai antisipasi pencegahan terjadinya banjir.

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk mempermudah memahami tulisan ini, penulis membagi tulisan ini ke dalam lima bab yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab I ini dijelaskan yang melatarbelakangi masalah yang diteliti, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa pengertian dan teori-teori tentang Regresi Linear Sederhana, *Maximum Likelihood Estimator* (MLE), Model *Geographically Weighted Regression* (GWR), Estimasi Parameter Model *Geographically Weighted Regression* (GWR), Estimasi parameter $\beta(i)$, Estimasi parameter σ^2 , Pembobotan model GWR, Pemilihan *Bandwidth* Optimal, Uji *Goodness of Fit* Model GWR, Kajian Tentang Daerah Aliran Sungai, Kajian Al-Quran Terhadap Masalah Estimasi, Hujan dan Terjadinya Banjir.

BAB III METODE PENELITIAN

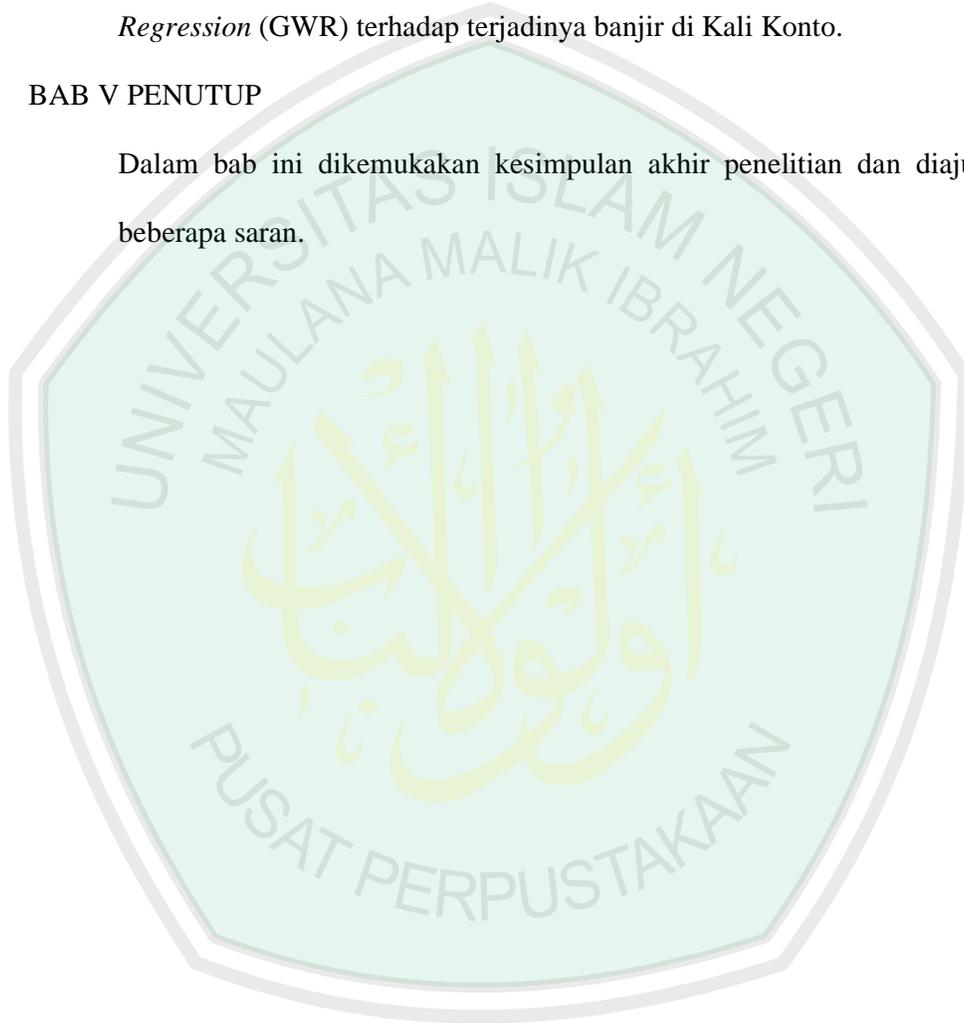
Dalam bab ini dikemukakan metode penelitian yang digunakan. Metode tersebut terdiri dari pendekatan, obyek penelitian, data dan sumber data, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

BAB IV PEMBAHASAN

Dalam bab ini dipaparkan mengenai hasil dari penelitian yaitu mengenai estimasi dan statistik uji dengan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) terhadap terjadinya banjir di Kali Konto.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini dikemukakan kesimpulan akhir penelitian dan diajukan beberapa saran.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Regresi Linear Sederhana

Regresi merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya hubungan antara dua variabel yaitu variabel *independent* (X) dan variabel *dependent* (Y). Istilah regresi yang berarti ramalan atau taksiran pertama kali diperkenalkan oleh Sir Francis Galton 1877. Analisis regresi lebih akurat dalam analisis korelasi karena pada analisis, kesulitan dalam menunjukkan tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya dapat ditentukan. Jadi, dengan analisis regresi peramalan atau perkiraan nilai variabel regresi *dependent* dari nilai variabel *independent* lebih akurat. (Algifari,1997)

Model regresi linier secara umum dapat dinyatakan dengan:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (2.1)$$

Jika diambil sebanyak p pengamatan, maka model di atas dapat dituliskan sebagai:

$$Y = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{ik} + \varepsilon \quad (2.2)$$

Keterangan:

- i : 1, 2, ..., p
- Y : variabel *dependent*
- X : variabel *independent*

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$: parameter model

ε : error

Yang dimaksud linear dalam regresi linear adalah variabel *dependent* (Y) yang merupakan fungsi linear dari parameter persamaan yang bukan dari variabel *independent*. Dengan kata lain Y linear terhadap β_0 dan β_1 dan untuk menyelesaikan persamaan tersebut harus diketahui nilai β_0 dan β_1 yang diduga atau ditaksir dahulu dengan regresi taksiran. (Abadyo, 2005)

Menurut Draper (1992) persamaan regresi linier sederhana dapat diubah dalam bentuk matriks yaitu sebagai berikut:

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (2.3)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

dimana:

Y = vektor variabel *dependent* berdimensi $n \times 1$

X = vektor variabel *independent* berdimensi $n \times q$, dimana $q = p + 1$

β = vektor parameter regresi berdimensi $q \times 1$

ε = vektor galat model regresi berdimensi $n \times 1$.

2.2 Model *Geographically Weighted Regresion (GWR)*

Dalam *regional science* teknik analisis regresi linear telah berkembang secara luas, meskipun penggabungan yang secara eksplisit dari lokasi dan ruang tidak memiliki pertimbangan secara umum. Gracia Isabel (2007), Analisis spasial varian dan model-model dengan perubahan struktur merupakan contoh-contoh yang baik dari perhitungan metode-metode untuk aturan spasial diskret pada pengekspansian atau perluasan dan penyaringan adaptif spasial. Perhatian yang sangat besar mengenai variasi yang kontinyu pada ruang dan studi

Anselin (1988) menyebutkan bahwa heterogenitas spasial (*Spasial heterogeneity*) di dalam *regional science* merupakan salah satu hal penting yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Terjadinya heterogenitas spasial dapat disebabkan oleh kondisi unit-unit spasial di dalam satu wilayah penelitian yang pada dasarnya tidaklah homogen. Misalnya saja tingkat pendapatan masing-masing wilayah atau daerah berbeda-beda.

Bitter, dkk. (2007) menyatakan bahwa parameter regresi *Ordinary Least Square* (OLS) yang dihasilkan hanya merupakan nilai rata-rata (*Average Value*) parameter regresi dari semua titik lokasi apabila terjadi heterogenitas spasial. Ketidakmampuan mengakomodasi informasi apabila terjadi keheterogenan spasial akan menghasilkan nilai duga parameter regresi yang bias dan hilangnya kemampuan dalam menjelaskan fenomena data yang sebenarnya. Menurut Shi, dkk. (2006), *Geographically Weighted Regresion (GWR)* semakin sering digunakan dalam analisis data yang berhubungan dengan heterogenitas spasial.

Metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi terboboti. Menurut Fotheringham, dkk. 2002 dalam Mennis (2006) GWR adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial. Heterogenitas yang dimaksud adalah suatu keadaan dimana pengukuran hubungan (*Measurement of Relationship*) diantara variabel berbeda-beda antara lokasi yang satu dengan lokasi yang lainnya.

Yu dan Wei (2005) menerangkan bahwa heterogenitas spasial terjadi apabila satu peubah bebas yang sama memberikan respon yang tidak sama pada lokasi yang berbeda di dalam satu wilayah penelitian. Brundson (1996) dalam Bitter, dkk. (2007) menyebutkan bahwa inti penggunaan metode GWR adalah menentukan model regresi untuk masing-masing titik lokasi sehingga model-model regresi yang diperoleh akan bersifat unik, yaitu model regresi untuk titik yang satu berbeda dengan titik-titik yang lainnya.

Metode GWR adalah suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi yang terboboti (Fotheringham, 2002). Model GWR dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) X_{ij} + \varepsilon_i \quad (2.7)$$

Keterangan:

i : 1, ..., n

j : 1, ..., p

n : banyaknya pengamatan

p : banyaknya variabel *independent*

- u_i : koordinat spasial *longitude* untuk pengamatan ke- i
 v_i : koordinat spasial *latitude* untuk pengamatan ke- i
 $\beta_0(u_i, v_i)$: parameter model GWR
 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$: peubah-peubah bebas pada pengamatan ke- i
 ε_i : galat ke- i yang diasumsikan identik, independen, berdistribusi normal dengan mean nol serta varian konstan

Dengan demikian setiap parameter dihitung pada setiap titik lokasi geografis. Hal ini menghasilkan variasi pada nilai parameter regresi di suatu kumpulan wilayah geografis. Jika nilai parameter regresi konstan pada tiap-tiap wilayah geografis, maka model GWR adalah model global. Artinya tiap-tiap wilayah geografis mempunyai model yang sama. Hal ini merupakan kasus khusus dari GWR.

2.3 Metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE)

Sejauh ini metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) merupakan metode estimasi yang umum digunakan (Casella dan Berger, 1990). Jika diketahui sampel acak X dengan sebaran peluang $f(X, \theta)$ yang berarti mempunyai parameter θ yang tidak diketahui besarnya. Jika diambil acak berukuran n dengan nilai-nilai pengamatan x_1, x_2, \dots, x_n maka fungsi kemungkinan contohnya adalah

$$L(\theta) = f(x_1, \theta) \cdot f(x_2, \theta) \dots f(x_n, \theta)$$

Penduga kemungkinan *Maximum Likelihood Estimate* (MLE) dari θ adalah sebuah nilai θ yang memaksimumkan fungsi kemungkinan $L(\theta)$. Jika dari populasi yang berdistribusi $f(x | \theta_1, \dots, \theta_k)$, fungsi *likelihood*-nya didefinisikan sebagai:

$$L(\theta | x) = L(\theta_1, \dots, \theta_k | x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta_1, \dots, \theta_k) \quad (2.4)$$

Jika fungsi *likelihood* dapat diturunkan terhadap θ_i , maka akan diperoleh penyelesaian atau estimasi parameter-parameter $(\theta_1, \dots, \theta_k)$ dengan memaksimumkan fungsi (2.4) dan menyamakan dengan nol, diperoleh:

$$\frac{\partial}{\partial \theta_i} L(\theta | x) = 0, \quad i = 1, \dots, k \quad (2.5)$$

Untuk lebih jelasnya, misalkan peubah acak X yang tersebar normal dengan nilai tengah μ dan ragam σ^2 atau $X = NID(\mu, \sigma^2)$ dimana μ dan σ^2 tidak diketahui. Fungsi kemungkinan contohnya menurut Yitnosumarto (1990) adalah:

$$L(\mu, \sigma^2) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^2}$$

MLE berhubungan dengan metode *Likelihood Ratio Test* (LRT) dalam penentuan statistik uji. LRT Λ dapat diperoleh dari proses pembagian:

$$\Lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \quad (2.6)$$

$$L(\hat{\omega}) = \max_{\omega} L(\omega) \text{ dan } L(\hat{\Omega}) = \max_{\Omega} L(\Omega)$$

dengan

ω : himpunan parameter di bawah hipotesis nol (H_0)

Ω : himpunan parameter di bawah populasi

$L(\omega)$: fungsi *likelihood* di bawah H_0

$L(\Omega)$: fungsi *likelihood* di bawah populasi

Keputusan tolak H_0 jika $\Lambda < \Lambda_0 < 1$.

2.4 Estimasi Parameter Model GWR

Pada model GWR diasumsikan bahwa data observasi yang dekat dengan titik ke- i mempunyai pengaruh yang besar pada estimasi dari $\beta_j(u_i, v_i)$ dari pada data yang berada jauh dari titik ke- i . Esensi yang bisa diambil dari hal tersebut adalah persamaan di atas mengukur hubungan model pada semua titik ke- i . Lokal parameter $\beta_j(u_i, v_i)$ diestimasi menggunakan WLS. Pada GWR sebuah observasi diboboti dengan nilai yang berhubungan dengan titik ke- i . Bobot W_{ij} , untuk $j = 1, 2, \dots, n$, pada tiap lokasi (u_i, v_i) diperoleh sebagai fungsi yang kontinu dari jarak antara titik ke- i dan titik data lainnya. Misal matriks berikut merupakan matriks dari lokal parameter:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_0(u_1, v_1) & \beta_1(u_1, v_1) & \dots & \beta_p(u_1, v_1) \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \beta_0(u_n, v_n) & \beta_1(u_n, v_n) & \dots & \beta_p(u_n, v_n) \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Estimasi setiap barisnya diperoleh persamaan berikut:

$$\hat{\beta}(i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) Y \quad (2.9)$$

dengan

X : matrik data dari variabel *independent*

Y : vektor variabel *dependent*

$W(i)$ = matriks pembobot

$$= \text{diag} [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}] \quad (2.10)$$

Estimasi (2.9) merupakan estimasi dari *least square* dengan matriks pembobot tidak konstan, sehingga $W(i)$ dihitung untuk tiap i dan w_{ij} mengindikasikan kedekatan atau bobot tiap titik data dengan lokasi i . Hal ini yang membedakan GWR dengan tradisional WLS yang mempunyai matriks bobot yang konstan.

Selain menghasilkan estimasi parameter lokal untuk tiap-tiap lokasi geografis, GWR juga menghasilkan versi lokal untuk seluruh regresi standar pada setiap lokasi geografis, misalnya ukuran *goodness of fit*. Hal ini dapat memberikan informasi pada pemahaman aplikasi dari model, dan untuk penelitian lebih lanjut apakah diperlukan penambahan variabel *independent* pada model GWR. Hal penting lainnya adalah titik dimana parameter lokal diestimasi dengan model GWR tidak memerlukan titik dimana data diambil. Estimasi dari parameter dapat diperoleh dari semua lokasi geografis. Dengan demikian, pada sistem dengan data titik lokasi geografis yang besar, estimasi model GWR dari lokal parameter.

Pendekatan MLE dalam estimasi parameternya, langkah awal dari pendekatan tersebut adalah dengan membentuk fungsi *likelihood* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L(\boldsymbol{\beta}_k, \sigma^2 | \mathbf{y}) &= \prod_{i=1}^n f(\mathbf{y}_i | \boldsymbol{\beta}_k, \sigma^2) \\
 &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y}_i - \boldsymbol{\mu})^2} \right) \\
 &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} \right)^2 \right) \right) \\
 &= (2\pi)^{-n/2} (\sigma^2)^{-n/2} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} \right)^2 \right)
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWR. Faktor ini memiliki nilai yang berbeda untuk setiap daerah yang menunjukkan sifat lokal pada model. Oleh karena itu, pembobot diberikan pada bentuk *likelihood* untuk mendapatkan model lokal GWR, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \exp(w_{i(j)}) L(\boldsymbol{\beta}_k, \sigma^2 | \mathbf{y}) &= w_{i(j)} (2\pi)^{-n/2} (\sigma^2)^{-n/2} \exp(w_{i(j)}) \\
 &\quad \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} \right)^2 \right) \\
 L^*(\boldsymbol{\beta}_k, \sigma^2 | \mathbf{y}) &= (2\pi)^{-n/2} (\sigma^2)^{-n/2} \\
 &\quad \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} w_{i(j)} \sum_{i=1}^n \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} \right)^2 \right)
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Setelah diperoleh bentuk *likelihood* yang terboboti (L^*) kemudian dilakukan operasi logaritma natural pada model tersebut untuk optimasi fungsi sehingga diperoleh estimasi parameternya.

$$\begin{aligned}
\ln L^*(\beta_k, \sigma^2 | \mathbf{y}) &= \ln \left((2\pi)^{-n/2} (\sigma^2)^{-n/2} \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n w_{i(j)} \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right)^2 \right) \right) \\
&= -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n w_{i(j)} \left(\mathbf{y}_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right)^2 \\
&= -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} Q
\end{aligned}$$

2.13

dengan

$$\begin{aligned}
Q &= \sum_{i=1}^n w_{i(j)} \left(Y_i - \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right)^2 \\
&= (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i))^T \mathbf{W}(i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i))
\end{aligned}$$

Estimasi parameter diperoleh dengan memaksimalkan bentuk $\ln L^*$ yaitu mendifferensialkan terhadap setiap parameternya.

2.5 Estimasi parameter $\boldsymbol{\beta}(i)$

Estimasi parameter $\boldsymbol{\beta}(i)$ diperoleh dengan mendifferensialkan persamaan

(2.13) terhadap $\boldsymbol{\beta}(i)$ dengan penjabaran sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial (\ln L^*(\beta_k, \sigma^2 | \mathbf{y}))}{\partial (\boldsymbol{\beta}(i))^T} &= \frac{-1}{2\sigma^2} \frac{\partial(Q)}{\partial (\boldsymbol{\beta}(i))^T} = 0 \\
\frac{\partial(Q)}{\partial (\boldsymbol{\beta}(i))^T} &= 0 \\
\frac{\partial ((\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i))^T \mathbf{W}(i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i)))}{\partial (\boldsymbol{\beta}(i))^T} &= 0 \\
\frac{\partial (\mathbf{y}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} - \mathbf{y}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i) - \boldsymbol{\beta}(i)^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} + \boldsymbol{\beta}(i)^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i))}{\partial (\boldsymbol{\beta}(i))^T} &= 0 \\
-\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} - \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i) &= 0 \\
-2\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i) &= 0 \\
-2\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(i) &= -2\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y}
\end{aligned}$$

(2.14)

sehingga dari persamaan di atas diperoleh estimasi parameter $\beta(i)$ adalah

$$\hat{\beta}(i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y} \quad (2.15)$$

Setelah diperoleh estimator $\hat{\beta}(i)$ maka akan dicari sifat-sifat dari estimator tersebut. Untuk menunjukkan sifat ketakbiasan dari estimator diperoleh dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} E(\hat{\beta}(i)) &= E\left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y}\right) \\ &= (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) E(\mathbf{y}) \\ &= (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X} \beta(i) \\ &= \beta(i) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Pembuktian di atas menunjukkan bahwa estimator $\hat{\beta}(i)$ merupakan estimator tak bias untuk $\beta(i)$.

$$\begin{aligned} Var(\hat{\beta}(i)) &= Var\left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{y}\right) \\ &= (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) Var(\mathbf{y}) \left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i)\right)^T \\ &= (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \sigma^2 \left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i)\right)^T \\ &= \left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i)\right) \left((\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i)\right)^T \sigma^2 \\ &= \mathbf{C} \mathbf{C}^T \sigma^2 \end{aligned} \quad (2.17)$$

dengan $\mathbf{C} = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(i)$

$$\begin{aligned} |Var(\hat{\beta}(i))| &= |\mathbf{C} \mathbf{C}^T \sigma^2| \\ &= \sigma^2 |\mathbf{C} \mathbf{C}^T| \end{aligned} \quad (2.18)$$

Maka $|\mathbf{CC}^T|$ harus sekecil mungkin agar $\hat{\boldsymbol{\beta}}(i)$ penaksir yang efisien.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \text{Var}(\hat{\boldsymbol{\beta}}(i)) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sigma^2 |\mathbf{CC}^T| = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n (\mathbf{y}_i - \hat{\mathbf{y}}_i)^2}{n - (p + 1)} |\mathbf{CC}^T| = 0 \quad (2.19)$$

Karena $\hat{\boldsymbol{\beta}}(i)$ merupakan penaksir tak bias $\boldsymbol{\beta}(i)$ dan $\lim_{n \rightarrow \infty} \text{Var}(\hat{\boldsymbol{\beta}}(i)) = 0$ sehingga dapat dikatakan bahwa $\hat{\boldsymbol{\beta}}(i)$ merupakan penaksir yang konsisten. Jadi, dapat ditunjukkan bahwa estimasi terhadap parameter-parameter telah memenuhi kriteria estimasi yaitu tidak bias, efisien dan konsisten.

2.6 Estimasi Parameter σ^2

Estimasi parameter σ^2 diperoleh dengan mendifferensialkan persamaan (2.13) terhadap σ^2 dengan penjabaran sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial (\ln L^*(\boldsymbol{\beta}_k, \sigma^2 | \mathbf{y}))}{\partial (\sigma^2)} &= \frac{\partial \left(-\frac{n}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} Q \right)}{\partial (\sigma^2)} \\ 0 &= -\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2(\sigma^2)^2} Q \\ 0 &= \frac{-n\sigma^2 + Q}{2(\sigma^2)^2} \\ 0 &= -n\sigma^2 + Q \\ n\sigma^2 &= Q \end{aligned} \quad (2.20)$$

sehingga dari persamaan diatas diperoleh estimasi parameter β_0 adalah: $\hat{\sigma}^2 = \frac{Q}{n}$.

Namun penaksir tersebut merupakan penaksir σ^2 yang bersifat global, sehingga

hal ini tidak akan memiliki arti pada model GWR. Oleh sebab itu, penaksir σ^2 dihitung dengan sifat kelokalan model GWR.

Pada model GWR estimasi untuk tiap pengamatan ke- i (\hat{y}_i) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y}_i &= x_i^T \hat{\beta}(i) \\ &= x_i^T [C\mathbf{y}]\end{aligned}\quad (2.21)$$

Secara umum untuk semua pengamatan dapat ditulis dalam bentuk:

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{S}\mathbf{y} \quad (2.22)$$

dengan $\mathbf{S} = \begin{bmatrix} x_1^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(1) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(1) \\ \vdots \\ x_n^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(n) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(n) \end{bmatrix}$

Dari persamaan (2.12) dapat diperoleh

$$\begin{aligned}\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} &= \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} \\ &= \mathbf{y} - \mathbf{S}\mathbf{y} \\ &= (\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}\end{aligned}$$

Nilai jumlah kuadrat *error*-nya adalah:

$$\begin{aligned}SSE &= \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}^T \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \\ &= [(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}]^T [(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}] \\ &= \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}\end{aligned}\quad (2.23)$$

Persamaan (2.23) juga dapat dimodifikasi dengan memperhatikan asumsi-
asumsi pada model GWR yaitu:

$$\begin{aligned}
 E(\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}) &= E(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \\
 &= E(\mathbf{y}) - E(\hat{\mathbf{y}}) \\
 &= X\boldsymbol{\beta}(i) - X\hat{\boldsymbol{\beta}}(i) \\
 &= 0
 \end{aligned} \tag{2.24}$$

Varians *error*-nya yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Var}(\boldsymbol{\varepsilon}) &= E\left[\left(\boldsymbol{\varepsilon} - E(\boldsymbol{\varepsilon})\right)^T \left(\boldsymbol{\varepsilon} - E(\boldsymbol{\varepsilon})\right)\right] \\
 \sigma^2 &= E\left[\left(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} - 0 - 0 + 0\right)\right] \\
 \sigma^2 &= E(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon})
 \end{aligned} \tag{2.25}$$

Dari persamaan (2.24) dan (2.25) maka persamaan (2.23) dapat dimodifikasi
menjadi:

$$\begin{aligned}
 SSE &= \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}^T \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \\
 &= (\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} - E(\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}))^T (\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} - E(\hat{\boldsymbol{\varepsilon}})) \\
 &= [(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y} - E((\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y})]^T [(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y} - E((\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y})] \\
 &= [(\mathbf{I} - \mathbf{S})(\mathbf{y} - E(\mathbf{y}))]^T [(\mathbf{I} - \mathbf{S})(\mathbf{y} - E(\mathbf{y}))] \\
 &= (\mathbf{y} - E(\mathbf{y}))^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})(\mathbf{y} - E(\mathbf{y})) \\
 &= \boldsymbol{\varepsilon}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})\boldsymbol{\varepsilon}
 \end{aligned} \tag{2.26}$$

$$\begin{aligned}
 E(SSE) &= E\left(\boldsymbol{\varepsilon}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})\boldsymbol{\varepsilon}\right) \\
 &= E\left(\text{tr}\left(\boldsymbol{\varepsilon}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})\boldsymbol{\varepsilon}\right)\right) \\
 &= E\left(\text{tr}\left((\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}\right)\right) \\
 &= \text{tr}\left(\mathbf{I}^T \mathbf{I} - \mathbf{I}^T \mathbf{S} - \mathbf{S}^T \mathbf{I} + \mathbf{S}^T \mathbf{S}\right) E(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}) \\
 &= \text{tr}\left(\mathbf{I} - \mathbf{S} - \mathbf{S}^T + \mathbf{S}^T \mathbf{S}\right) \sigma^2 \\
 &= \left(n - 2\text{tr}(\mathbf{S}) + \text{tr}(\mathbf{S}^T \mathbf{S})\right) \sigma^2
 \end{aligned} \tag{2.27}$$

Dari persamaan (2.26) diperoleh bahwa $E\left(\frac{SSE}{(n - 2tr(\mathbf{S}) + tr(\mathbf{S}^T\mathbf{S}))}\right) = \sigma^2$ dan

diperoleh penaksir σ^2 yang tak bias adalah:

$$\hat{\sigma}^{*2} = \frac{SSE}{(n - 2tr(\mathbf{S}) + tr(\mathbf{S}^T\mathbf{S}))} \quad (2.28)$$

2.7 Pembobot model GWR

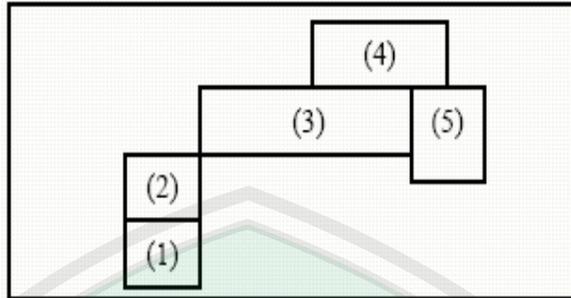
Peran pembobot pada model GWR sangat penting karena nilai pembobot ini mewakili letak data observasi satu dengan lainnya. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan ketepatan cara pembobotan. Skema pembobotan pada GWR dapat menggunakan beberapa metode yang berbeda, salah satu metode pembobotan. $W_i(u_i, v_i)$ adalah sebuah matriks pembobot spasial bagi model GWR ke- i dengan dimensi $n \times n$. Salah satu caranya adalah dapat menggunakan *Rook Contiguity Criterion*. Pada umumnya digunakan suatu pembobotan spasial dalam bentuk matriks $n \times n$ yang ditentukan dari serangkaian lokasi yang berdekatan (*neighbourhood sets*) untuk masing-masing observasi. Pada dasarnya terdapat tiga macam data spasial berdasarkan *feature* atau kenampakan objek yaitu: tipe titik (*point*), tipe garis (*line*), dan tipe area (*polygon*). Tipe *feature* data spasial yang dapat dipergunakan untuk analisis regresi yaitu tipe titik (*point*) dan tipe area (*polygon*).

Salah satu kriteria penentuan *neighbour* yang juga biasa digunakan disebut *Rook Contiguity Criterion*. Matriks pembobot/penimbang spasial (\mathbf{W}) dapat diperoleh berdasarkan informasi jarak dari ketetanggaan (*neighborhood*), atau

dalam kata lain dari jarak antara satu *region* dengan *region* yang lain. Ada beberapa metode untuk mendefinisikan hubungan persinggungan (*contiguity*) antar *region* tersebut. Metode itu antara lain sebagai berikut :

1. *Linear Contiguity* (Persinggungan tepi); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk *region* yang berada di tepi (*edge*) kiri maupun kanan *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.
2. *Rook Contiguity* (Persinggungan sisi); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk *region* yang bersisian (*common side*) dengan *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.
3. *Bhisop Contiguity* (Persinggungan sudut); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk *region* yang titik sudutnya (*common vertex*) bertemu dengan sudut *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.
4. *Double Linear Contiguity* (Persinggungan dua tepi); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk dua *entity* yang berada di sisi (*edge*) kiri dan kanan *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.
5. *Double Rook Contiguity* (Persinggungan dua sisi); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk dua *entity* di kiri, kanan, utara dan selatan *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.
6. *Queen Contiguity* (persinggungan sisi-sudut); mendefinisikan $w_{ij} = 1$ untuk *entity* yang bersisian (*common side*) atau titik sudutnya (*common vertex*) bertemu dengan *region* yang menjadi perhatian, $w_{ij} = 0$ untuk *region* lainnya.

Sebagai *contoh*, perhatikan Gambar 2.1 yang merupakan ilustrasi lima *region* yang tampak pada suatu peta



Gambar 2.1. Ilustrasi *contiguity* (Persinggungan)

Apabila digunakan metode *rook contiguity* maka diperoleh susunan matriks berukuran 5×5 , sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

dimana baris dan kolom menyatakan *region* yang ada pada peta. Karena matriks pembobot/penimbang spasial merupakan matriks simetris, dan dengan kaidah bahwa diagonal utama selalu nol. Seringkali dilakukan transformasi untuk mendapatkan jumlah baris, yaitu jumlah baris yang sama dengan satu. Agar lebih mudah diinterpretasikan, matriks bobot spasial tersebut kemudian distandarkan sehingga pada tiap baris elemen-elemen matriks akan bernilai antara nol dan 1.

Melalui perhitungan:

$$w_{ij(std)} = \frac{w_{ij}}{\sum_j w_{ij}}$$

dimana $w_{ij(std)}$ adalah elemen matriks bobot terstandarkan, maka diperoleh bentuk matriks bobot spasial yang distandarkan sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 \end{bmatrix}$$

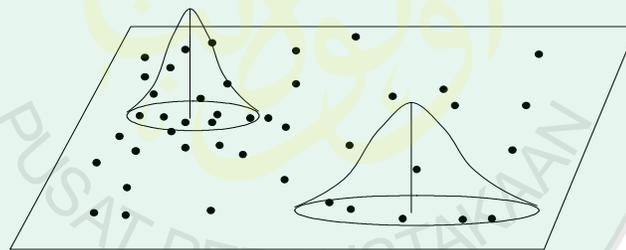
2.8 Pemilihan *Bandwidth* Optimal

Seperti yang disebutkan oleh Yu dan Wei (2005), metode GWR didasarkan pada hukum pertama geografi yang tertulis “*everything is related with relating else, but closer things are more related*”. Setiap pengamatan diboboti berdasarkan kedekatannya dari titik ke- i ketika melakukan pendugaan parameter GWR untuk titik ke- i bobot yang lebih besar diberikan untuk titik pengamatan yang lebih kecil diberikan bagi titik-titik pengamatan yang jauh dari titik ke- i .

Metode GWR memerlukan data mengenai koordinat titik-titik pengamatan. Koordinat-koordinat tersebut digunakan untuk mendapatkan jarak antar lokasi pengamatan. GWR mengenai dua sistem jarak yaitu sistem jarak terproyeksi dan sistem jarak koordinat menggunakan derajat *latitude-longitude*. Dalam mengukur jarak, sistem koordinat terproyeksi menggunakan aturan *pythagoras*. Koordinat pada peta merupakan contoh dari sistem koordinat terproyeksi. Berbeda halnya dengan koordinat terproyeksi, dalam mengukur antar jarak titik pengamatan, sistem koordinat derajat *longitude-latitude* menggunakan aturan *great-circle distance*. *Great circle distance* adalah jarak terpendek dimuka

bumi antara dua titik. Pengukuran jarak di muka bumi didasarkan pada aturan *World Geodetic System 1984*.

Dalam pendugaan parameter menggunakan GWR, *bandwidth* memiliki peranan yang sangat penting. Fungsi *Gaussian* membutuhkan sebuah nilai *bandwidth* untuk menghasilkan matriks pembobot. *Bandwidth* dapat dianalogkan sebagai radius lingkaran, sehingga titik yang berada di dalam lingkaran masih dianggap memiliki pengaruh. Penggunaan metode *Adaptive Kernel* bagi penentuan nilai *bandwidth* yang berbeda-beda untuk setiap titik pengamatan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan metode *Adaptive Kernel* yang dapat menyesuaikan dengan kondisi titik-titik pengamatan. Bila titik-titik pengamatan tersebar secara padat disekitar amatan ke-*i* maka *bandwidth* ke-*i* yang diperoleh relatif lebih sempit. *Adaptive Kernel Bandwidth* dapat diilustrasikan yaitu :



Gambar 2.2 Ilustrasi *Adaptive Kernel Bandwidth*

Dalam pembentukan sebuah model GWR, *bandwidth* berperan sangat penting. Nilai *bandwidth* yang optimal menunjukkan seberapa banyak pengamatan yang berpengaruh signifikan dalam pembentukan model GWR. Nilai *bandwidth* optimal dapat diperoleh dengan *Cross Validation* (CV). Menurut Menis (2006), rumus *cross validation* adalah sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{i \neq 1})^2 \quad (2.31)$$

dimana

n : banyaknya pengamatan

i : $1, \dots, n$

y_i : pengamatan ke- i

$\beta_k = \beta_{2k} = \dots = \beta_{nk}$: nilai duga parameter ke- i yang nilainya diperoleh tanpa melibatkan pengamatan ke- i itu sendiri. CV diolah lebih lanjut untuk mendapatkan skor CV, yaitu dengan menghitung rata-rata dari akar kuadrat CV. *Bandwidth* yang optimal ditunjukkan dengan skor CV yang minimum.

2.9 Uji F Model GWR

Pada tahap pengujian hipotesis akan digunakan metode (*Likelihood Ratio Test*) LRT dengan menggunakan hasil yang telah diperoleh, uji hipotesis yang pertama dilakukan adalah pengujian model secara serentak untuk menguji signifikansi dari faktor geografis yang merupakan inti dari model GWR. Bentuk hipotesisnya adalah:

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

(tidak ada pengaruh faktor geografis pada model)

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

(ada pengaruh faktor geografis pada model)

Setelah terbentuk hipotesis selanjutnya adalah menentukan himpunan parameter dibawah H_0 (ω): $\omega = \{\beta_k, \sigma^2\}$ dan membentuk fungsi *likelihood* dibawah H_0 ($L(\omega)$) yang sama dengan persamaan (2.11). Kemudian dilanjutkan pada langkah penentuan himpunan parameter dibawah H_1 (Ω): $\Omega = \{\beta_k(u_i, v_i), \sigma^2\}$ dan pembentukan fungsi *likelihood* dibawah H_1 ($L(\Omega)$) sesuai dengan persamaan (2.12).

Sebelumnya telah diperoleh estimasi untuk tiap parameter baik di bawah H_0 maupun H_1 . Dari hasil estimasi tersebut maka disubstitusikan yang memaksimumkan fungsi *likelihood* baik di bawah H_0 maupun H_1 . Langkah selanjutnya adalah menentukan statistik uji model GWR dengan pendekatan LRT, berdasar pada uji F , yang dapat digunakan untuk membandingkan model GWR dan model regresi global. Uji ini berdasarkan hasil SSE dibagi dengan banyak derajat bebas yang efektif (persamaan 2.28) yang mendekati distribusi χ^2 dengan derajat bebas banyak derajat bebas yang efektif. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$F = \frac{SSE_0 / n - (p + 1)}{SSE_1 / (n - 2tr(\mathbf{S}) + tr(\mathbf{S}^T \mathbf{S}))} = \frac{SSE_0 / df_1}{SSE_1 / df_2} \quad (2.32)$$

Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{\alpha; (df1; df2)}$ atau $P_value < \alpha$.

Jika pada pengujian model secara serentak diperoleh keputusan tolak H_0 , maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji parsial dengan hipotesis:

$$H_0: \beta_{1k} = \beta_{2k} = \dots = \beta_{nk} \text{ untuk } k \text{ yang diberikan } (k = 1, 2, \dots, p)$$

(tidak ada perbedaan yang signifikan antara satu daerah dengan daerah lainnya)

H_1 : paling tidak ada satu β_{ik} ($i = 1, 2, \dots, n$) yang berbeda

(ada perbedaan yang signifikan antara satu daerah dengan daerah lainnya)

Untuk melakukan pengujian di atas maka ditentukan terlebih dahulu varians sampel yang dinotasikan sebagai

$$V_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{\beta}_{ik} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_{ik} \right)^2 \quad (2.33)$$

dengan $\hat{\beta}_{ik}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) diperoleh dari persamaan (2.15).

Selanjutnya adalah menentukan distribusi dari V_k di bawah H_0 . Misalkan

$\hat{\beta}_k = (\hat{\beta}_{1k} \ \hat{\beta}_{2k} \ \dots \ \hat{\beta}_{nk})^T$ dan \mathbf{J} merupakan matriks $n \times n$ yang semua elemennya adalah 1, maka persamaan (2.33) dapat ditulis dengan:

$$V_k = \frac{1}{n} \hat{\beta}_k^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \hat{\beta}_k \quad (2.34)$$

Di bawah H_0 semua β_{ik} ($i = 1, 2, \dots, n$) sama, sehingga dapat diasumsikan bahwa:

$$E(\hat{\beta}_{1k}) = E(\hat{\beta}_{2k}) = \dots = E(\hat{\beta}_{nk}) = \mu_k \quad (2.35)$$

Secara umum dapat ditulis

$$E(\hat{\beta}_k) = \mu_k \mathbf{1} \quad (2.36)$$

Dari persamaan (2.36) dan $\mathbf{1}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] = \mathbf{0}$ serta $\left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{1} = \mathbf{0}$, maka V_k dapat ditulis sebagai:

$$V_k = \frac{1}{n} (\hat{\boldsymbol{\beta}}_k - E(\hat{\boldsymbol{\beta}}_k))^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] (\hat{\boldsymbol{\beta}}_k - E(\hat{\boldsymbol{\beta}}_k)) \quad (2.37)$$

Misalkan \mathbf{e}_k merupakan vektor yang elemennya bernilai 1 untuk elemen ke- k dan 0 untuk lainnya, maka diperoleh:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_k = (\hat{\beta}_{1k} \quad \hat{\beta}_{2k} \quad \dots \quad \hat{\beta}_{nk})^T \quad (2.38)$$

dengan

$$\mathbf{B}^* = \begin{pmatrix} e_k^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(1) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(1) \\ \vdots \\ e_k^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(n) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(n) \end{pmatrix} \quad (2.39)$$

Substitusi persamaan (2.38) ke persamaan (2.39) maka akan diperoleh:

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{1}{n} (\mathbf{y} - E(\mathbf{y}))^T \mathbf{B}^{*T} \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}^* (\mathbf{y} - E(\mathbf{y})) \\ &= \boldsymbol{\varepsilon}^T \left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^{*T} \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}^* \right) \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (2.40)$$

dengan $\boldsymbol{\varepsilon}$ berdistribusi Normal dengan mean nol dan varians σ^2 dan

$\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}$ merupakan matriks semi definit positif.

Kemudian dengan menggunakan pendekatan yang sama pada pembahasan sebelumnya, maka akan ditentukan:

$$\begin{aligned}
E(V_k) &= E\left(\boldsymbol{\varepsilon}^T \left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right) \boldsymbol{\varepsilon}\right) \\
&= E\left(\text{tr}\left(\boldsymbol{\varepsilon}^T \left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right) \boldsymbol{\varepsilon}\right)\right) \\
&= E\left(\text{tr}\left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B} \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}\right)\right) \quad (2.41) \\
&= \text{tr}\left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right) E(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}) \\
&= \text{tr}\left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right) \sigma^2
\end{aligned}$$

Distribusi dari $E(V_k) / \sigma^2$ akan mendekati χ^2 dengan derajat bebas

$\text{tr}\left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right)$. Selanjutnya untuk menghitung nilai statistik uji adalah

berdasar pada uji F yang merupakan rasio antara dua distribusi χ^2 yaitu

$$\begin{aligned}
F_1 &= \frac{V_k / \text{tr}\left(\frac{1}{n} \mathbf{B}^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}\right] \mathbf{B}\right)}{\hat{\sigma}^{*2}} \\
F_1 &= \frac{V_k / df^*_{1}}{\hat{\sigma}^{*2}} \quad (2.42)
\end{aligned}$$

dengan $\beta(i)$ sesuai dengan persamaan (2.27). Tolak H_0 jika $F_{1-hit} > F_{\alpha; (df^*_{1}; df_2)}$ atau

$P_value < \alpha$.

2.10 Kajian Tentang Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) menurut definisi adalah suatu daerah yang dibatasi (dikelilingi) oleh garis ketinggian dimana setiap air yang jatuh di permukaan tanah akan dialirkan melalui satu outlet. Komponen yang ada di

dalam sistem DAS secara umum dapat dibedakan dalam 3 kelompok, yaitu komponen masukan yaitu curah hujan, komponen *output* yaitu debit aliran dan polusi / sedimen, dan komponen proses yaitu manusia, vegetasi, tanah, iklim, dan topografi. Sehingga pengelolaan DAS adalah melakukan pengelolaan setiap komponen DAS sehingga dapat mencapai tujuan yang dimaksud.

Daerah aliran sungai merupakan daerah dimana semua airnya mengalir dalam satu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasar aliran air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasar air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. (Harto, 1993: 5)

Tujuan dari pengelolaan DAS adalah melakukan pengelolaan sumberdaya alam secara rasional supaya dapat dimanfaatkan secara maksimum lestari dan berkelanjutan sehingga dapat diperoleh kondisi tata air yang baik. Sedangkan pembangunan berkelanjutan adalah pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya alam bagi kepentingan umat manusia pada saat sekarang ini dengan masih menjamin kelangsungan pemanfaatan sumberdaya alam untuk generasi yang akan datang.

Dalam sistem DAS mempunyai arti penting terutama bila hubungan ketergantungan antara hulu dan hilir. Perubahan komponen DAS di daerah hulu akan sangat mempengaruhi komponen DAS pada daerah hilirnya, oleh sebab itu perencanaan daerah hulu menjadi sangat penting. Dalam setiap aktifitas perencanaan dan pelaksanaan kegiatan di dalam sistem DAS, sangat diperlukan indikator yang mampu digunakan untuk menilai apakah pelaksanaan kegiatan

tersebut telah berjalan sesuai dengan perencanaan atau belum. Indikator yang dimaksud adalah indikator yang dengan mudah dapat dilihat oleh seluruh masyarakat luas sehingga dapat digunakan peringatan awal dalam pelaksanaan kegiatan.

Menurut Andi Rahmadi (2002) secara umum pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan paling sedikit harus memenuhi indikator lestari dan berkelanjutan di bawah ini, yaitu:

- 1) Pengelolaan yang mampu mendukung produktifitas optimum bagi kepentingan kehidupan (indikator ekonomi).
- 2) Pengelolaan yang mampu memberikan manfaat merata bagi kepentingan kehidupan (sosial). Pengelolaan yang mampu mempertahankan kondisi lingkungan untuk tidak terdegradasi (indikator lingkungan)
- 3) Pengelolaan dengan menggunakan teknologi yang mampu dilaksanakan oleh kondisi penghidupan setempat, sehingga menstimulir tumbuhnya sistem institusi yang mendukung (indikator teknologi)

Pada pengelolaan DAS indikator paling memungkinkan adalah melihat kondisi tata airnya. Yang dimaksud indikator tata air atau kondisi tata air yang meliputi:

1. *Indikator kuantitas air.* Kondisi kuantitas air ini sangat berkaitan dengan kondisi tutupan vegetasi lahan di DAS yang bersangkutan. Bila tutupan vegetasi lahan DAS yang bersangkutan berkurang dapat dipastikan perubahan kuantitas air akan terjadi. Sehingga setiap pelaksanaan kegiatan yang bermaksud mengurangi tutupan lahan pada suatu tempat maka harus diiringi

dengan usaha konservasi. Indikator ini dapat dilihat dari besarnya air limpasan permukaan maupun debit air sungai.

2. *Indikator kualitas air.* Kondisi kualitas air disamping dipengaruhi oleh tutupan vegetasi lahan seperti pada kondisi kuantitas, tetapi juga dipengaruhi oleh buangan domestik, buangan industri, pengolahan lahan, pola tanam, dll. Dengan demikian bila sistem pengelolaan limbah, pengolahan lahan, dan pola tanam dapat dengan mudah diketahui kejanggalannya dengan melihat indikator kualitas air. Kualitas air ini dapat dilihat dari kondisi kualitas air limpasan, air sungai ataupun air sumur.
3. *Indikator perbandingan debit maksimum dan minimum.* Yang dimaksud disini adalah perbandingan antara debit puncak maksimum dengan debit puncak minimum sungai utama (di titik outlet DAS). Indikator ini mengisyaratkan kemampuan lahan untuk menyimpan. Bila kemampuan menyimpan air dari suatu daerah masih bagus maka fluktuasi debit air pada musim hujan dan kemarau adalah kecil. Kemampuan menyimpan air ini sangat bergantung pada kondisi permukaan lahan seperti kondisi vegetasi, tanah, dll
4. *Indikator muka air tanah.* Indikator ini dapat dilihat dari ketinggian muka air tanah di suatu lahan. Indikator muka air tanah ini mengisyaratkan besarnya air masukan ke dalam tanah dikurangi dengan pemanfaatan air tanah. Yang mempengaruhi besarnya air masuk kedalam tanah adalah vegetasi, kelerengan, kondisi tanahnya sendiri, dll. Ketinggian muka air tanah ini dapat dilihat dari ketinggian muka air tanah dalam (*aquifer*) ataupun ketinggian air tanah dangkal (*non-aquifer*).

5. *Indikator curah hujan.* Besarnya curah hujan suatu tempat sangat dipengaruhi oleh kondisi klimatologi daerah sekitarnya, sedangkan kondisi klimatologi ini dipengaruhi perubahan tutupan lahan, ataupun aktifitas lainnya. Sehingga bila terjadi perubahan secara besar pada tutupan lahan maka akan mempengaruhi klimatologi dan juga curah hujan yang terjadi.

Dengan demikian dengan mengetahui indikator tata air yang dapat dengan mudah dilihat dengan pengamatan masyarakat umum diharapkan dengan demikian kontrol pelaksanaan pembangunan dapat dilakukan dengan lebih terbuka. Sebagai gambaran bahwa suatu daerah aliran sungai dapat dikatakan masih baik apabila:

- 1) Memberikan produksi tinggi bagi keperluan kehidupan dalam DAS yang bersangkutan
- 2) Menjamin kelestarian DAS, dimana erosi yang terjadi dibawah erosi yang dapat ditoleransi
- 3) Terdapat kelenturan, dimana bila terjadi gangguan pada salah satu bagian, maka bagian lain mampu memberikan *supply* atau bantuan
- 4) Bersifat pemerataan, dimana setiap *stake holder* yang ada di dalam DAS mampu berperan sesuai dengan kemampuan yang dipunyai dan mendapatkan imbalan yang sesuai.

Penetapan proporsi luas kawasan hutan terhadap luas daerah aliran sungai dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tata air, karena sebagian besar wilayah Indonesia mempunyai curah dan intensitas hujan yang tinggi, serta mempunyai konfigurasi daratan yang bergelombang, berbukit dan bergunung

yang peka akan gangguan keseimbangan tata air seperti banjir, erosi, sedimentasi, serta kekurangan air. Distribusi luas kawasan hutan disesuaikan dengan kondisi daerah aliran sungai yang, antara lain, meliputi morfologi, jenis batuan, serta bentuk pengaliran sungai dan anak sungai. Dengan demikian kawasan hutan tidak harus terdistribusi secara merata pada setiap wilayah administrasi yang ada di dalam daerah aliran sungai.

Sedangkan dari aspek biofisik, suatu DAS dikatakan baik apabila:

- 1) Debit sungai konstan dari tahun ke tahun
- 2) Kualitas air baik dari tahun ke tahun
- 3) Fluktuasi antara debit maksimum dan minimum kecil
- 4) Ketinggian muka air tanah konstan dari tahun ke tahun
- 5) Kondisi curah hujan tidak mengalami perubahan dalam kurun waktu tertentu

2.11 Kajian Masalah Estimasi, Hujan serta Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Banjir dalam Al-Quran

Mempelajari matematika yang sesuai dengan paradigma Ulul Albab tidak cukup berbekal kemampuan intelektual semata, tetapi perlu didukung secara bersama dengan dengan kemampuan emosional dan spiritual. Pola pikir deduktif dan logis dalam matematika juga bergantung pada kemampuan intuitif dan imajinatif serta mengembangkan pendekatan rasional empiris dan logis. (Abdussakir, 2006)

Sering kali dijumpai dalam masyarakat umum sebuah pandangan bahwa konsep agama dan matematika tidak memiliki relasi yang kentara. Agama yang

diekspresikan oleh para pemeluknya di satu sisi cenderung memfokuskan diri pada kegiatan yang bersifat ritual suci dan ukhrawi, sedangkan matematika memiliki corak yang kental. Namun, dalam sejarah dapat dicermati bahwa agama ternyata memiliki peran yang signifikan dalam membangunkan umatnya dalam tidur panjangnya untuk mengkaji ilmu matematika lebih mendalam.

Statistika adalah cabang matematika yang berkaitan dengan pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, dan penarikan kesimpulan. Kegiatan utama dalam statistika adalah pengumpulan data, hal ini dibicarakan Al-Quran dalam Surat Al-Qomar 52:

وَكُلُّ شَيْءٍ فَعَلُوهُ فِي الزُّبُرِ ﴿٥٢﴾

Artinya: "Dan segala sesuatu yang telah mereka perbuat tercatat dalam buku-buku catatan".(QS. 54 : 52)

Estimasi adalah keterampilan untuk menentukan sesuatu tanpa menghitung secara eksak. Dalam Al-Quran masalah estimasi atau taksiran juga dibicarakan yaitu pada surat As-Shafat ayat 147: (Abdussakir, 2007)

وَأَرْسَلْنَاهُ إِلَىٰ مِائَةِ أَلْفٍ أَوْ يَزِيدُونَ ﴿١٤٧﴾

Artinya: "Dan kami utus mereka kepada seratus ribu orang atau lebih".

Pada surat Ash-Shaffaat tersebut dijelaskan bahwa nabi Yunus diutus kepada umatnya yang jumlahnya 100000 orang atau lebih. Jika membaca ayat tersebut secara seksama, terdapat kesan keraguan dalam menentukan jumlah umat nabi Yunus. Kalau ditelaah padahal Allah Maha Mengetahui segala sesuatu, maka

kesan keraguan atau taksiran inilah yang dalam matematika dinamakan dengan estimasi.

Sumber studi matematika sebagaimana sumber ilmu pengetahuan dalam Islam adalah konsep tauhid. Allah menciptakan alam semesta ini dengan aturan dan ukuran yang serapi-rapinya, ternyata tidak hanya ada pada firman-Nya saja, tetapi itu semua telah terbukti dapat dilihat dan dirasakan secara langsung segala apa yang ada di muka bumi ini yang kesemuanya tertata dengan sempurna. Matematika yang dipelajari oleh manusia sejak dahulu salah satu konsepnya terdapat dalam Al-Quran adalah statistik. Al-Quran adalah kitabullah yang di dalamnya terkandung ilmu-ilmu Allah. Untuk mendapatkan ilmu tersebut perlu mengkaji secara mendalam. Salah satunya yang dibahas dalam penelitian ini adalah mengenai estimasi dan uji hipotesis pada terjadinya banjir.

Dalam ilmu kontemporer ditetapkan bahwa panas sinar matahari menyebabkan penguapan air laut dan semua tempat air. Uap air itu akan naik ke angkasa dan membentuk awan dengan saling bertumpukan. Pada saat inilah peran angin mengambil bagian untuk mengarak awan menuju daerah-daerah tertentu. Pada saat tertentu angin hanya menggerakkan awan tanpa menimbulkan hujan, atau bergabung dengan gumpalan-gumpalan awan lainnya. Sehingga gumpalan-gumpalan itu akan semakin besar, sampai awan tersebut siap menurunkan hujan. Hujan yang turun ke bumi akan diserap oleh tumbuh-tumbuhan, dan ini merupakan masukan untuk pertumbuhan tanaman tersebut. Disela-sela siklus ini akan terjadi penguapan air ke angkasa atau peresapan air ke dalam bumi. Air

dalam tanah ini akan menuju samudera melalui saluran-saluran air. Atau meresap ke dalam tanah, lalu keluar mata air atau tempat-tempat pengeluaran air lainnya.

Fakta lain yang diberikan dalam Al Qur'an mengenai hujan adalah bahwa hujan diturunkan ke bumi dalam kadar tertentu. Hal ini disebutkan dalam Surat Az Zukhruf sebagai berikut:

وَالَّذِي نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَنْشَرْنَا بِهِ بَلْدَةً مَيْتًا كَذَلِكَ تُخْرَجُونَ



Artinya: "Dan Yang menurunkan air dari langit menurut kadar (yang diperlukan) lalu Kami hidupkan dengan air itu negeri yang mati, seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari dalam kubur)." (Al-Qur'an, 43:11)

Menurut Rika Hermawan (2007) dalam Keajaiban Al-Quran, kadar dalam hujan ini pun sekali lagi telah ditemukan melalui penelitian modern. Diperkirakan dalam satu detik, sekitar 16 juta ton air menguap dari bumi. Angka ini menghasilkan 513 trilyun ton air per tahun. Angka ini ternyata sama dengan jumlah hujan yang jatuh ke bumi dalam satu tahun. Hal ini berarti air senantiasa berputar dalam suatu siklus yang seimbang menurut "ukuran atau kadar" tertentu. Kehidupan di bumi bergantung pada siklus air ini. Bahkan sekalipun manusia menggunakan semua teknologi yang ada di dunia ini, mereka tidak akan mampu membuat siklus seperti ini.

Pertahunnya, air hujan yang menguap dan turun kembali ke Bumi dalam bentuk hujan berjumlah "tetap", yakni 513 triliun ton. Jumlah yang tetap ini dinyatakan dalam Al Quran dengan menggunakan istilah "menurunkan air dari langit menurut kadar". Tetapnya jumlah ini sangatlah penting bagi

keberlangsungan keseimbangan ekologi dan tentu saja, kelangsungan kehidupan ini. Bahkan satu penyimpangan kecil saja dari jumlah ini akan segera mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi yang mampu mengakhiri kehidupan di bumi. Namun, hal ini tidak pernah terjadi dan hujan senantiasa turun setiap tahun dalam jumlah yang benar-benar sama seperti dinyatakan dalam Al Quran. Proses terbentuknya hujan masih merupakan misteri besar bagi orang-orang dalam waktu yang lama. Baru setelah radar cuaca ditemukan, didapatkan tahap-tahap pembentukan hujan. (Hermawan, 2007)

Menurut Rika Hermawan dalam Keajaiban Al-Quran, pembentukan hujan berlangsung dalam tiga tahap. Pertama, "bahan baku" hujan naik ke udara, lalu awan terbentuk. Akhirnya, curahan hujan terlihat. Tahap-tahap ini ditetapkan dengan jelas dalam Al-Quran berabad-abad yang lalu, yang memberikan informasi yang tepat mengenai pembentukan hujan:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ
كِسْفًا فَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خَلَلِهِ ۗ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ ۖ مِنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ ۖ إِذَا هُمْ
يَسْتَبْشِرُونَ

Artinya: "Dialah Allah Yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendakiNya, dan menjadikannya bergumpalgumpal;lalu kamu lihat air hujan keluar dari celah-celahnya; maka, apabila hujan itu turun mengenai hamba-hambaNya yang dikehendakiNya, tiba-tiba mereka menjadi gembira" (Al-Quran, Ar-ruum:48)

TAHAP KE-1: *"Dialah Allah Yang mengirinkan angin..."*

Gelembung-gelembung udara yang jumlahnya tak terhitung yang dibentuk dengan pembuihan di lautan, pecah terus-menerus dan menyebabkan partikel-partikel air tersembur menuju langit. Partikel-partikel ini, yang kaya akan garam, lalu diangkut oleh angin dan bergerak ke atas di atmosfer. Partikel-partikel ini, yang disebut aerosol, membentuk awan dengan mengumpulkan uap air di sekelilingnya, yang naik lagi dari laut, sebagai titik-titik kecil dengan mekanisme yang disebut "perangkap air".

TAHAP KE-2: *"...lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal..."*

Awan-awan terbentuk dari uap air yang mengembun di sekeliling butir-butir garam atau partikel-partikel debu di udara. Karena air hujan dalam hal ini sangat kecil (dengan diameter antara 0,01 dan 0,02 mm), awan-awan itu bergantung di udara dan terbentang di langit. Jadi, langit ditutupi dengan awan-awan.

TAHAP KE-3: *"...lalu kamu lihat air hujan keluar dari celah-celahnya..."*

Partikel-partikel air yang mengelilingi butir-butir garam dan partikel-partikel debu itu mengental dan membentuk air hujan. Jadi, air hujan ini, yang menjadi lebih berat daripada udara, bertolak dari awan dan mulai jatuh ke tanah sebagai hujan. Semua tahap pembentukan hujan telah diceritakan dalam ayat-ayat Al-Qur'an. Selain itu, tahap-tahap ini dijelaskan dengan urutan yang benar.

Sebagaimana fenomena fenomena alam lain di bumi, lagi-lagi Al-Quranlah yang menyediakan penjelasan yang paling benar mengenai fenomena ini dan juga telah mengumumkan fakta-fakta ini kepada orang-orang pada ribuan tahun sebelum ditemukan oleh ilmu pengetahuan. Dalam sebuah ayat, informasi tentang proses pembentukan hujan dijelaskan:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يَرْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ
مِّنْ خَلَلِهِ وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مِثْرًا جِبَالًا فِيهَا مِنْ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَن يَشَاءُ
وَيَصْرِفُهُ عَن مَّن يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقُهُ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ﴿٤٣﴾

Artinya: "Tidaklah kamu melihat bahwa Allah mengarak awan, kemudian mengumpulkan antara (bagian-bagian)nya, kemudian menjadikannya bertindih-tindih, maka kelihatanlah olehmu hujan keluar dari celah-celahnya dan Allah (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan- gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran) es itu kepada siapa yang dikehendaki-Nya dan dipalingkan-Nya dari siapa yang dikehendaki-Nya. Kilauan kilat awan itu hampir-hampir menghilangkan penglihatan." (Al-Qur'an, 24:43)

Para ilmuwan yang mempelajari jenis-jenis awan mendapatkan temuan yang mengejutkan berkenaan dengan proses pembentukan awan hujan. Terbentuknya awan hujan yang mengambil bentuk tertentu, terjadi melalui sistem dan tahapan tertentu pula. Menurut Rika Hermawan (2007) dalam Keajaiban Al-Quran, tahap-tahap pembentukan kumulonimbus, sejenis awan hujan, adalah sebagai berikut:

TAHAP - 1, Pergerakan awan oleh angin: Awan-awan dibawa, dengan kata lain, ditiup oleh angin.

TAHAP - 2, Pembentukan awan yang lebih besar: Kemudian awan-awan kecil (awan kumulus) yang digerakkan angin, saling bergabung dan membentuk awan yang lebih besar.

TAHAP - 3, Pembentukan awan yang bertumpang tindih:

Ketika awan-awan kecil saling bertemu dan bergabung membentuk awan yang lebih besar, gerakan udara vertikal ke atas terjadi di dalamnya meningkat. Gerakan udara vertikal ini lebih kuat di bagian tengah dibandingkan di bagian tepinya. Gerakan udara ini menyebabkan gumpalan awan tumbuh membesar secara vertikal, sehingga menyebabkan awan saling bertumpang-tindih. Membesarnya awan secara vertikal ini menyebabkan gumpalan besar awan tersebut mencapai wilayah-wilayah atmosfer yang bersuhu lebih dingin, di mana butiran-butiran air dan es mulai terbentuk dan tumbuh semakin membesar. Ketika butiran air dan es ini telah menjadi berat sehingga tak lagi mampu ditopang oleh hembusan angin vertikal, mereka mulai lepas dari awan dan jatuh ke bawah sebagai hujan air, hujan es, dsb. Harus diingat bahwa para ahli meteorologi hanya baru-baru ini saja mengetahui proses pembentukan awan hujan ini secara rinci, beserta bentuk dan fungsinya, dengan menggunakan peralatan mutakhir seperti pesawat terbang, satelit, komputer, dsb. Sebenarnya jelas bahwa Allah telah memberitahu kita suatu informasi yang tidak mungkin dapat diketahui 1400 tahun yang lalu.

Hujan adalah rizqi yang diberikan Allah kepada hambanya, Allah menurunkannya untuk kelangsungan hidup makhluk di bumi. Seperti yang telah disebutkan dalam ayat-ayat sebelumnya bahwa Allah menurunkan air dari langit

(hujan) menurut kadar, artinya siklus air ini tetap, sedangkan yang membuat perubahan sehingga berakibat bencana adalah manusia. Contohnya saja membuang kotoran atau limbah ke laut sehingga merusak ekosistem laut itu sendiri. Hujan akan dapat menjadi bencana bagi manusia itu sendiri yang disebabkan oleh ulah manusia. Ilmu pengetahuan modern menetapkan, bahwa manusia telah berbuat kejahatan dalam mempergunakan sumber-sumber alam yang disediakan Allah untuk kepentingan manusia. Dan kejahatan itu masih terus berlangsung hingga saat ini. Masalah ini juga jelas disebutkan dalam Al-Quran Ar-Ruum: 41, yaitu:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali ke jalan yang benar".

Kerusakan lingkungan merupakan bagian dari kerusakan yang telah diterangkan dalam Al-Quran, yang juga merupakan fenomena yang ada di darat dan di laut. Contoh kerusakan yang ada di darat yaitu kerusakan tanah pertanian yang merupakan akibat dari bertumpuknya materi-materi keras yang dihasilkan pabrik-pabrik, ladang-ladang, pemukiman, jalan-jalan, dan sebagainya. Bahaya memakai pupuk kimia, menurut ilmu pengetahuan modern dapat menyebabkan tertutupnya lapisan tanah dengan lapisan yang tidak berpori. Terutama pada pemakaian berlebihan yang menyebabkan terhambatnya aliran irigasi atau air hujan. Dengan dibukanya pemukiman-pemukiman baru, pabrik-pabrik dengan

menebang hutan secara liar hal ini akan mengurangi semakin sempitnya lahan penyerapan sehingga jika terjadi hujan dapat menimbulkan banjir. Dengan terjadinya banjir yang diakibatkan oleh ulah tangan manusia itu sendiri membuktikan bahwa yang dikatakan Al-Quran benar adanya.

Dalam surat yang lain juga disebutkan yaitu Al-A'raaf: 85:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ۚ ذَٰلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنْتُمْ
مُؤْمِنِينَ

Artinya: "Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. Yang demikian itu lebih baik bagimu jika kamu benar-benar orang yang beriman.

Allah memperingatkan agar manusia tidak berbuat kerusakan. Allah menciptakan Alam semesta beserta segala isinya juga untuk kebutuhan manusia, akan tetapi manusia kurang bersyukur atas segala nikmat yang telah dilimpahkan. Misalkan saja sungai yang telah Allah ciptakan untuk manusia dan makhluk yang lain, seharusnya sungai ini membawa manfaat besar bagi makhluk-makhluk Allah untuk kelangsungan hidup sehari-hari, tetapi telah berubah fungsi.

Dewasa ini banyak ditemukan orang-orang yang kurang peduli terhadap lingkungan dengan mempersempit sungai sebagai tempat bermukim, tempat pembuangan limbah, sampah, dan lain-lain. Akibat dari perbuatan manusia itu sendiri sehingga, ketika musim penghujan tiba bencana banjir melanda dimana-mana banyak berjatuh korban dan tidak ada yang mau bertanggung jawab terhadap apa yang telah terjadi. Namun demikian, masih banyak manusia yang

belum sadar dan peduli terhadap lingkungan sekitar terutama dalam menjaga kelestarian lingkungan tempat mereka hidup.

Kesulitan melindungi lingkungan merupakan salah satu dari sekian banyak kesulitan yang timbul dari buruknya sikap manusia dalam memanfaatkan sumber-sumber alam yang ada. Masalah kerusakan lingkungan tidak hanya mengancam manusia. Tetapi, juga mengancam kehidupan setiap makhluk baik flora maupun fauna yang hidup bersama manusia di jagat raya ini. Teknologi modern tidak mampu mengatasi kerusakan ini selama tidak berangkat dari sudut pandang Islam. Yakni tercermin pada keharusan menjaga keseimbangan alam yang diletakkan oleh Allah pada segala aspek masalah lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan lingkungan tempat tinggal agar dapat hidup sehat, nyaman, aman, dan tenang dari segala akibat bencana kerusakan itu sendiri. Caranya adalah memulainya dari diri sendiri dan niat karena Allah menciptakan alam dan isinya dengan manfaat yang besar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dipaparkan, maka penelitian tentang estimasi dan statistik uji dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) ini, menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yaitu penganalisisan dengan menggunakan teori dalam statistika yang mendukung dalam masalah yang diangkat. Pendekatan ini menggambarkan obyek penelitian yang dihubungkan dan ditelaah dengan teori-teori yang ada, dimana data penelitian yang dipakai adalah diambil dari faktor penyebab terjadinya banjir.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian deskriptif kuantitatif ini adalah ingin menggambarkan realita empirik sesuai dengan fenomena yang ada secara rinci, mendalam dan tuntas. Selanjutnya adalah berupa penyesuaian terhadap konsep-konsep yang berhubungan dengan permasalahan yang ada yaitu mengenai estimasi dan statistik uji faktor atau penyebab banjir di Kali Konto yang memiliki 6 daerah stasiun pantauan yaitu yang terletak di daerah Pujon, Solerejo, Pare, Kertosono, Kediri dan Wilis dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR). Selain itu, akan disajikan juga pengkajian Al-Quran mengenai masalah yang diangkat.

3.2 Data dan Sumber Data

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder mengenai curah hujan, koefisien thiessen dan luasan sungai. Sumber data dalam penelitian dari adalah data yang diambil dari Kantor PERUM JASA TIRTA Jl. Surabaya No. 2A Malang mengenai sebab-sebab terjadinya banjir di Kali Konto.

3.3 Variabel dan Data Penelitian

Menurut Y. W, Best yang disunting oleh Sanpiah Faisal dalam bukunya H. Abu Achmad dan Drs. Cholid Marbuko (2007), yang disebut dengan variabel penelitian adalah kondisi-kondisi yang dimanipulasi, dikontrol atau diobservasi dalam suatu penelitian. Sedang Direktorat Pendidikan Tinggi Dekdikbud menjelaskan bahwa yang dimaksud variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan penelitian.

Variabel penelitian adalah suatu atribut, nilai dari orang atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulan sehingga pada analisis regresi variabel yang digunakan variabel X dan Y . Variabel X adalah variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang nilai-nilainya bergantung pada variabel lainnya atau variabel yang meramalkan atau menerangkan nilainya. Dan variabel Y (*Dependent Variable*) adalah variabel yang nilai-nilainya bergantung pada variabel lainnya atau variabel yang diramalkan atau diterangkan nilainya

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan (Y), Koefisien *thiessen* (x_1), Luas sungai (x_2), dan faktor geografis (*longitude, latitude*)

(u,v) pada tahun 2007. Metode penelitian yang dilakukan adalah mengkaji estimasi parameter dan statistik uji model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan menggunakan (*Maximum Likelihood Estimator*) MLE dan uji F serentak maupun parsial. Setelah dilakukan pengkajian kemudian dilakukan pengkajian aplikasi model GWR dengan menggunakan program software Matlab.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan dokumentasi yang diambil dari Kantor PERUM JASA TIRTA I Jl. Surabaya No. 2A Malang.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah data terkumpul dan dalam analisis data ini dilakukan berdasarkan dengan teori-teori yang ada dalam teori statistik yang mendukung pada masalah dalam penelitian ini. Tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Mentabulasi data yang telah terkumpul
2. Melakukan estimasi parameter regresi secara MLE
3. Melakukan uji hipotesis signifikansi model GWR
4. Melakukan uji secara parsial jika pada uji secara serentak diperoleh hasil menerima H_0
5. Menyimpulkan hasil penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA DAN ANALISIS

Pada bab IV ini dipaparkan mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian yang sudah dilakukan pada pengestimasi parameter regresi model *Geographically Weighted Regression* (GWR) terhadap sebab-sebab terjadinya banjir di Kali Konto yaitu sebagai berikut:

Berdasarkan data curah hujan tahun 2007 pada 6 daerah pantauan Sub DAS Kali Konto yang diambil dari PERUM JASA TIRTA I diperoleh data total curah hujan dalam setahun (2007), koefisien *thiessen* dan luas sungai yaitu:

Tabel 4.1 Total Curah Hujan Tahun 2007

Stasiun Pemantau	Curah Hujan (mm^3)
Pujon	1.936.00
Solerejo	2.677.00
Pare	2.239.00
Kertosono	1.353.00
Kediri	1.557.00
Wilis	3.457.00

(Arsip PERUM JASA TIRTA, 2007)

Tabel 4.2. Koefisien Thiessen dan Luas Sungai

Stasiun	Koefisien Thiessen	Luas Sungai (Km^2)
Pujon	0.040	21.53
Solerejo	0.300	160.96
Pare	0.141	75.76
Kertosono	0.014	7.51
Kediri	0.148	79.30
Wilis	0.139	74.69

(Arsip PERUM JASA TIRTA, 2007)

Berikut ini adalah data curah hujan total bulanan pada tahun 2007 pada 6 daerah pantauan Sub DAS Kali Konto:

Tabel 4.3 Tabel Curah hujan Bulanan Tahun 2007

Bulan	Stasiun Pemantau	Curah Hujan (mm³)
Januari	Pujon	206.00
	Solerejo	101.00
	Pare	140.00
	Kertosono	98.00
	Kediri	97.00
	Wilis	230.00
Februari	Pujon	312.00
	Solerejo	481.00
	Pare	198.00
	Kertosono	320.00
	Kediri	126.00
	Wilis	651.00
Maret	Pujon	254.00
	Solerejo	492.00
	Pare	333.00
	Kertosono	233.00
	Kediri	337.00
	Wilis	669.00
April	Pujon	331.00
	Solerejo	363.00
	Pare	475.00
	Kertosono	286.00
	Kediri	144.00
	Wilis	563.00
Mei	Pujon	23.00
	Solerejo	89.00
	Pare	250.00
	Kertosono	1.00
	Kediri	101.00
	Wilis	368.00
Juni	Pujon	23.00
	Solerejo	36.00
	Pare	70.00
	Kertosono	19.00
	Kediri	182.00
	wilis	77.00

(Arsip PERUM JASA TIRTA, 2007)

Tabel 4.4 Tabel Curah hujan Bulanan Tahun 2007

Bulan	Stasiun Pemantau	Curah Hujan (mm ³)
Juli	Pujon	1.00
	Solerejo	18.00
	Pare	57.00
	Kertosono	8.00
	Kediri	55.00
	Wilis	2.00
Agustus	Pujon	4.00
	Solerejo	21.00
	Pare	0.00
	Kertosono	0.00
	Kediri	0.00
	Wilis	18.00
September	Pujon	6.00
	Solerejo	6.00
	Pare	0.00
	Kertosono	6.00
	Kediri	0.00
	Wilis	0.00
Oktober	Pujon	106.00
	Solerejo	158.00
	Pare	126.00
	Kertosono	30.00
	Kediri	32.00
	Wilis	102.00
November	Pujon	92.00
	Solerejo	289.00
	Pare	146.00
	Kertosono	68.00
	Kediri	54.00
	Wilis	277.00
Desember	Pujon	578.00
	Solerojo	623.00
	Pare	444.00
	Kertosono	284.00
	Kediri	429.00
	Wilis	500.00

(Arsip PERUM JASA TIRTA, 2007)

4.2 Estimasi Parameter Model GWR (*Geographically Weighted Regression*)

Data spasial merupakan data pengukuran yang memuat suatu informasi lokasi. Pada data spasial, seringkali pengamatan di suatu lokasi bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang berdekatan (*neighboring*). Data spasial merupakan salah satu jenis data *dependent*, karena data dikumpulkan dari lokasi spasial berbeda yang mengindikasikan terdapatnya ketergantungan antara pengukuran data dengan lokasi. Akibatnya, apabila dibentuk suatu model regresi linier dengan metode OLS (*Ordinary Least Square*) pada data spasial, maka akan menghasilkan model yang tidak tepat sehingga digunakannya metode lain yaitu *Maximum Likelihood Estimator* (MLE).

Model GWR adalah suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi yang terboboti. Asumsi yang digunakan pada model ini adalah *error* berdistribusi normal dengan *mean* nol dan variansi konstan. Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWR. Faktor ini memiliki nilai yang berbeda untuk setiap daerah yang menunjukkan sifat lokal pada model. Oleh karena itu, pembobot diberikan pada bentuk *likelihood* untuk mendapatkan model lokal GWR. Pada penelitian ini diperoleh hasil estimasi parameter GWR dengan menggunakan pendekatan MLE yang sebenarnya sama dengan WLS tetapi, pada penulisan ini akan digunakan pendekatan MLE dalam estimasi parameternya. Langkah awal dari pendekatan tersebut adalah dengan membentuk *likelihood*. Estimasi dengan menggunakan MLE yang diperoleh dari persamaan 2.14 yaitu sebagai berikut:

$$\hat{\beta}(i) = (X^T W(i) X)^{-1} X^T W(i) y$$

Dimana persamaan tersebut memenuhi sifat tak bias, efisien dan konsisten dipenuhi oleh estimator tersebut.

Pada penulisan ini, aplikasi model GWR diterapkan pada kasus penyebab terjadinya hujan dan banjir pada Kali Konto yang terdiri dari 6 wilayah pengamatan yaitu Pujon, Solerejo, Pare, Kertosono, Kediri, dan Wilis dengan batasan data yang digunakan adalah data pada tahun 2007 yang diambil dari Kantor PERUM JASA TIRTA I di Jl. Surabaya 2A Malang. Variabel-variabel yang diteliti yaitu variabel curah hujan sebagai variabel *dependent* dan variabel luas sungai, koefisien *Thiessen* sebagai variabel *independentnya* yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5 Deskripsi Data tahun 2007 pada 6 Stasiun Daerah Pantauan

Variabel	Pujon	Solerejo	Pare	Kertosono	Kediri	Wilis
Curah Hujan	1,936	2,677	2,239	1,353	1,557	3,457
Luas Sungai	21.53	160.96	75.76	7.51	79.30	74.69
KoefisienThiessen	0.040	0.300	0.141	0.014	0.148	0.139

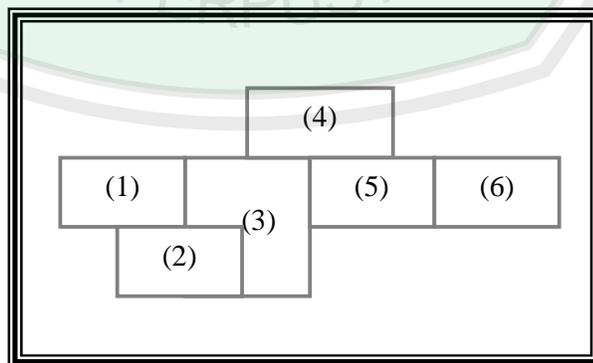
(Arsip PERUM JASA TIRTA, 2007)

Tabel 4.5 menyatakan bahwa, pada Kali Konto ini terdapat 6 lokasi daerah pantauan yang memiliki jumlah total curah hujan dalam satuan mm^3 pada tahun 2007, luas sungai dalam satuan km^2 dan koefisien thiessen. Aplikasi model GWR dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan software Matlab 6.5.

Tahap awal yang dilakukan adalah dengan mengestimasi parameter $\hat{\beta}(i)$ dengan menggunakan persamaan yang telah diperoleh dengan menggunakan metode MLE. Untuk menghitung estimasi parameter tersebut dibutuhkan matriks

pembobot yang diperoleh melalui salah satu kriteria penentuan *neighbour* yang biasa digunakan disebut *Rook Contiguity Criterion*. Kriteria *Rook Contiguity* merupakan kriteria penentuan *neighbour* yang didasarkan pada sisi yang membatasi bentuk area suatu lokasi yang ada. Suatu lokasi akan dianggap *neighbour* apabila salah satu atau lebih sisi lokasi tersebut berbatasan langsung dengan sisi lokasi yang lain. Matriks bobot spasial merupakan bagian yang penting dalam pengujian autokorelasi spasial dan model regresi karena pendugaan parameter spasial tergantung pada matriks bobot spasial \mathbf{W} .

Model matriks bobot spasial yang biasa digunakan yaitu *Binary Contiguity Matrix*. Bilangan biner pada tiap-tiap elemen matriks menggambarkan pola atau struktur *neighbourhood*. Pada setiap baris i , elemen w_{ij} bernilai 1 jika lokasi i berdekatan dengan lokasi j , sedangkan elemen diagonal akan selalu bernilai nol ($w_{ii} = 0$). Selain itu, elemen bobot akan dinilai nol jika letak observasi i tidak berdekatan dengan observasi j . Untuk lebih jelasnya pada penelitian ini dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Unit-Unit Spasial

Keterangan:

1. Pujon
2. Solerejo
3. Pare
4. Kertosono
5. Kediri
6. Wilis

Apabila Gambar 4.4.1 dinyatakan dalam bentuk *Binary Contiguity Matrix*, maka matriks bobot spasial yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Pada baris pertama, kolom ke-2 dan ke-3 bernilai 1 karena *state 1* berdekatan dengan *state 2* dan *state 3*, sedangkan kolom ke-4 dan ke-5 bernilai nol karena *state 4* dan *state 5* tidak berdekatan dengan *state 1* sehingga bukan dianggap sebagai *neighbour* dari *state 1*. Pada baris kedua, kolom ke-1 dan ke-3 bernilai 1 karena *state 2* berdekatan dengan *state 1* dan *state 3*, sedangkan selain kolom ke-1 dan ke-3 bernilai nol karena tidak berdekatan dengan *state 2*. Begitu seterusnya pada baris-baris yang lain dari matriks bobot spasial tersebut.

Agar lebih mudah diinterpretasikan, matriks bobot spasial tersebut kemudian distandardisasi, sehingga pada tiap baris elemen-elemen matriks akan bernilai antara nol dan 1 melalui perhitungan berikut ini:

$$w_{ij(\text{std})} = \frac{w_{ij}}{\sum_j w_{ij}}$$

dimana $w_{ij(\text{std})}$ adalah elemen matriks bobot terstandardisasi, maka akan diperoleh bentuk matriks bobot spasial yang distandardisasikan sebagai berikut:

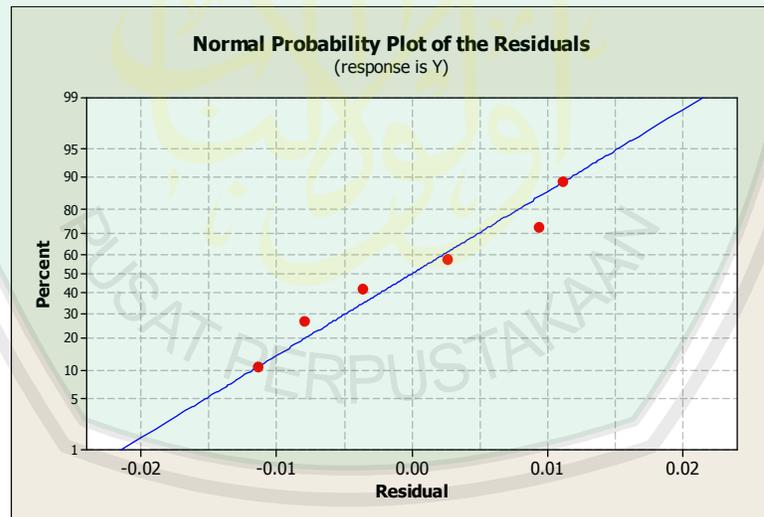
$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Setelah matriks pembobot ditentukan maka dapat diperoleh estimasi model GWR. Hasil estimasi parameter β berdasarkan model GWR yaitu: $\beta_0 = 1346.093$, $\beta_1 = -3118665.369x_1$ dan $\beta_2 = 5820.669x_2$, sehingga diperoleh persamaan regresi model GWR yang sesuai dengan persamaan (2.14) yaitu:

$$y = 1346.093 - 3118665.369x_1 + 5820.669x_2$$

di mana y merupakan variabel yang menyatakan curah hujan, x_1 menyatakan koefisien Thiessen sungai dan x_2 menyatakan luas sungai. Dari persamaan dapat

diketahui bahwasannya besar variabel pengaruh x_1 terhadap y adalah -3118665.369 dan besar pengaruh x_2 terhadap y variabel adalah 5820.669, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa variabel pengaruh luas sungai dan koefisien *thiessen* yang di gunakan dalam penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan variabel pengaruh yang lainnya (1346.093). Berdasarkan plot yang diperoleh dapat diketahui bahwa hubungan antara variabel *independent* (luas sungai dan koefisien *thiessen*) dan variabel *dependent* (curah hujan) adalah linier. Hasil analisis regresi dengan MLE dari *output software* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran. Berikut ini merupakan plot regresi model GWR pada sebab terjadinya banjir:



Gambar 4.2 Plot Regresi Model GWR

Sedang untuk estimasi parameter σ^2 tidak dapat langsung menggunakan metode MLE. Hal ini disebabkan hasil dari MLE bersifat bias, sehingga digunakan sifat kelokalan GWR untuk mendapatkan hasil estimator yang tak bias.

Pendekatan tersebut menghasilkan estimasi σ^2 yang sesuai dengan persamaan (2.26) yaitu:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SSE}{((n - 2tr(S)) + tr(S^T S))}$$

hasil estimasi variannya berdasarkan model GWR dengan bantuan program Matlab 6.5 diperoleh hasil yaitu $\sigma = 2.6900 \times 10^{-7}$. Varians kecil menunjukkan bahwa telah memenuhi sifat penduga yang efisien sehingga penelitian ini dapat digunakan, karena penduga itu seharusnya adalah tidak bias, efisien dan konstan.

4.3. Uji Statistik Model GWR

Setelah diperoleh estimasi dari semua parameter, selanjutnya adalah pengujian hipotesis. Uji serentak untuk menguji signifikansi dari faktor geografis. Bentuk hipotesisnya adalah:

$$H_0 : \beta_k(u, v) = \beta_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

(tidak ada pengaruh faktor geografis pada model)

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

(ada pengaruh faktor geografis pada model)

Langkah selanjutnya adalah menentukan statistik uji model GWR dengan pendekatan LRT, berdasar pada uji F , yang dapat digunakan untuk membandingkan model GWR dan model regresi global. Uji ini berdasarkan hasil SSE dibagi dengan banyak derajat bebas yang efektif (persamaan 2.28) yang

mendekati distribusi χ^2 dengan derajat bebas banyak derajat bebas yang efektif.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$F = \frac{SSE_0 / n - (p + 1)}{SSE_1 / (n - 2tr(\mathbf{S}) + tr(\mathbf{S}^T \mathbf{S}))} = \frac{SSE_0 / df_1}{SSE_1 / df_2}$$

Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{\alpha; (df_1; df_2)}$ atau $P_value < \alpha$.

Pada pengujian asumsi dengan menggunakan software Matlab 6.5 ini diperoleh yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.6 Uji F model GWR

F_Hitung	9.1234
P_Value	0.000
α	0.05
df_1	3
df_2	2

Keterangan: df_1 : derajat bebas 1

df_2 : derajat bebas 2

α : taraf uji signifikansi 5 %

Bentuk hipotesisnya yaitu, jika menolak H_0 berarti ada pengaruh faktor geografis pada model, tetapi jika menerima H_0 berarti tidak ada pengaruh faktor geografis pada model. Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa, $P_value = 0.000$ dan $\alpha = 0.05$ maka dapat disimpulkan bahwa, $P_value < \alpha$ atau $0.000 < 0.05$, maka keputusannya menolak H_0 atau menerima H_1 yang berarti ada

pengaruh faktor geografis pada masing-masing wilayah. Karena pada uji secara serentak menerima H_0 , maka uji secara parsial tidak diperlukan lagi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan kesimpulan yang didapatkan, maka dapat diinterpretasikan bahwa peningkatan curah hujan dapat dipengaruhi oleh koefisien *thiessen*. Koefisien *thiessen* ini merupakan perbandingan antara luas sungai masing-masing daerah pantauan yang dilalui oleh Kali Konto terhadap luas semua sungai yang dilalui oleh Kali Konto. Sebenarnya koefisien *thiessen* ini juga sangat diperlukan dalam penghitungan curah hujan di setiap daerah pantauan curah hujan.

Semakin besar koefisien *thiessen* maka semakin besar curah hujannya. Curah hujan yang tinggi akan sangat berpotensi untuk terjadi banjir. Dalam bidang hidrologi, yang diterapkan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Aliran sungai ini tergantung dari berbagai faktor, salah satu faktor aliran sungai berhubungan dengan limpasan, yang dibagi dalam dua elemen, yaitu elemen-elemen meteorologi dan elemen-elemen daerah pengaliran yang menyatakan sifat-sifat fisik DAS seperti: luas, penggunaan lahan, kondisi topografi, jenis tanah, karakteristik jaringan sungai dan lain-lain. Debit puncak merupakan aliran limpasan maksimum pada saat terjadi hujan dan menjadi salah satu indikator kekuatan hujan yang berguna untuk prediksi besarnya sedimentasi.

Semakin luas DAS maka semakin lama limpasan mencapai titik pengukuran dan debit puncak semakin berkurang. Sehingga pada saat terjadi

hujan yang sangat lebat dapat meningkatkan debit air di Kali Konto, meskipun dalam penelitian ini tidak mencantumkan variabel debit air, yang mana debit ini sangat menentukan akan terjadinya banjir di Kali Konto. Debit air tidak disertakan sebab pada daerah yang dialiri oleh Kali Konto yang terdiri dari 6 daerah pantauan (Pujon, Solerejo, Pare, Kertosono, Kediri, dan Wilis) tidak semuanya terdapat alat pengukur debit air, hanya ada pada dua wilayah saja, sedang di empat wilayah lainnya belum ada alat tersebut, sehingga dalam penelitian ini tidak disertakan.

Banjir dapat terjadi jika terdapat curah hujan yang tinggi (secara geografis), semakin besar curah hujan semakin besar potensi untuk terjadi banjir, yang dapat peningkatan debit air pada tiap-tiap wilayah di Kali Konto ini. Luas sungai terhadap curah hujan berpengaruh secara signifikan karena luas sungai ini mempengaruhi pada peningkatan debit airnya, ketika semakin luas sungai maka daya tampung airnya juga semakin besar sehingga pada waktu terjadi hujan air yang meluap akan tertampung di dalamnya, begitu pula sebaliknya.

Luas sungai ini juga berpengaruh terhadap indikator kuantitas air atau kondisi tata air. Kondisi kuantitas air ini sangat berkaitan dengan kondisi tutupan vegetasi lahan di DAS yang bersangkutan. Bila tutupan vegetasi lahan DAS yang bersangkutan berkurang dapat dipastikan perubahan kuantitas air akan terjadi. Sehingga setiap pelaksanaan kegiatan yang bermaksud mengurangi tutupan lahan atau penyempitan lahan sungai pada suatu tempat maka harus diiringi dengan usaha konservasi. Indikator ini dapat dilihat dari besarnya air limpasan.

Tutupan lahan ini juga akan dapat mempengaruhi kondisi kualitas air, meskipun juga dipengaruhi oleh buangan domestik, buangan industri, pengolahan

lahan, pola tanam, dll. Dengan demikian bila sistem pengelolaan limbah, pengolahan lahan, dan pola tanam dapat dengan mudah diketahui kejanggalannya dengan melihat indikator kualitas air. Kualitas air ini dapat dilihat dari kondisi kualitas air limpasan, air sungai ataupun air sumur.

Sedangkan indikator besar curah hujan di suatu tempat sangat dipengaruhi oleh kondisi klimatologi daerah sekitarnya, sedangkan kondisi klimatologi ini dipengaruhi perubahan tutupan lahan, ataupun aktifitas lainnya. Sehingga bila terjadi perubahan secara besar pada tutupan lahan maka akan mempengaruhi klimatologi dan juga curah hujan yang terjadi.

Dengan demikian dengan mengetahui permasalahan tersebut dapat dengan mudah dilihat dengan pengamatan masyarakat umum dan diharapkan dengan demikian kontrol pelaksanaan pembangunan dapat dilakukan dengan lebih terbuka. Dan juga sebagai antisipasi atau pencegahan terhadap terjadinya banjir. Dapat dilihat secara langsung umumnya masyarakat kurang menyadari fenomena tersebut. Oleh karena itu, perlunya masyarakat untuk mengetahui permasalahan mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya banjir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil Estimasi parameter β model GWR dengan pendekatan MLE (*Maksimum Likelihood Estimator*) diperoleh yaitu: $\beta_0 = 1346.093$, $\beta_1 = -3118665.369x_1$ dan $\beta_2 = 5820.669x_2$. Untuk estimasi variannya diperoleh hasil yaitu $\sigma = 2.6900 \times 10^{-7}$, sehingga dapat dibentuk persamaan model regresi untuk merepresentasikan hubungan antara curah hujan, luas sungai dan koefisien thiessen dengan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) yaitu:

$$y = 1346.093 - 3118665.369x_1 + 5820.669x_2$$

Dari persamaan yang diperoleh dapat diinterpretasikan bahwa besar variabel pengaruh x_1 terhadap y adalah -3118665.369 dan besar pengaruh x_2 terhadap y variabel adalah 5820.669, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel pengaruh luas sungai dan koefisien *thiessen* yang digunakan dalam penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan variabel pengaruh yang lainnya (1346.093)/ yang diabaikan.

2. Pada pengujian model secara serentak diperoleh keputusan terima H_0 , maka tidak diperlukan uji parsial. Berdasarkan *p-value* dari uji signifikansi parameter, dihasilkan $P_value = 0.000$ dan $\alpha = 0.05$ maka, dapat disimpulkan bahwa, $P_value < \alpha$ yaitu $0.000 < 0.05$, maka keputusannya

menolak H_0 atau menerima H_1 yang berarti ada pengaruh faktor geografis pada masing-masing wilayah.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan demi penyempurnaan hasil penelitian ini, yaitu:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya, perlu ditambahkan variabel *independent* atau variabel lain yang menyebabkan terjadinya banjir misalnya digunakan variabel debit air karena debit air inilah yang sangat berpengaruh ketika terjadi banjir.
- 2) Di samping *Rook Contiguity Criterion*, masih terdapat beberapa kriteria lain dalam menentukan bobot spasial seperti: *Rook Contiguity Criterion*, *Bishop Contiguity Criterion*, *Distance Based Criterion*, dan lain-lain

DAFTAR PUSTAKA

- Abadyo dan Permedi, Hendro. 2005. *Metoda Statistik Praktis*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Abdussakir. 2006. *Ada Matematika dalam Al-Quran*. Malang: UIN Malang Press
- Abdussakir. 2007. *Ketika Kyai Mengajar Matematika*. Malang: UIN Malang Press
- Abdushamad, Kamil, M. 2002. *Mukjizat Ilmiah dalam Al-Quran*. Jakarta: Akbar Media Eka Sarana
- Ahmad, Abu dan Marbuko, Cholid. 2007. *Metode Penelitian*. Jakarta: BUMI AKSARA
- Akbar, Sjahid M., Nurdin, Indah M.,Purhadi. 2007. Estimasi dan Uji Hipotesis Geographically Weighted Regression (GWR). Surabaya: ITS
- Algifari. 2000. *Analisis Regresi Teori, Kasus, dan Solusi*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta
- Anonim. 2007. *Great-circle Distance*.
http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance. Diakses pada tanggal 17 Mei 2008
- Anselin. 1988. *Spatial Econometri Method and Models*, Kluwer. Academic, Prentice Hall. Harlow
- Bitter, C., G. Mullian and S. Dall'erba. 2007. Incorporating Spatial Variation in Housing Attribute Prices. A comparison Of Geographically Weighted Regression And The Spatial Expansion Method.
mpra.ub.unimuechen.de/1379/01/MPRA_paper_1379.pdf. Diakses pada 18 Februari 2008
- Bivand, R. S. And Brunstad. 2002. *Regional Growth in Western Europe An Empirical Exploration of Interaction with Agricultural Policy*.
www.nhh.no/sam/res&publ/2002/dp01.pdf. Diakses tanggal, 16 februari 2008
- Brundson, Fotheringham and Charlton, Martin. 1998. *Geographically weighted Regression Modelling spatial Non-Stationarity*. University of Newcastle, Uk.

- Draper, Norman dan Harry, Smith.1992. *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum
- Gao, X., Asami and C. F. Chung. 2006. *An Empirical Evaluation of Spatial Regression Models*.
www.ignssr.ac.cn/tmpDoc/1157684672802.pdf. Diakses pada tanggal, 16 Februari 2008
- Isabel, Gracia. 2007. *Modelling Spatial Variation in Household Disposable Income with Geographically Weighted Regression*. University autonoma de Madrid
<http://mpira.ub.uni-mauchen.de/1682/MPRAPubs>.
- Hasan, Iqbal M. 2005. *Pokok-Pokok Materi Statistik 1*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum
- Hermawan, Rika. 2007. *Keajaiban Al Qur'an*.
[Http://www.Keajaiban Al-Quran](http://www.Keajaiban Al-Quran). Diakses pada 26 Juli 2008
- Irianto, Agus. 2004. *Statistik Konsep Dasar & Aplikasinya*. Jakarta: PRENADA MEDIA
- Kehligo. 2007. *Apakah Islam sebuah Kebenaran?* Faith Freedom International – Forum Indonesia
http://www.islam_ic-awareness.org/Quran/Science/scientists.html.
- Leung, Yee. 2000. *Statistical Test for Spatial Non-Stationarity Based On The Geographically Weighted Regression*, Departement Of Geography and The Centre for Environmental Studies The Chinesse University Of Hongkong
- Mennis, J. 2006. *Mapping The Result Of Geographically Weighted Regression*.
www.astro.temple.edu/~jmennis/pubs/mennis_cj06.pdf. Diakses pada, 16 Februari 2008
- Rahmadi, Andi. 2002. *Air Sebagai Indikator Pembangunan Berkelanjutan*
- Sembiring. 1995. *Analisis Regresi*. Bandung: ITB
- Yitnosumarto, Suntoyo. 1990. *Dasar-dasar Statistika*. Jakarta: Rajawali
- Yu, D. and Wei. 2005. *Geographically Weighted Regression*.
Pages.csam.montclair.edu/~yu/GISDay_GWR.ppt. Diakses pada 17 Februari 2008.

**DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I**

Stasiun : **Wilis**
Tahun : **2007**
Satuan : **mm3**

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	125.00	1.00
2	1.00	1.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	142.00
3	0.00	69.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	6.00	0.00	0.00	3.00	26.00
4	0.00	10.00	0.00	8.00	0.00	12.00	0.00	1.00	0.00	0.00	18.00	1.00
5	0.00	70.00	0.00	61.00	1.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
6	0.00	41.00	7.00	43.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
7	0.00	41.00	16.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	2.00
8	0.00	1.00	6.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	1.00
9	0.00	43.00	10.00	86.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	19.00	25.00
10	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
11	0.00	0.00	0.00	77.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	12.00	85.00
12	0.00	14.00	0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00
13	0.00	10.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00
14	0.00	0.00	62.00	77.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
15	0.00	13.00	0.00	6.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	26.00	83.00	3.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
17	1.00	39.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
18	0.00	0.00	1.00	21.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
19	13.00	6.00	2.00	25.00	4.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	24.00
20	23.00	12.00	71.00	3.00	3.00	11.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	29.00
21	24.00	1.00	47.00	43.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	5.00	0.00	11.00
22	66.00	0.00	135.00	18.00	291.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
23	102.00	1.00	22.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	76.00	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
25	0.00	163.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.00
26	0.00	6.00	26.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
27	0.00	3.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	1.00
29	0.00		83.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	40.00	5.00
30	0.00		22.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
31	0.00		19.00		55.00		0.00	0.00		47.00		5.00
Total	230.0	651.0	669.0	563.0	368.0	77.0	2.0	18.0	0.0	102.0	277.0	500.0
Rata-2	7.4	23.3	21.6	18.8	11.9	2.6	0.1	0.6	0.0	3.3	9.2	16.1
Maks.	102.0	163.0	135.0	86.0	291.0	24.0	1.0	6.0	0.0	47.0	125.0	142.0
Min.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Wilis
Luas

365
455.28 km2

Hari
hujan 7 22 19 21 11 9 2 7 0 6 13 25
Total curah hujan tahun. ##### mm

Dkd-1	1.00	281.00	47.00	229.00	3.00	41.00	0.00	7.00	0.00	2.00	222.00	202.00
Dkd-2	37.00	120.00	268.00	234.00	18.00	12.00	2.00	7.00	0.00	2.00	15.00	163.00
Dkd-3	192.00	250.00	354.00	100.00	347.00	24.00	0.00	4.00	0.00	98.00	40.00	135.00

DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I

Stasiun : Kediri
Tahun : 2007
Satuan : mm

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	25.00
2	11.00	0.00	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	77.00
3	0.00	15.00	0.00	1.00	2.00	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	34.00
4	0.00	24.00	8.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
5	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
6	0.00	18.00	73.00	44.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00
7	0.00	18.00	14.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
8	0.00	7.00	9.00	2.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00
9	0.00	10.00	6.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	57.00
12	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
14	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
15	0.00	1.00	0.00	5.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	14.00	1.00	0.00	1.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00
17	0.00	2.00	0.00	7.00	0.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	1.00	0.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	14.00	4.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00
20	30.00	8.00	27.00	20.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00
21	6.00	5.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	50.00	0.00	51.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00
23	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
25	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00
26	0.00	0.00	15.00	0.00	23.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
27	0.00	3.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00	1.00
29	0.00		48.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
31	0.00		26.00		4.00		0.00	0.00		11.00		4.00
Total	97.00	126.00	337.00	144.00	101.00	182.00	55.00	0.00	0.00	32.00	54.00	429.00
Rata-2	3.13	4.50	10.87	4.80	3.26	6.07	1.77	0.00	0.00	1.03	1.80	13.84
Maks.	50.00	24.00	73.00	44.00	33.00	95.00	38.00	0.00	0.00	21.00	16.00	77.00
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Kediri 365
Luas 461.78 km2

Hari hujan 4 13 19 16 10 9 3 0 0 2 8 21
Total curah hujan tahunan ##### mm

Dkd-1	11.00	93.00	110.00	62.00	27.00	155.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.00	184.00
Dkd-2	30.00	25.00	66.00	77.00	47.00	4.00	55.00	0.00	0.00	0.00	5.00	139.00
Dkd-3	56.00	8.00	161.00	5.00	27.00	23.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	106.00

**DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I**

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.00
2	7.00	0.00	7.00	5.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	3.00	0.00	32.00	41.00	28.00	0.00
4	0.00	81.00	0.00	46.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	2.00	0.00	24.00	105.00	0.00	0.00
6	0.00	5.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	5.00	9.00	0.00	0.00	2.00	0.00
8	0.00	15.00	9.00	15.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	11.00	0.00	0.00	21.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	4.00	0.00	51.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	18.00	0.00	6.00	45.00	0.00	0.00
16	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	10.00	0.00	7.00	0.00	0.00	57.00
18	1.00	1.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	1.00	17.00	43.00	0.00	0.00	0.00
20	63.00	10.00	62.00	36.00	12.00	0.00	0.00
21	40.00	4.00	8.00	0.00	9.00	0.00	0.00
22	18.00	4.00	57.00	8.00	12.00	0.00	0.00
23	5.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	51.00	10.00	0.00	6.00	0.00
27	0.00	14.00	0.00	27.00	0.00	9.00	0.00
28	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	23.00	0.00
29	0.00		81.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	4.00		0.00	12.00	0.00	0.00	0.00
31	1.00		9.00		5.00		0.00

Total	140.00	198.00	333.00	475.00	250.00	70.00	57.00
Rata-2	4.52	7.07	10.74	15.83	8.06	2.33	1.84
Maks.	63.00	81.00	81.00	97.00	105.00	28.00	57.00
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Hari
hujan**

9 19 14 19 8 6 1

Total curah hujan tahunan : 2,239.00 mm

Dkd-1	7.00	111.00	39.00	125.00	146.00	32.00	0.00
Dkd-2	64.00	63.00	79.00	290.00	78.00	0.00	57.00
Dkd-3	69.00	24.00	215.00	60.00	26.00	38.00	0.00



Stasiun : Wates Kediri

Tahun : 2007

Satuan : mm

Agt	Sep	Okt	Nop	Des
0.00	0.00	0.00	0.00	13.00
0.00	0.00	0.00	2.00	56.00
0.00	0.00	0.00	24.00	19.00
0.00	0.00	0.00	38.00	3.00
0.00	0.00	0.00	12.00	18.00
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	0.00	14.00	8.00
0.00	0.00	0.00	2.00	15.00
0.00	0.00	0.00	6.00	31.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	6.00	22.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
0.00	0.00	0.00	36.00	14.00
0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	41.00
0.00	0.00	0.00	0.00	39.00
0.00	0.00	53.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
0.00	0.00	0.00	0.00	83.00
0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
0.00	0.00	33.00	0.00	3.00
0.00	0.00	12.00	0.00	0.00
0.00	0.00	28.00	0.00	2.00
0.00				16.00

364

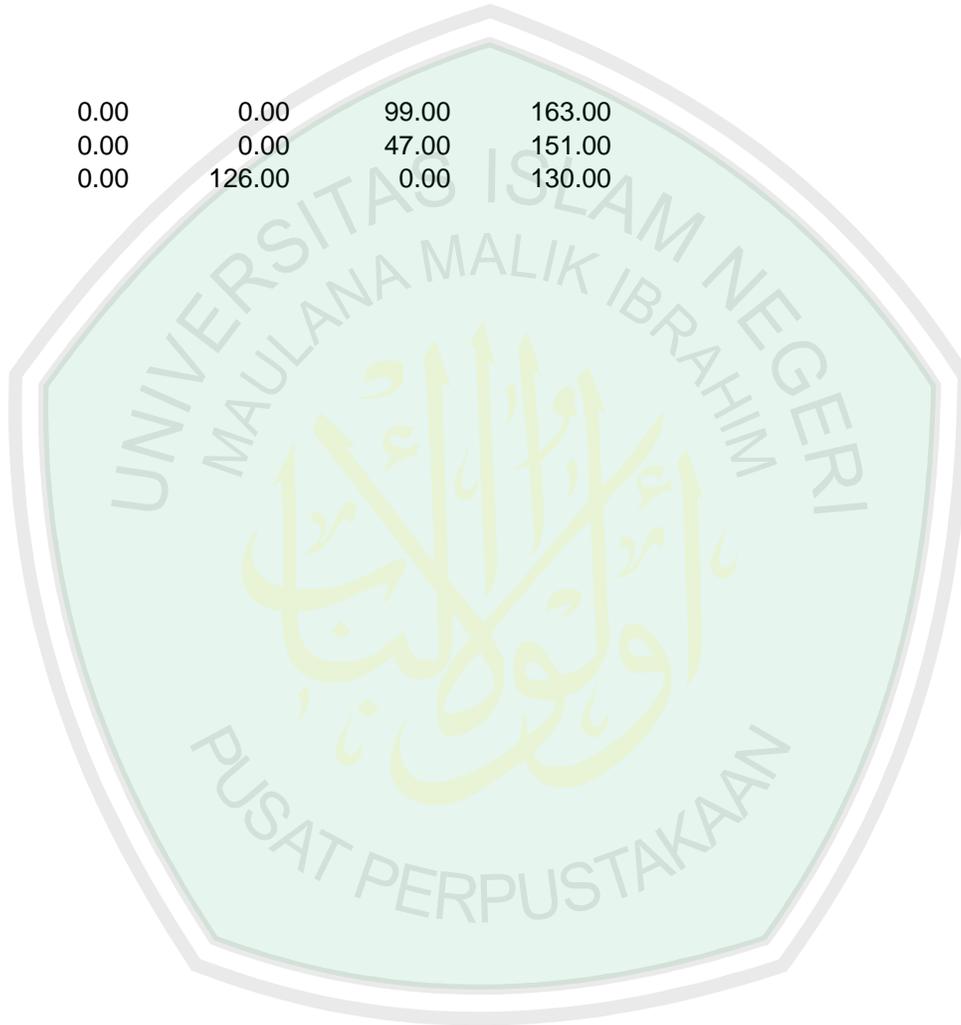
Luas

604.87 km²

0.00	0.00	126.00	146.00	444.00
0.00	0.00	4.20	4.87	14.32
0.00	0.00	53.00	38.00	83.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0 0 4 11 25

0.00 0.00 0.00 99.00 163.00
0.00 0.00 0.00 47.00 151.00
0.00 0.00 126.00 0.00 130.00



**DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I**

Stasiun : **Kertosono**
Tahun : **2007**
Satuan : **mm**

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	7.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00
2	0.00	52.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	33.00
3	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	43.00
4	0.00	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
5	0.00	37.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
6	0.00	23.00	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	23.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00
8	0.00	1.00	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
9	0.00	0.00	9.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
12	0.00	0.00	3.00	82.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	8.00	10.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
14	0.00	8.00	1.00	114.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
15	0.00	0.00	5.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	8.00
16	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00
17	0.00	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
18	19.00	11.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
19	17.00	0.00	19.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
20	4.00	18.00	10.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00
21	2.00	0.00	12.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
22	48.00	1.00	2.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	1.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	59.00	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00
26	0.00	12.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
27	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	13.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	29.00	2.00	2.00
29	0.00		113.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	7.00	0.00
30	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
31	0.00		9.00		0.00		0.00	0.00		0.00		0.00
Total	98.00	320.00	233.00	286.00	1.00	19.00	8.00	0.00	6.00	30.00	68.00	284.00
Rata-2	3.16	11.43	7.52	9.53	0.03	0.63	0.26	0.00	0.20	0.97	2.27	9.16
Maks.	48.00	59.00	113.00	114.00	1.00	18.00	6.00	0.00	6.00	29.00	30.00	43.00
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Kertosono 365
Luas 1365.84 km2

Hari
hujan 7 16 22 12 1 2 3 0 1 2 7 23
Total curah hujan tahunan: ##### mm

Dkd-1	7.00	152.00	36.00	30.00	0.00	1.00	7.00	0.00	0.00	0.00	56.00	150.00
Dkd-2	40.00	96.00	49.00	238.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	66.00
Dkd-3	51.00	72.00	148.00	18.00	1.00	18.00	0.00	0.00	6.00	30.00	9.00	68.00

**DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I**

Stasiun : **Pujon**
Tahun : **2007**
Satuan : **mm**

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	6.00	0.00	1.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	12.00
2	31.00	63.00	6.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	6.00
3	0.00	34.00	7.00	31.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	16.00	37.00
4	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
5	0.00	1.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	42.00
6	0.00	2.00	17.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	3.00	4.00	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	0.00
9	0.00	4.00	3.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	1.00	6.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	28.00
12	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	11.00
13	0.00	0.00	1.00	1.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	56.00
15	0.00	6.00	4.00	4.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
16	12.00	32.00	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00
17	3.00	71.00	5.00	25.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
18	3.00	0.00	14.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
19	15.00	12.00	23.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	56.00
20	1.00	3.00	0.00	34.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	30.00
21	12.00	6.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	5.00
22	59.00	1.00	27.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	27.00	2.00	32.00	57.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00
24	0.00	17.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
25	0.00	29.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	103.00
26	0.00	24.00	11.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.00
27	26.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00
28	11.00	0.00	1.00	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	5.00	3.00	11.00
29	0.00		20.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	42.00	0.00	2.00
30	0.00		20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	4.00
31	0.00		24.00		4.00		0.00	0.00		16.00		35.00
Total	206.00	312.00	254.00	331.00	23.00	23.00	1.00	4.00	6.00	106.00	92.00	578.00
Rata-2	6.65	11.14	8.19	11.03	0.74	0.77	0.03	0.13	0.20	3.42	3.07	18.65
Maks.	59.00	71.00	32.00	63.00	12.00	11.00	1.00	2.00	6.00	42.00	45.00	103.00
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Hari hujan 12 18 25 21 5 4 1 3 1 8 12 23
Total curah hujan tahunan ##### mm

**DATA CURAH HUJAN HARIAN DPS KALI BRANTAS
STASIUN CURAH HUJAN PERUM JASA TIRTA I**

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	17.00	49.00	7.00	21.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	67.00	4.00	9.00	0.00	1.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	8.00	0.00	2.00	0.00
5	0.00	28.00	6.00	3.00	0.00	7.00	0.00
6	0.00	12.00	41.00	0.00	0.00	9.00	1.00
7	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	2.00	13.00	20.00	0.00	6.00	0.00
9	0.00	39.00	25.00	30.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	21.00	0.00	16.00	0.00	2.00
14	0.00	40.00	14.00	11.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	6.00	2.00	13.00	0.00	0.00	1.00
16	0.00	15.00	17.00	0.00	8.00	0.00	0.00
17	5.00	6.00	0.00	11.00	2.00	0.00	14.00
18	0.00	6.00	48.00	48.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	17.00	49.00	0.00	1.00	0.00
20	0.00	22.00	1.00	6.00	0.00	0.00	0.00
21	9.00	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	1.00	43.00	76.00	42.00	0.00	0.00	0.00
23	15.00	3.00	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	3.00	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	42.00	9.00	53.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	37.00	73.00	4.00	0.00	0.00	0.00
27	30.00	58.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
29	0.00		54.00	0.00	25.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	11.00		3.00		38.00		0.00

Total	101.00	481.00	492.00	363.00	89.00	36.00	18.00
Rata-2	3.26	17.18	15.87	12.10	2.87	1.20	0.58
Maks.	30.00	67.00	76.00	53.00	38.00	10.00	14.00
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Hari hujan 10 18 23 18 5 7 4

Total curah hujan tahunan : 2,677.00 mm

Dkd-1	21.00	197.00	107.00	91.00	0.00	25.00	1.00
Dkd-2	5.00	73.00	119.00	167.00	26.00	1.00	17.00
Dkd-3	64.00	211.00	263.00	105.00	25.00	10.00	0.00



Stasiun : Selorejo

Tahun : 2007

Satuan : mm

Agt	Sep	Okt	Nop	Des
0.00	0.00	0.00	64.00	9.00
0.00	0.00	0.00	11.00	15.00
0.00	0.00	0.00	40.00	8.00
0.00	0.00	0.00	19.00	1.00
0.00	0.00	0.00	7.00	15.00
0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	3.00	41.00	8.00
0.00	0.00	40.00	0.00	31.00
0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
0.00	0.00	0.00	11.00	6.00
0.00	0.00	0.00	4.00	6.00
0.00	0.00	0.00	3.00	6.00
0.00	0.00	0.00	4.00	1.00
0.00	0.00	0.00	26.00	28.00
0.00	0.00	0.00	4.00	10.00
0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
21.00	0.00	4.00	0.00	62.00
0.00	0.00	0.00	0.00	45.00
0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
0.00	0.00	19.00	0.00	13.00
0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
0.00	0.00	0.00	0.00	175.00
0.00	0.00	0.00	0.00	48.00
0.00	0.00	0.00	0.00	30.00
0.00	0.00	37.00	52.00	12.00
0.00	0.00	44.00	0.00	0.00
0.00	0.00	11.00	0.00	7.00
0.00		0.00		27.00

Selorejo

365

Luas

768 km²

21.00	6.00	158.00	289.00	623.00
0.68	0.20	5.10	9.63	20.10
21.00	6.00	44.00	64.00	175.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1 1 7 14 28

0.00 6.00 43.00 185.00 87.00
21.00 0.00 4.00 52.00 154.00
0.00 0.00 111.00 52.00 355.00

