

**ESTIMASI PARAMETER ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION DENGAN METODE ROBUST M
(Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)**

SKRIPSI

Oleh:
MARITA SITI NURMALA SARI
NIM. 10610049



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**ESTIMASI PARAMETER ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION DENGAN METODE ROBUST M
(Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
MARITA SITI NURMALA SARI
NIM. 10610049**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**ESTIMASI PARAMETER ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION DENGAN METODE ROBUST M
(Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)**

SKRIPSI

**Oleh:
MARITA SITI NURMALA SARI
NIM. 10610049**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 12 Juni 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002

Ach. Nashichuddin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

**ESTIMASI PARAMETER ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION DENGAN METODE ROBUST M
(Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)**

SKRIPSI

Oleh:
MARITA SITI NURMALA SARI
NIM. 10610049

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguj Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2 Juli 2014

Penguji Utama : Ir. Nanang Widodo, M.Si
NIP. 19630210 198912 1 002 _____

Ketua Penguji : FachrurRozi, M.Si
NIP. 19800527 200801 1 012 _____

Sekretaris Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002 _____

Anggota Penguji : Ach. Nashichuddin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002 _____

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marita Siti Nurmala Sari

NIM : 10610049

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Estimasi Parameter Robust Geographically Weighted Regression
dengan Metode Robust M (Studi Kasus Pemetaan Potensi
Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 Juni 2014
Yang membuat pernyataan,

Marita Siti N.S
NIM. 10610049

HALAMAN MOTTO

“BECIK KETITIK ALA KETARA”

“ISANING ISA JALARAN SOKO KULINA”



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Penulis persembahkan karya kecil ini untuk:

Ibunda (Niken Sulis S.) dan ayahanda (Imam Kambali) tercinta

Mbah Uti (Mudjiati) tersayang

Adik Irma Novia dan keponakan penulis Adka Hadi

Ananda Bayu Pujiantoro yang senantiasa
menyayangi penulis

TERIMA KASIH ATAS SEMUANYA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. yang telah memberikan rahmat, dan hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Selanjutnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membimbing, mengarahkan dan menyumbangkan pemikiran sehingga skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Hj. Bayyinatul M., drh., M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku ketua Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Sri Harini M.Si dan Ach. Nashichuddin, M.A, selaku dosen pembimbing skripsi ini yang telah banyak memberikan arahan dan pengalaman yang sangat berharga.
5. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.

6. Ibu dan Bapak serta keluarga penulis yang selalu memberikan do'a dan motivasi yang tiada henti kepada penulis.
7. Keluarga besar Dr. Wildana Wargadinata, Lc. M.Ag yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
8. Novia Nur Rohmah, Muhammad Syaiful Arif, Muhammad Affifudin, Siti Barokatur Rohma, dan Binti Tsamrotul Fitria yang telah membantu penulisan skripsi ini.
9. Teman-teman Jurusan Matematika tahun angkatan 2010, terima kasih atas dukungannya serta telah memberikan kenangan dan pengalaman yang tidak terlupakan.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
المخلص	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Regresi Linier Berganda	8
2.2 <i>Outlier</i> (Pencilan)	8
2.3 Fungsi Objektif	11
2.4 Regresi Robust M	12
2.5 MADN (<i>Normalized Median Absolute Deviation</i>)	18
2.6 Model GWR (<i>Geographically Weighted Regression</i>)	19
2.7 <i>Bandwidth</i>	19
2.8 Fungsi Pembobot Model GWR	20
2.9 Kajian Mengenai Potensi Pertanian Padi	
2.9.1 Tanaman Padi	22
2.9.2 Sistem Irigasi/Pengairan	23
2.9.3 Alat Pertanian	25
2.9.4 Pupuk	26
2.9.5 Gambaran Umum Pertanian Padi Jawa Timur	28
2.10 Kajian Mengenai Estimasi dalam Islam	29
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	33

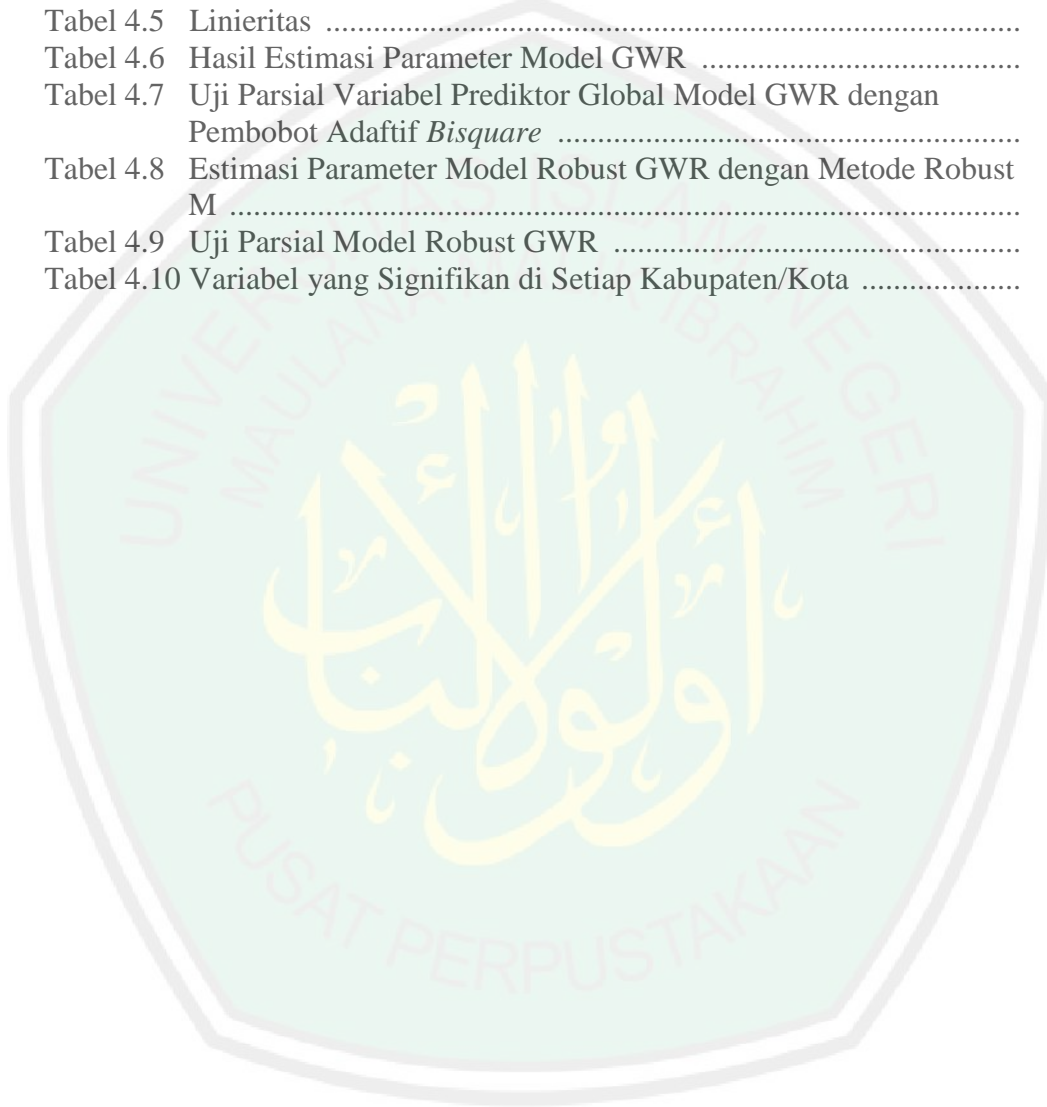
3.2 Variabel Penelitian	33
3.3 Analisis Data	
3.3.1 Estimasi Parameter Robust GWR	33
3.3.2 Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012 ..	34
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Estimasi Parameter Model Robust GWR	35
4.2 Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012	
4.2.1 Deskripsi Data	41
4.2.2 Identifikasi <i>Outlier</i>	
4.2.2.1 <i>Boxplot</i>	47
4.2.2.2 DfFITS	52
4.2.3 Uji Asumsi Data	
4.2.3.1 Uji Multikolinieritas	53
4.2.3.2 Uji Autokorelasi	53
4.2.3.3 Uji Heteroskedastisitas	54
4.2.3.4 Uji Normalitas	54
4.2.3.5 Uji Linieritas	55
4.2.4 Analisis Data	
4.2.4.1 Model GWR	55
4.2.4.2 Model Robust GWR	57
4.2.4.3 Perbandingan Model GWR dan Model Robust GWR	64
4.2.5 <i>Output</i> Peta	64
4.3 Kajian Pemetaan Potensi Pertanian Menurut Pandangan Islam ...	70
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi <i>Outlier</i>	10
Gambar 4.1	Grafik Sebaran Data Produksi Padi (y) di Jawa Timur Tahun 2012	41
Gambar 4.2	Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Teknis (X ₁) Tahun 2012	42
Gambar 4.3	Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Setengah Teknis (X ₂) Tahun 2012	43
Gambar 4.4	Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan NonTeknis (X ₃) Tahun 2012	44
Gambar 4.5	Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Desa (X ₄) Tahun 2012	45
Gambar 4.6	Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Tadah Hujan (X ₅) Tahun 2012	45
Gambar 4.7	Grafik Jumlah Alat Pertanian (X ₆) di Jawa Timur Tahun 2012	46
Gambar 4.8	Grafik Jumlah Pupuk Alokasi (X ₇) di Jawa Timur Tahun 2012	46
Gambar 4.9	<i>Boxplot</i> Variabel Produksi Padi	47
Gambar 4.10	<i>Boxplot</i> Variabel Pengairan Teknis (X ₁)	48
Gambar 4.11	<i>Boxplot</i> Variabel Pengairan Setengah Teknis (X ₂)	48
Gambar 4.12	<i>Boxplot</i> Variabel Pengairan Non Teknis (X ₃)	49
Gambar 4.13	<i>Boxplot</i> Variabel Pengairan Desa (X ₄)	49
Gambar 4.14	<i>Boxplot</i> Variabel PengairanTadah Hujan (X ₅)	50
Gambar 4.15	<i>Boxplot</i> Variabel Jumlah Alat Pertanian (X ₆)	50
Gambar 4.16	<i>Boxplot</i> Variabel Jumlah Alokasi Pupuk (X ₇)	51
Gambar 4.17	Peta Propinsi Jawa Timur	65
Gambar 4.18	Peta Hasil Produksi Padi Jawa Timur Tahun 2012	66
Gambar 4.19	Peta Variabel Signifikan di Setiap Kabupaten/Kota dengan Pendekatan Robust GWR	67
Gambar 4.20	Peta Hasil Produksi Padi Jawa Timur dengan Pendekatan Robust GWR	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perhitungan IQR	51
Tabel 4.2	Nilai DfFITS (<i>Difference fitted value FITS</i>)	52
Tabel 4.3	<i>Collinearity Statistik</i>	53
Tabel 4.4	Korelasi	54
Tabel 4.5	Linieritas	55
Tabel 4.6	Hasil Estimasi Parameter Model GWR	56
Tabel 4.7	Uji Parsial Variabel Prediktor Global Model GWR dengan Pembobot Adatafif <i>Bisquare</i>	57
Tabel 4.8	Estimasi Parameter Model Robust GWR dengan Metode Robust M	58
Tabel 4.9	Uji Parsial Model Robust GWR	59
Tabel 4.10	Variabel yang Signifikan di Setiap Kabupaten/Kota	60



ABSTRAK

Sari, Marita Siti Nurmalia. 2014. **Estimasi Parameter Robust Geographically Weighted Regression Dengan Metode Robust M (Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)**. Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Ach. Nashichuddin, M.A

Kata Kunci: GWR, *Outlier*, Robust M, Pertanian Padi, Robust GWR.

Geographically Weighted Regression (GWR) adalah model regresi yang digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial. Dalam analisis data dengan menggunakan GWR, terkadang ditemukan suatu *outlier*. Dampak dari adanya *outlier* ini adalah membuat estimasi parameter menjadi bias. Salah satu penyelesaian *outlier* dalam model regresi adalah dengan menggunakan metode robust M, sehingga didapatkan model Robust GWR (Robust Geographically Weighted Regression). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan estimasi parameter model Robust GWR. Hasil penelitian diterapkan pada pemetaan potensi pertanian padi di wilayah propinsi Jawa Timur. Sehingga akan didapatkan model pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur. Dengan menggunakan variabel respon adalah hasil produksi di setiap kabupaten/kota dan variabel prediktornya adalah sistem pengairan teknis (X_1), sistem pengairan setengah teknis (X_2), sistem pengairan non teknis (X_3), sistem pengairan desa (X_4), dan sistem pengairan tadah hujan (X_5), jumlah alat pertanian (X_6) dan Jumlah alokasi pupuk (X_7). Setelah didapatkan modelnya maka dilakukan uji F dan uji t. Dari hasil analisis data dengan model Robust GWR didapatkan 7 kelompok variabel yang berpengaruh signifikan terhadap produksi padi di Jawa Timur.

ABSTRACT

Sari, Marita Siti Nurmala. 2014. **Parameter Estimation of Robust Geographically Weighted Regression with Robust M Method (Case Study of East Java Rice Farming Potential Mapping 2012)** Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, The State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisor: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Ach. Nashichuddin. M.A

Keywords: GWR, Outliers, Robust M, Rice Farming, Robust GWR.

Geographically Weighted Regression (GWR) is a regression model is used to analyze the spatial heterogeneity. In the analysis of the data using the GWR, sometimes we find an outlier. The impact of this is the presence of outliers makes parameter estimates to be biased. Completion of one outlier in the regression model is to use a robust method M, so we get the model Robust GWR (Robust Geographically Weighted Regression) study aimed to obtain the model parameter estimates Robust GWR which meet unbiased nature. The application of this research is on the mapping potential of rice farming in East Java province. So that would be obtained mapping model potential of rice farming in East Java. The response variable is the result of the production of rice each district / city and the predictor variable is the technical irrigation system (X_1), semi-technical irrigation system (X_2), non-technical irrigation system (X_3), the village water system (X_4), fed irrigation rain systems (X_5), the number of agricultural tools (X_6), and the amount of fertilizer allocation (X_7). After we obtain the model is then F test and t test. From the analysis of the data obtained 7 Robust GWR variables group have a significant effect on rice production in East Java.

الملخص

ساري، ماريتا سیتی نورمالی. ۲۰۱۴. تقدير المعلمة رابوسط جغرافيا مرجح الانحدار مع الأسلوب رابوسط م (Robust M) (دراسة حالة إفرادية عن التعيين المحتمل زراعة الأرز جاوى الشرقية في العام (۲۰۱۲) . البحث الجامعي. قسم الرياضيات. كلية العلوم و التكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانق.

المشرف: (۱) الدكتور سري هارينى الماجستير، (۲) أحمد ناصح الدين الماجستير.

الكلمات الرئيسية: جغرافيا مرجح الانحدار (GWR)، أوتلير (outlier)، أسلوب رابوسط م (Robust M)، زراعة الأرز، رابوسط جغرافيا مرجح الانحدار (Robust GWR).

جغرافيا مرجح الانحدار (GWR) كان نموذج الانحدار الذي يستخدمه لتحليل التباين المكاني، تحليل البيانات باستخدام (GWR)، وجدت الأوتلير (outlier) في بعض الأحيان. أثر بوجود أوتلير (outlier) هذا هو جعل يجري متحيزة تقدير المعلمة. الحل في القرار نموذج الانحدار هو استخدام الأسلوب رابوسط م (Robust M)، حيث أن نموذج الحصول على رابوسط جغرافيا مرجح الانحدار (Robust GWR). يهدف هذا البحث إلى الحصول على تقدير المعلمة نموذج رابوسط جغرافيا مرجح الانحدار (Robust GWR) تقدير طبيعة غير متحيز. تطبيق نتائج بحوث أجريت على رسم الخرائط من إمكانات زراعة الأرز في مجال جاوى الشرقية. لذا سيكون الحصول على مخطط طراز إمكانات زراعة الأرز جاوى الشرقية. باستخدام المتغير الاستجابة هو نتيجة لإنتاج الأرز في كل المنطقة/المدينة وهو متنبئه متغير نظام الري التقنية (1X)، و النظام التقني من سقي ونصف (2X)، و نظام الري غير التقنية (3X)، و نظام الري في القرية (4X)، و نظام تصريف مياه الأمطار (5X)، و العدد أدوات زراعية (6X)، و مقدار توزيع الأسمدة (7X). بعد الحصول على النموذج ثم نقوم باختبار t واختبار F من تحليل النتائج. نحصل على نموذج رابوسط جغرافيا مرجح الانحدار (Robust GWR) نفوذا كبيرا لإنتاج الأرز في جاوى الشرقية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Fortheringham, Brunsdon, dan Charlton (2002), *Geographically Weighted Regression* (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. Dalam analisis data dengan menggunakan GWR, terkadang ditemukan suatu *outlier*. *Outlier* adalah pengamatan yang jauh dari pusat data yang mungkin berpengaruh besar terhadap koefisien regresi. Dampak dari adanya *outlier* ini adalah membuat estimasi parameter menjadi *bias*.

Salah satu penyelesaian *outlier* dalam model regresi adalah dengan menggunakan metode regresi robust. Regresi robust merupakan metode yang digunakan ketika distribusi dari *residual* tidak normal atau mengandung beberapa *outlier* yang berpengaruh pada model (Ryan, 1997).

Pada penelitian ini, akan dicari estimasi model GWR yang mengandung *outlier* dengan menggunakan pendekatan metode regresi robust. Sehingga akan didapatkan model (*Robust Geographically Weighted Regression/Robust GWR*). Penelitian ini merujuk dari penelitian beberapa penelitian sebelumnya, antara lain oleh Fox pada tahun 2002 yang mengkaji mengenai teori regresi robust, Chen pada tahun 2002 mengaplikasikan metode estimasi pada regresi robust

untuk jenis data random dan *fixed*. Teori Robust GWR ini juga dikembangkan oleh Harris, Fotheringham, dan Juggins (2010) yang meneliti Robust GWR untuk mengukur hubungan antara tata ruang *Freshwater* pada daerah aliran sungai/DAS.

Terkait dengan adanya masalah mengenai estimasi parameter, dalam Al-Qur'an juga telah disinggung mengenai masalah tersebut, yakni pada surat Ash-Shaffat ayat 147:

وَأَرْسَلْنَاهُ إِلَىٰ مِائَةِ أَلْفٍ أَوْ يَزِيدُونَ ﴿١٤٧﴾

Artinya: “Dan Kami utus dia kepada seratus ribu orang atau lebih”.

Pada ayat tersebut dijelaskan bahwa nabi Yunus diutus kepada umatnya yang jumlahnya 100.000 orang atau lebih. Jika ayat tersebut dibaca dengan seksama, maka akan terdapat kesan ketidakpastian dalam menentukan jumlah umat nabi Yunus. Jumlah umat nabi Yunus dinyatakan dengan jumlah 100.000 orang atau lebih. Tidak ada kepastian berapa jumlah umat nabi Yunus sebenarnya. Bukankah Allah Swt. mengetahui yang ghaib dan yang nyata. Bukankah Allah Swt. mengetahui segala sesuatu, termasuk jumlah umat nabi Yunus? (Abdussakir, 2007). Hal tersebut merupakan salah satu contoh dari gambaran masalah estimasi parameter.

Pada penelitian ini juga akan diaplikasikan pada pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012. Hal ini dikarenakan dalam struktur perekonomian Jawa Timur, sektor pertanian masih mempunyai peranan penting. Dilihat dari besarnya kontribusi sektor pertanian yang dominan dan mengingat bahwa daya serap lapangan kerja sektor pertanian yang masih

tinggi, maka sektor pertanian masih merupakan tulang punggung perekonomian di Jawa Timur.

Secara geografis propinsi Jawa Timur memiliki luasan yang relatif lebih kecil dibanding propinsi-propinsi lain di Indonesia, seperti Papua dan propinsi-propinsi di Sumatera serta Kalimantan. Namun demikian, Jawa Timur mempunyai potensi sumber daya alam yang relatif lebih baik dan juga teknologi pertanian yang digunakan untuk melakukan budi daya pertanian relatif cukup maju. Hal itu menjadikan propinsi Jawa Timur mempunyai tingkat keunggulan yang relatif tinggi di bidang pertanian, sehingga dapat berperan besar dalam memasok produk pertanian bagi kebutuhan nasional. Keunggulan Jawa Timur dalam sektor pertanian ditunjukkan dengan tingkat produksi sektor pertanian yang lebih tinggi dibanding rata-rata nasional. Pada tahun 2011, produksi padi Jawa Timur memberikan andil 17%, produksi jagung 28%, kedelai 39%. Hasil potensi tersebut sebenarnya sudah sesuai dengan yang ditulis dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 22, yakni:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ
 مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ ﴿٢٢﴾

Artinya: “Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rizki untukmu, karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui”.

Dalam ayat tersebut dapat diketahui bahwasanya Allah Swt. telah menurunkan rahmad-Nya, yakni dengan adanya kesuburan alam yang melimpah. Tinggal bagaimana cara manusia untuk merawat dan menjaga kelestariannya. Akan tetapi jika manusia tidak menjaga serta merawatnya, maka kesuburan alam

tersebut lama kelamaan akan habis, dan manusia akan mendapat bencana kekurangan pangan.

Selain itu, dalam Al-Qur'an juga dijelaskan tentang manfaat pangan bagi manusia seperti tertulis dalam surat Al-Hijr ayat 20, yakni:

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَةً وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

Artinya: *“Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya”*.

Dari ayat di atas dapat diketahui bahwa Allah Swt. telah menyediakan berbagai kebutuhan pangan. Banyak manfaat yang dapat diterima oleh manusia. Dengan tersedianya bahan pangan, manusia dapat mengetahui kebesaran dari Allah Swt. serta mempertahankan hidup di bumi.

Sehubungan dengan data yang pertanian Jawa Timur yang telah diuraikan sebelumnya, data pertanian Jawa Timur masih bersifat global, maka berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini akan di cari **“Estimasi Parameter Robust Geographically Weighted Regression dengan Metode Robust M (Studi Kasus Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana estimasi parameter model Robust GWR dengan menggunakan metode Robust M?
2. Bagaimana model pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012 dengan menggunakan Robust GWR?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan estimasi parameter model Robust GWR dengan menggunakan metode Robust M.
2. Mendapatkan model pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012 dengan menggunakan Robust GWR.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan sasaran yang diharapkan, maka perlu diadakan pembatasan permasalahan yang antara lain:

1. Metode estimasi yang digunakan adalah metode Robust M, dengan fungsi pembobot *Tukey Bisquare*.
2. Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel pertanian, yang meliputi variabel produksi padi, sistem pengairan yang digunakan oleh para petani, jumlah alat pertanian, dan jumlah alokasi pupuk.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Bagi Peneliti:

1. Dapat melakukan estimasi parameter pada model Robust GWR.
2. Untuk memperdalam dan mengembangkan wawasan disiplin ilmu yang telah dipelajari dalam bidang statistik khususnya mengenai analisis regresi.

b. Bagi Mahasiswa:

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dan pengembangan pembelajaran statistika tentang estimasi parameter regresi model data spasial.

c. Bagi Pihak Lain:

Untuk mengetahui sejauh mana potensi pertanian di wilayah Jawa Timur khususnya untuk tanaman pangan padi, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dan kebijakan pemerintah daerah untuk mengantisipasi wilayah-wilayah mana di Jawa Timur yang potensi pertanian padinya rendah sehingga dapat mempersiapkan penanggulangan ke depannya dan dalam pelaksanaan program-program pembangunan ketahanan pangan di Jawa Timur dapat diarahkan dengan benar, dapat dipantau perkembangannya, dan selanjutnya dapat dievaluasi keberhasilannya.

d. Bagi Instansi:

1. Sebagai sumbangan pemikiran keilmuan matematika, khususnya dalam bidang statistika.
2. Meningkatkan peran serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dalam pengembangan wawasan keilmuan matematika dan statistika.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab, dan masing-masing bab dibagi dalam subbab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan antara lain konsep regresi linier berganda, *outlier*, regresi robust M, *Geographically Weighted Regression* (GWR), gambaran umum pertanian padi propinsi Jawa Timur, dan kajian Al-Qur'an mengenai estimasi dalam Islam.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi sumber data, variabel penelitian, dan langkah-langkah analisis data.

Bab IV Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai estimasi parameter model Robust GWR, model pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012, serta interpretasi dari Al-Qur'an tentang pemetaan dalam Islam.

Bab V Penutup

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Regresi Linier Berganda

Menurut Gujarati (2003), model regresi berganda adalah model dimana perubahan respon Y tergantung pada dua atau lebih variabel yang menjelaskan. Apabila model tersebut digunakan untuk menganalisis bentuk hubungan linier antara beberapa variabel penjelas secara bersama sama dengan satu variabel respon, maka model tersebut disebut model regresi linier berganda. Model regresi linier berganda dengan k peubah bebas dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ dan $n =$ banyak pengamatan.

Keterangan:

Y_i = variabel respon

X_{ji} = variabel prediktor ke- j nilai pengamatan ke- i

β_0 = koefisien *intercept*

$\beta_1 \dots \beta_k$ = parameter regresi variabel prediktor ke- j

j = 1, 2, ..., k ;

k = banyaknya variabel prediktor

ε = variabel gangguan (*Residual*).

2.2 Outlier (Pencilan)

Outlier adalah pengamatan yang jauh dari pusat data yang mungkin berpengaruh besar terhadap koefisien regresi. *Outlier* dapat muncul karena

kesalahan dalam memasukkan data, kesalahan pengukuran, analisis, atau kesalahan-kesalahan lain. Keberadaan *outlier* akan mengganggu dalam proses analisis data dan harus dihindari dalam banyak hal. Menurut Soemartini (2007) dalam kaitannya dengan analisis regresi, *outlier* dapat menyebabkan hal-hal berikut:

1. *Residual* yang besar dari model yang terbentuk.
2. Varians pada data tersebut menjadi lebih besar.
3. Taksiran interval memiliki rentang yang lebar.

Menurut Soemartini (2007) metode yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya *outlier* yang berpengaruh dalam koefisien regresi antara lain:

1. Metode Grafis

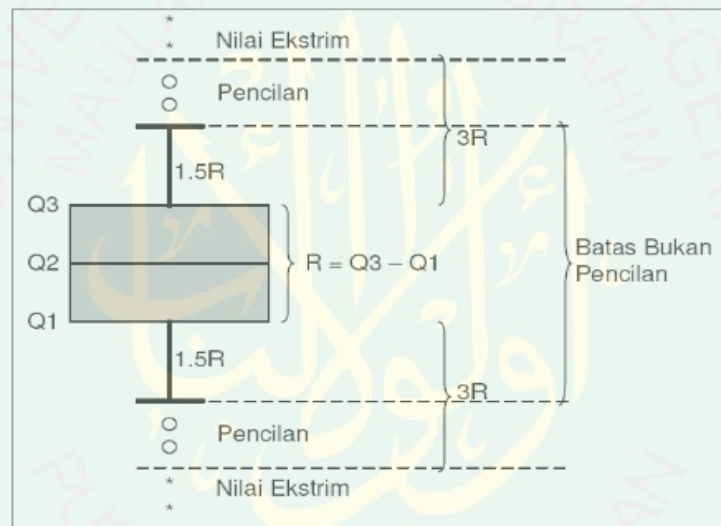
Keuntungan dari metode ini yaitu mudah dipahami karena menampilkan data secara grafis (gambar) dan tanpa melibatkan perhitungan yang rumit. Sedangkan kelemahan metode ini yaitu keputusan yang memperlihatkan data tersebut merupakan *outlier* atau tidak bergantung pada kebijakan (*judgement*) peneliti, karena hanya mengandalkan visualisasi gambar.

- a. Diagram Pencar (*Scatter Plot*)

Metode ini dilakukan dengan cara memplot data dengan observasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$). Selain itu, jika sudah didapatkan model regresi maka dapat dilakukan dengan cara memplot antara *residual* dengan nilai prediksi Y . Jika terdapat satu atau beberapa data yang terletak jauh dari pola kumpulan data keseluruhan, maka hal ini mengindikasikan adanya *outlier*.

b. *Boxplot*

Metode ini mempergunakan nilai kuartil dan jangkauan untuk mendeteksi *outlier*. Kuartil 1, 2, dan 3 akan membagi data yang telah diurutkan sebelumnya menjadi empat bagian. Jangkauan (IQR, *Interquartile Range*) didefinisikan sebagai selisih kuartil 1 terhadap kuartil 3, atau $IQR = Q3 - Q1$. Data-data yang merupakan *outlier* yaitu nilai yang kurang dari $1.5 \cdot IQR$ terhadap kuartil 1 dan nilai yang lebih dari $1.5 \cdot IQR$ terhadap kuartil 3 (Kurniawati, 2011).



Gambar 2.1 Identifikasi *Outlier*

2. Metode DfFITS (*Difference fitted value FITS*) atau *Standardized DfFITS*

Metode ini menampilkan nilai perubahan dalam harga yang diprediksi bilamana *case* tertentu dikeluarkan, yang sudah distandarkan. Perhitungan DfFITS adalah sebagai berikut:

$$(DfFITS)_i = t_i \left(\frac{h_{ii}}{1-h_{ii}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

dimana t_i adalah *studentized deleted* untuk kasus ke- i dan h_{ii} adalah nilai *leverage* untuk kasus ke- i . Dengan

$$t_i = e_i \sqrt{\frac{n-p-1}{JKG(1-h_{ii}-e_i^2)}} \quad (2.3)$$

dimana e_i adalah *residual* ke- i dan JKG adalah jumlah kuadrat galat. Dalam matriks adalah sebagai berikut:

$$H = X(X'X)^{-1}X' \quad (2.4)$$

dengan H adalah matriks $n \times n$.

Elemen diagonal h_{ii} dalam matriks dapat diperoleh langsung dari:

$$h_{ii} = X_i(X'X)^{-1}X_i' \quad (2.5)$$

dengan X_i adalah matriks $p \times 1$, $(X'X)^{-1}$ adalah matriks $p \times p$, dan X_i' adalah matriks $1 \times p$.

Suatu data yang mempunyai nilai *absolute* DfFITS lebih besar dari $2\sqrt{\frac{p}{n}}$.

Maka diidentifikasi sebagai *outlier*, dengan p banyaknya variabel prediktor dan n banyaknya observasi (Montgomery dan Peck, 2006).

2.3 Fungsi Objektif

Menurut Fox (2002), fungsi objektif adalah fungsi yang digunakan untuk mencari fungsi pembobot pada regresi robust. Adapun fungsi pembobot yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Fungsi pembobot oleh Huber memakai fungsi objektif

$$\rho(e_i) = \begin{cases} \frac{1}{2}e_i^2, & |e_i| \leq c \\ c|e_i| - \frac{1}{2}c^2, & |e_i| > c \end{cases} \quad (2.6)$$

dengan

$$\rho'(e_i) = \psi(e_i) = \frac{\partial(\rho(e_i))}{\partial e_i} =$$

$$\begin{cases} e_i, & |e_i| \leq c \\ c, & e_i > c \\ -c, & e_i < -c \end{cases} \quad (2.7)$$

Setelah didapatkan $\rho'(e_i)$, maka didapatkan fungsi pembobot:

$$w_i = w(e_i) = \frac{\psi(e_i)}{e_i} = \begin{cases} 1, & |e_i| \leq c \\ \frac{c}{|e_i|}, & |e_i| > c \end{cases} \quad (2.8)$$

2. Fungsi pembobot oleh Tukey memakai fungsi objektif

$$\rho(e_i) = \begin{cases} \frac{c^2}{6} \left\{ 1 - \left[1 - \left(\frac{e_i}{c} \right)^2 \right]^3 \right\}, & |e_i| \leq c \\ \frac{c^2}{6}, & |e_i| > c \end{cases} \quad (2.9)$$

dengan

$$\rho'(e_i) = \psi(e_i) = \frac{\partial(\rho(e_i))}{\partial e_i} = \begin{cases} e_i \left[1 - \left(\frac{e_i}{c} \right)^2 \right]^2, & |e_i| \leq c \\ 0, & |e_i| > c \end{cases} \quad (2.10)$$

setelah didapatkan $\rho'(e_i)$, maka didapatkan fungsi pembobot:

$$w_i = w(e_i) = \frac{\psi(e_i)}{e_i} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{e_i}{c} \right)^2 \right]^2, & |e_i| \leq c \\ 0, & |e_i| > c \end{cases} \quad (2.11)$$

Konstanta c adalah konstanta yang menghasilkan efisiensi tinggi dengan *residual* berdistribusi normal dan dapat memberikan perlindungan terhadap *outlier*. Untuk fungsi pembobot *Huber* nilai $c = 1,345$ dan $c = 4,685$ untuk fungsi pembobot *Tukey Bisquare* (Fox, 2002).

2.4 Regresi Robust M

Metode ini merupakan alat penting untuk menganalisis data yang dipengaruhi oleh *outlier* sehingga dihasilkan model yang robust atau *resistance* terhadap *outlier* (Drapper and Smith, 1998). Suatu estimasi yang *resistance* relatif

tidak terpengaruh oleh perubahan besar pada bagian kecil data atau perubahan kecil pada bagian besar data. Dalam ruang lingkupnya, regresi robust memiliki ketahanan kuat terhadap *outlier* yang menjadi keistimewaan dari metode ini. Dimana regresi robust ini bertindak sebagai penurun bobot data *outlier*.

Menurut Chen (2002) regresi robust memiliki beberapa metode dalam mengestimasi, salah satunya adalah metode M (*Maximum Likelihood Type*). Metode ini merupakan metode yang baik dalam perhitungan maupun secara teoritis. Metode ini diperkenalkan oleh Huber pada tahun 1973. Dimana dalam metode ini menganalisis data dengan mengasumsikan bahwa sebagian besar *outlier* yang terdeteksi berada pada variabel prediktor.

Estimasi M dicari berdasarkan konsep dari estimasi *maksimum likelihood* yang memaksimalkan fungsi likelihood (Maronna, Martin, dan Yohai, 2006). Misalkan x_1, x_2, \dots, x_n adalah nilai-nilai dari sampel *random* dari distribusi yang memiliki *mean* μ . Maka x_i dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$x_i = \mu + u_i, \quad \text{untuk setiap } i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.12)$$

Model di atas merupakan model lokasi. Misalkan u_i mempunyai fungsi distribusi F_0 untuk setiap $i = 1, 2, \dots, n$ dan u_i saling bebas. Observasi x_1, x_2, \dots, x_n mempunyai distribusi dengan fungsi distribusinya adalah $F_0(x - \mu)$, dengan F_0 adalah fungsi distribusi dari u_i .

Fungsi likelihood dari observasi x_1, x_2, \dots, x_n adalah sebagai berikut:

$$L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f_0(x - \mu) \quad (2.13)$$

$$\log L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n) = \log \left(\prod_{i=1}^n f_0(x - \mu) \right) = \sum_{i=1}^n \log f_0(x - \mu) \quad (2.14)$$

MLE dari μ adalah nilai μ yang memaksimumkan $L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n)$ atau nilai μ yang memaksimumkan $\log L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n)$ yang didefinisikan:

$$\begin{aligned}\hat{\mu} &= \arg \max_{\mu} L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &= \arg \max_{\mu} \log L(\mu; x_1, x_2, \dots, x_n)\end{aligned}\quad (2.15)$$

misalkan $\rho = -\log f_0$,

sehingga, $\log f_0(x - \mu) = \rho(x - \mu)$. (2.16)

Oleh sebab itu, persamaan (2.15) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\hat{\mu} = \arg \max_{\mu} \sum_{i=1}^n \rho(x_i - \mu). \quad (2.17)$$

Sebagai contoh penentuan nilai μ adalah pada 2 kasus di bawah ini:

1. Jika $F_0 = N(0,1)$, maka didapatkan:

$$f_0(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (2.18)$$

Karena $\rho = -\log f_0$, maka diperoleh $\rho(u) = \frac{u^2}{2} - \log \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$.

Sehingga $\rho(x_i - \mu)$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho(x_i - \mu) = \frac{(x_i - \mu)^2}{2} - \log \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \quad (2.19)$$

Persamaan (2.17) di atas menjadi:

$$\begin{aligned}\hat{\mu} &= \arg \min_{\mu} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{(x_i - \mu)^2}{2} - \log \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right\} \\ \hat{\mu} &= \arg \min_{\mu} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{2}.\end{aligned}\quad (2.20)$$

Untuk mendapatkan nilai μ yang meminimumkan $\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{2}$, maka:

$$\sum_{i=1}^n \psi(x_i - \hat{\mu}) = 0$$

dimana $\psi = \rho'$.

Jika $\rho(u) = \frac{u^2}{2}$ maka $\psi(u) = u$, sehingga diperoleh:

$$\sum_{i=1}^n \psi(x_i - \hat{\mu}) = \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu}) = 0. \quad (2.21)$$

Jika persamaan (2.21) dijabarkan, maka akan didapatkan nilai $\hat{\mu}$, yakni:

$$\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n \hat{\mu} = 0$$

$$n\hat{\mu} = \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\hat{\mu} = \bar{x}.$$

Jadi, jika $F_0 = N(0,1)$, maka MLE dari μ adalah \bar{x} yang merupakan *mean* sampel dan \bar{x} tidak *resistance* terhadap *outlier* (Maronna, Martin, dan Yohai, 2006). Jika $F_0 = \text{double exponential}$, maka didapatkan:

$$f_0(u) = \frac{1}{2} e^{-|u|}. \quad (2.22)$$

Karena $\rho = -\log f_0$, maka diperoleh $\rho(u) = |u| - \log \frac{1}{2}$.

Sehingga $\rho(x_i - \mu)$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho(x_i - \mu) = |x_i - \mu| - \log \frac{1}{2} \quad (2.23)$$

Persamaan (2.17) di atas menjadi:

$$\hat{\mu} = \arg \min_{\mu} \sum_{i=1}^n \left\{ |x_i - \mu| - \log \frac{1}{2} \right\}$$

$$\hat{\mu} = \arg \min_{\mu} \sum_{i=1}^n |(x_i - \mu)| \quad (2.24)$$

Untuk mendapatkan nilai μ yang meminimumkan $\sum_{i=1}^n |(x_i - \mu)|$, maka:

$$\sum_{i=1}^n \psi(x_i - \hat{\mu}) = 0 \quad (2.25)$$

dimana $\psi = \rho'$. Karena $\rho(u) = |u|$ tidak dapat dideferensial di titik $u=0$, maka didefinisikan fungsi:

$$\psi(u) = \text{sign}(u) = \begin{cases} -1, & \text{jika } u < 0 \\ 0, & \text{jika } u = 0 \\ 1, & \text{jika } u > 0 \end{cases} \quad (2.26)$$

Didefinisikan:

$$I(u > 0) = \begin{cases} 1, & \text{jika } u > 0 \\ 0, & \text{jika } u \leq 0 \end{cases}$$

dan

$$I(u < 0) = \begin{cases} 1, & \text{jika } u < 0 \\ 0, & \text{jika } u \geq 0 \end{cases}$$

Fungsi $\text{sign}(u)$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{sign}(u) = I(u > 0) - I(u < 0) \quad (2.27)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.27) ke persamaan (2.25) maka diperoleh hasil:

$$\sum_{i=1}^n \text{sign}(x_i - \hat{\mu}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (I(x_i - \hat{\mu} > 0) - I(x_i - \hat{\mu} < 0)) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n I(x_i - \hat{\mu} > 0) - \sum_{i=1}^n I(x_i - \hat{\mu} < 0) = 0$$

$$*(x_i > \hat{\mu}) - *(x_i < \hat{\mu}) = 0 \quad (2.28)$$

dimana $*$ (x) merupakan banyaknya x, sehingga $(x_i > \hat{\mu}) = * (x_i < \hat{\mu})$. Hal ini menyatakan bahwa $\hat{\mu}$ adalah median. Jadi jika $F_0 = \text{double exponensial}$, maka MLE dari μ adalah median (x). Maka median tersebut *resistance* terhadap *outlier* (Maronna, Martin, dan Yohai, 2006).

Dari penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa $\rho(x - \mu) = (x - \mu)^2$ maka MLE dari μ adalah \bar{x} , sedangkan bila $\rho(x - \mu) = |x - \mu|$ maka MLE dari μ adalah median(x). Untuk selanjutnya MLE dari μ akan dicari berdasarkan fungsi $\rho(u)$.

Menurut Fox (2002) pada umumnya regresi robust estimasi M ini dilakukan dengan meminimumkan fungsi objektif dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \rho(\varepsilon_i) = 0 \quad (2.29)$$

dengan $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$, maka $\varepsilon_i = y_i - X_i^T \beta$ sehingga,

$$\sum_{i=1}^n \rho(\varepsilon_i) = \sum_{i=1}^n \rho(y_i - X_i^T \beta). \quad (2.30)$$

Untuk mendapatkan estimasi parameter pada metode robust M ini menggunakan metode iterasi. Hal ini dikarenakan *residual* tidak dapat dihitung sampai diperoleh model yang cocok dan nilai parameter regresi juga tidak dapat dihitung tanpa mengetahui nilai *residual*. Untuk mendapatkan estimasi parameter pada metode robust M biasa digunakan metode *Iteratively Reweighted Least Square/IRLS* (Fox, 2002).

2.5 MAND (*Normalized Median Absolute Deviation*)

Misalkan x_1, x_2, \dots, x_n adalah nilai-nilai dari sampel random dari distribusi yang mempunyai *mean* μ dan variansi σ^2 serta x_i dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut:

$$x_i = \mu + u_i \quad \text{dengan } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.31)$$

Misalkan u_i mempunyai fungsi distribusi F_0 , untuk setiap $i = 1, 2, \dots, n$ dan u_i saling bebas.

Didefinisikan $MAD(x) = MAD(x_1, x_2, \dots, x_n) = med\{|x - med(x)|\}$, dimana median merupakan ukuran pusat data yang *resistance* terhadap *outlier* (Maronna, Martin, dan Yohai, 2006). Jika x simetris, maka $med(x) = \mu$, sehingga diperoleh:

$MAD(x) = med\{|x_i - \mu|\}$ dan berlaku:

$$Pr\{|x_i - \mu| \leq MAD(x)\} = \frac{1}{2}$$

$$Pr(-MAD(x) \leq x_i - \mu \leq MAD(x)) = \frac{1}{2}$$

$$Pr\left(-\frac{MAD(x)}{\sigma} \leq \frac{x_i - \mu}{\sigma} \leq \frac{MAD(x)}{\sigma}\right) = \frac{1}{2}$$

$$Pr\left(-\frac{MAD(x)}{\sigma} \leq Z \leq \frac{MAD(x)}{\sigma}\right) = \frac{1}{2}$$

dan jika $Z \sim N(0,1)$, maka didapatkan $\frac{MAD(x)}{\sigma} = 0.6745$.

$$\text{Maka didapatkan } \hat{\sigma} = \frac{MAD(x)}{\sigma} \quad (2.32)$$

persamaan 2.32 di atas disebut dengan *Normalized Median Absolute Deviation* ($MADN(x)$). $MADN(x)$ merupakan estimasi yang *resistance* untuk σ (Wijaya, 2009).

2.6 Model GWR (*Geographically Weighted Regression*)

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan suatu model yang memperhatikan faktor geografis sebagai variabel yang mempengaruhi variabel respon. Asumsi yang digunakan pada model GWR adalah *residual* berdistribusi normal dengan *mean* adalah nol dan varians σ^2 (Fortheringham, Brunson, dan Charlton, 2002).

Pada model GWR hubungan antara variabel respon Y dan variabel prediktor X_1, X_2, \dots, X_p pada lokasi ke- i adalah:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)X_{1i} + \dots + \beta_p(u_i, v_i)X_{pi} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(2.33)

dimana:

Y_i = variabel respon pada lokasi ke- i

(u_i, v_i) = koordinat letak geografis (*longitude, latitude*) pada lokasi ke- i

X_{pi} = variabel prediktor p pada pengamatan ke- i

$\beta_p(u_i, v_i)$ = parameter pada lokasi ke- i yang berhubungan dengan variabel bebas ke- p (X_{pi}).

2.7 *Bandwidth*

Bandwidth adalah ukuran jarak fungsi pembobot dan sejauh mana pengaruh lokasi terhadap lokasi lain. Secara teoritis *bandwidth* merupakan lingkaran dengan radius b dari titik pusat lokasi, dimana digunakan sebagai dasar menentukan bobot setiap pengamatan terhadap model regresi pada lokasi tersebut. Untuk pengamatan-pengamatan yang terletak dekat dengan lokasi i maka akan

lebih berpengaruh dalam membentuk parameter model pada lokasi i (Fotheringham, Brunson, dan Charlton, 2002).

Untuk mendapatkan *bandwidth* optimum, dapat dilakukan dengan menghitung *cross validation* (CV). Jika nilai CV semakin kecil, maka didapatkan *bandwidth* yang optimum (Fotheringham, Brunson, dan Charlton, 2002) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(b)]^2 \quad (2.34)$$

dengan:

i = lokasi ke- i

b = *bandwidth*

$\hat{y}_{\neq i}(b)$ = nilai prediksi dari model regresi tanpa pengamatan ke- i .

2.8 Fungsi Pembobot Model GWR

Pembobot $W(i)$ dihitung untuk tiap i dan w_{ij} mengindikasikan kedekatan atau bobot tiap titik data dengan lokasi i . Hal ini yang membedakan GWR dengan WLS pada umumnya yang mempunyai matriks bobot yang konstan. Peran pembobot sangat penting karena nilai pembobot tersebut mewakili letak data observasi satu dengan lainnya sehingga sangat dibutuhkan ketepatan cara pembobotan.

Beberapa jenis fungsi pembobot yang dapat dipergunakan menurut Fotheringham, Brunson, dan Charlton (2002) antara lain:

1. Fungsi *Inverse* Jarak

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_{ij} < b \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.35)$$

Fungsi *inverse* jarak akan memberi bobot nol ketika lokasi j berada diluar radius b dari lokasi i , sedangkan apabila lokasi j berada di dalam radius b maka akan mendapat bobot satu.

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - v_i)^2 + (u_i + v_i)^2} \quad (2.36)$$

2. Fungsi *Kernel Gauss*

Bentuk fungsi *Kernel Gauss* adalah

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left[\frac{1}{2 \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2} \right] \quad (2.37)$$

Fungsi *Kernel Gauss* akan memberi bobot yang akan semakin menurun mengikuti fungsi *Gaussian* ketika d_{ij} semakin besar.

3. Fungsi *Kernel Bi-square*

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]^2, & \text{jika } d_{ij} < b \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.38)$$

Fungsi *Kernel Bi-square* akan memberi bobot nol ketika lokasi j berada pada atau diluar radius b dari lokasi i , sedangkan apabila lokasi j berada di dalam radius b maka akan mendapat bobot yang mengikuti fungsi *Kernel Bi-square*.

2.9 Kajian Mengenai Potensi Pertanian Padi

2.9.1 Tanaman Padi

Bagi bangsa Indonesia, bercocok tanam padi bukan merupakan hal yang baru. Bahkan sudah sejak lama bercocok tanam padi sudah dilakukan. Bercocok tanam padi bertujuan untuk mendapatkan hasil yang setinggi-tingginya dengan kualitas sebaik mungkin dan untuk memenuhi kebutuhan primer, yaitu pangan (Yandianto, 2003).

Tanaman padi adalah sejenis tumbuhan yang sangat mudah ditemukan. Sebagian besar masyarakat di Indonesia menjadikan padi sebagai sumber bahan makanan pokok. Padi merupakan tanaman yang termasuk genus *Oryza L.* yang meliputi kurang lebih 25 spesies, tersebar di daerah tropis dan daerah subtropis, seperti Asia, Afrika, Amerika, dan Australia (Ina, 2007).

Menurut D, Joy dan E. J. Wibberly (1979) dalam Girisonta 1990, tanaman padi yang mempunyai nama botani *Oryza sativa* dengan nama lokal padi (*paddy*), dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu padi kering yang tumbuh di dataran tinggi dan padi sawah yang memerlukan air menggenang.

Menurut Yandianto (2003) padi kering merupakan jenis padi yang tidak membutuhkan banyak air sebagaimana padi sawah. Bahkan padi kering ini dapat tumbuh hanya mengandalkan curah hujan. Padi kering ini pada umumnya ditanam di daerah-daerah yang kurang atau sedikit air. Padi jenis ini dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu:

1. Padi ladang, sejenis padi kering yang ditanam di wilayah hutan yang baru dibuka.

2. Padi gogoh rancah, sejenis padi kering yang ditanam di tegalan pada saat musim hujan.

Padi sawah ditanam di sawah, yaitu lahan yang cukup memperoleh air. Padi sawah pada waktu-waktu tertentu memerlukan genangan air, terutama sejak musim tanam sampai mulai berbuah. Padi sawah jelas dapat menghasilkan lebih banyak daripada padi kering.

Perbedaan jenis padi pada umumnya terletak pada: usia tanaman, jumlah hasil, mutu beras, dan ketahanannya terhadap hama dan penyakit (Yandianto, 2003).

2.9.2 Sistem Irigasi/Pengairan

Menurut Dumairi (1992) irigasi adalah usaha pengadaan dan pengaturan air secara buatan, baik air tanah maupun air permukaan untuk menunjang pertanian. Sedangkan daerah irigasi adalah suatu kesatuan wilayah yang mendapatkan air dari suatu jaringan irigasi. Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran, serta kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu: jaringan irigasi sederhana, semi teknis, dan irigasi teknis.

Sutopo (2002) mengemukakan bahwa tanaman pangan seperti padi, jagung, kedelai, dan sebagainya hanya tumbuh dan berproduksi dengan baik apabila memperoleh air cukup pada saat yang tepat. Pada suatu studi menunjukkan kurangnya pengendalian air merupakan pembatas tunggal terbesar dan bertanggung jawab terhadap perbedaan 35% antara hasil aktual dan potensial.

Pasandaran (1991) menyatakan bahwa peningkatan produksi pangan, irigasi mempunyai peranan penting, yaitu:

1. Menyediakan air untuk tanaman dan dapat digunakan untuk mengatur kelembapan tanah.
2. Membantu menyuburkan tanah melalui kandungan yang dibawa oleh air.
3. Memungkinkan penggunaan pupuk dan obat-obatan dalam dosis tinggi.
4. Dapat menekan perkembangan hama penyakit.
5. Dapat menekan pertumbuhan gulma.
6. Memudahkan pengolahan tanah.

Selain pengairan produksi padi juga dipengaruhi keadaan lahan sawah. Lahan sawah adalah suatu tipe penggunaan lahan, yang untuk pengelolanya memerlukan genangan air. Oleh karena itu, sawah selalu mempunyai permukaan datar atau yang didatarkan serta dibatasi oleh pematang untuk menahan air genangan (Sofyan, Sediarmo, Nurjaya, dan Suryono, 2000).

Menurut Sofyan, Sediarmo, Nurjaya, dan Suryono (2000) berdasarkan sumber air yang digunakan dan keadaan genangannya, sawah dapat dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu:

1. Sawah irigasi, yaitu sawah yang sumber airnya berasal dari tempat lain, melalui saluran-saluran yang sengaja dibuat untuk itu. Sawah irigasi dibedakan atas sawah irigasi teknis, setengah teknis, dan sawah irigasi sederhana/non teknis.
2. Sawah tadah hujan, yaitu sawah yang sumber airnya tergantung atau berasal dari curah hujan tanpa adanya bangunan-bangunan irigasi permanen. Umumnya terdapat pada wilayah yang posisinya lebih tinggi dari sawah irigasi atau sawah lainnya sehingga tidak memungkinkan terjangkau oleh pengairan.

3. Sawah pasang surut, yaitu sawah yang irigasinya tergantung pada gerakan pasang surut serta letaknya di wilayah datar tidak jauh dari laut. Sumber airnya berasal dari air sungai yang karena adanya pengaruh pasang surut air dimanfaatkan untuk mengairi saluran irigasi.
4. Sawah lebak, yaitu sawah yang diusahakan di daerah rawan memanfaatkan naik turunnya permukaan air rawa secara alami, sehingga dalam sistem sawah lebak tidak dijumpai sistem saluran air.

2.9.3 Alat Pertanian

Alat pertanian adalah susunan dari alat-alat yang saling terkait dan mempunyai sistem transmisi (perubah gerak), serta mempunyai tujuan tertentu di bidang pertanian dan untuk mengoperasikannya diperlukan masukan tenaga. Alat pertanian bertujuan untuk mengerjakan pekerjaan yang ada hubungannya dengan pertanian, seperti alat pengolahan tanah, alat pengairan, alat pemberantas hama, dan sebagainya (Soekirno, 1999).

Menurut Soekirno (1999) macam alat dan mesin pertanian secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yakni:

1. Alat dan mesin pembukaan lahan.
2. Alat dan mesin untuk produksi pertanian, terdiri dari: pengolah tanah, alat penanam, alat pemeliharaan tanaman, dan alat pemanen.
3. Alat dan mesin *processing* hasil pertanian (pascapanen), terdiri dari: alat pengering, alat pembersih atau pemisah, dan alat pengupas atau reduksi.

Alat dan mesin pengolahan yang digunakan untuk komoditi padi terdiri dari perontok (*thresher*), pemecah kulit (*husker, huller*) dan pemutih (*polisher*).

Biasanya perontok dan *cleaner* untuk komoditi padi juga dapat digunakan untuk komoditi yang lain (Smith dan Wilkes, 1990).

2.9.4 Pupuk

Pupuk merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam tanah untuk menyediakan unsur hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Penggolongan pupuk umumnya didasarkan pada sumber bahan yang digunakan, cara aplikasi, bentuk dan kandungan unsur haranya (Hadisuwito, 2012).

Menurut Rosmarkan (2002) pupuk dalam arti luas diartikan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan asalnya, terdiri dari pupuk alam, yaitu pupuk yang terdapat di dalam alam atau dibuat dengan bahan alam tanpa proses yang berarti, misalnya pupuk kompos, pupuk kandang, guano, dan pupuk hijau. Dan pupuk buatan, yaitu pupuk yang dibuat oleh pabrik, misalnya Urea, NPK, dan nitroposka. Pupuk ini dibuat oleh pabrik dengan mengubah sumber daya alam melalui proses fisika ataupun kimia.
- b. Berdasarkan senyawanya, terdiri dari pupuk organik, yaitu pupuk yang berupa senyawa organik dan pupuk anorganik.
- c. Berdasarkan fasanya, terdiri dari pupuk padat dan pupuk cair. Pupuk padat merupakan pupuk yang umumnya mempunyai kelarutan beragam, mulai yang mudah larut dalam air sampai yang sukar larut air. Sedangkan pupuk cair merupakan pupuk yang berupa cairan yang cara penggunaannya dilarutkan terlebih dahulu dalam air.
- d. Berdasarkan cara penggunaannya, terdiri dari pupuk daun dan pupuk akar atau pupuk tanah. Pupuk daun merupakan pupuk yang cara pemupukannya

dilarutkan terlebih dahulu dalam air, kemudian disemprotkan pada permukaan daun. Sedangkan pupuk akar merupakan pupuk yang diberikan ke dalam tanah di sekitar akar agar diserap oleh akar tanaman.

- e. Berdasarkan reaksi fisiologisnya, terdiri dari pupuk yang memiliki fisiologis asam dan pupuk yang memiliki fisiologis basa. Pupuk yang memiliki fisiologis asam merupakan pupuk yang bila diberikan ke dalam tanah ada kecenderungan tanah menjadi lebih masam (pH tanah menjadi lebih rendah), misalnya ZA dan Urea. Sedangkan pupuk yang memiliki fisiologis basa merupakan pupuk yang bila diberikan ke dalam tanah menyebabkan pH tanah cenderung naik, misalnya kalsium sianida.
- f. Berdasarkan macam hara tanaman, terdiri dari pupuk makro, mikro, dan campuran. Pupuk makro merupakan pupuk yang mengandung hara makro saja, misalnya NPK. Pupuk mikro merupakan pupuk yang hanya mengandung hara mikro saja, misalnya mikrovek dan metalik. Sedangkan pupuk campuran merupakan pupuk makro dan mikro, misalnya rustika.

Menurut Marsono (2001) secara umum pupuk bermanfaat untuk menyediakan unsur hara yang kurang atau bahkan tidak tersedia di tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, secara lebih terperinci manfaat pupuk ini dibagi menjadi dua, yakni yang berkaitan dengan perbaikan sifat fisika, misalnya memperbaiki struktur tanah dan yang berkaitan dengan kimia tanah, misalnya memperbaiki keasaman tanah.

2.9.5 Gambaran Umum Pertanian Padi Jawa Timur

Dalam struktur perekonomian Jawa Timur, sektor pertanian masih mempunyai peranan penting. Dilihat dari besarnya kontribusi yang dominan

dan mengingat bahwa daya serap lapangan kerja, sektor pertanian yang masih tinggi, maka sektor pertanian masih merupakan tulang punggung perekonomian di Jawa Timur.

Secara geografis propinsi Jawa Timur memiliki luasan yang relatif lebih kecil dibanding propinsi-propinsi lain di Indonesia, seperti Papua dan propinsi-propinsi di Sumatera serta Kalimantan. Namun demikian, propinsi Jawa Timur mempunyai potensi sumber daya alam yang relatif lebih baik dan juga teknologi pertanian yang digunakan untuk melakukan budidaya pertanian relatif cukup maju. Hal itu telah menjadikan propinsi di ujung timur pulau Jawa ini mempunyai tingkat keunggulan yang relatif tinggi di bidang pertanian. Dengan demikian, propinsi Jawa Timur dapat berperan besar dalam memasok produk pertanian bagi kebutuhan nasional.

Keunggulan Jawa Timur dalam sektor pertanian ditunjukkan dengan tingkat produksi sektor pertanian yang lebih tinggi dibanding rata-rata nasional. Pada tahun 2011, produksi padi memberikan andil 17% , produksi jagung 28% , kedelai 39%. Pencapaian yang membanggakan tersebut berkat cara *intensive farming* yang bisa berkembang di Jawa Timur, meskipun luas area masih kecil dibandingkan propinsi yang lainnya tetapi tingkat produktivitasnya tetap tinggi.

Angka PDRB sektoral memberi indikasi bahwa atas dasar harga berlaku, sektor pertanian pada tahun 2010 mempunyai andil sebesar 16% , sedangkan atas dasar harga konstan (2000 = 100) andilnya sebesar 15%. Angka tersebut menunjukkan bahwa perkembangan harga produk pertanian tergolong relatif lambat (Anonymous, 2012a).

Dalam struktur perekonomian Jawa Timur, peran sektor pertanian memang masih cukup dominan. Namun demikian dapat diprediksi bahwa dalam beberapa tahun ke depan, seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi propinsi Jawa Timur maka akan diikuti pula terjadinya transformasi dalam struktur ekonomi.

Dalam rangka meningkatkan peran sektor pertanian, pemerintah secara nyata terus berusaha merevitalisasi sektor pertanian, melalui berbagai program pengembangan yang telah dan akan dilaksanakan.

2.10 Kajian Mengenai Ilmu dan Estimasi dalam Islam

Ilmu pengetahuan modern dibangun di atas landasan perbedaan antara kepastian dan spekulasi. Pengakuan atas prinsip ini merupakan pilar tempat bertumpangnya semua struktur kebudayaan yang kuat dan kokoh. Bila Al-Qur'an menyampaikan pendirian-pendirian yang kokoh, maka demikian pula oleh para ilmuwan. Mereka tidak mengakui salah satu cabang pengetahuan, kecuali jika cabang pengetahuan berdasarkan pada akal sehat dan argumen yang kuat, atau pengalaman yang mendalam (El-Fandy, 2004).

Secara garis besar objek ilmu dapat dibagi dalam dua bagian pokok, yaitu alam materi dan alam nonmateri. Sains mutlak yang mengarahkan pandangan kepada alam materi yang menyebabkan manusia membatasi ilmunya dalam bidang tersebut. Bahkan sebagian mereka tidak mengakui adanya realita yang tidak dapat dibuktikan di alam materi. Karena itu, objek ilmu menurut mereka hanya mencakup sains dan terapan yang hanya berkembang secara kualitatif dan pengandaan, variabel terbatas, dan pengalihan antar budaya. Sedangkan sebagian

ilmuwan muslim, khususnya kaum sufi melalui ayat-ayat Al-Qur'an memperkenalkan ilmu yang mereka sebut *al-hadharat Al-Ilahiyah al-hams* (lima kehadiran ilahi) untuk menggambarkan keseluruhan realita wujud. Kelima hal tersebut adalah: alam materi, alam kejiwaan, alam ruh, sifat-sifat ilahiyah, dan wujud Zat Ilahi (Shihab, 2001).

Dalam hal ini tentu adanya tata cara dan sarana yang harus digunakan untuk meraih pengetahuan tentang kelima hal tersebut. Dalam Al-Qur'an Surat An-Nahl ayat 78 disebutkan:

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُم مِّن بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ
وَالْأَبْصَرَ وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya: "Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur."

Ayat ini mengisyaratkan penggunaan empat sarana yaitu pendengaran, mata (penglihatan), akal, serta hati. Sedangkan cara-cara yang dapat digunakan oleh para ilmuwan untuk meraih pengetahuan adalah *trial and error* (coba-coba), pengamatan, percobaan, estimasi (pendugaan) dan tes-tes kemungkinan (*probability*). Hal tersebut juga disinggung dalam Al-Qur'an, seperti dalam ayat-ayat yang memerintahkan manusia untuk berfikir tentang alam raya, melakukan perjalanan, dan sebagainya, kendatipun hanya berkaitan dengan upaya mengetahui alam materi (Shihab, 2001).

Al-Qur'an juga memerintahkan manusia untuk terus berupaya meningkatkan kemampuan ilmiahnya. Jangankan manusia biasa, nabi Muhammad Saw. juga diperintahkan agar berusaha dan berdoa agar selalu ditambah

pengetahuannya. *Qul Rabbi zidni 'ilma*(Berdoalah[hai Muhammad]), “Wahai Tuhanku, tambahkanlah untukku ilmu”) (Surat Thaha ayat 114), karena *fauqa kullu zi'ilm (in) 'alim*(Di atas semua pemilik pengetahuan,ada yang amat mengetahui) (Surat Yusuf ayat 72).

Hal ini dapat menjadi pemicu manusia untuk terus mengembangkan ilmu dan teknologi dengan memanfaatkan anugerah Allah Swt. yang dilimpahkan kepadanya. Karena itu, laju ilmu dan pengetahuan menjadi tidak terbandung. Hanya saja manusia dapat berusaha mengarahkan diri agar tidak menuruti nafsunya untuk mengumpulkan ilmu dan teknologi yang membahayakan dirinya (Shihab, 2001).

Di dalam Al-Qur'an Surat Yunus ayat 24 disebutkan:

إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ حَتَّى إِذَا أَخَذَتِ الْأَرْضُ زُخْرُفَهَا وَازَّيَّنَتْ وَظَنَّ أَهْلُهَا أَنَّهُمْ قَادِرُونَ عَلَيْهَا أَتْنَاهَا أَمْرًا لَيْلًا أَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنَاهَا حَصِيدًا كَأَن لَّمْ تَغْنَبْ بِالْأَمْسِ كَذَلِكَ نُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٢٤﴾

Artinya: “Sesungguhnya perumpamaan kehidupan duniawi itu, adalah seperti air (hujan) yang Kami turunkan dan langit, lalu tumbuhlah dengan subur karena air itu tanam-tanaman bumi, di antaranya ada yang dimakan manusia dan binatang ternak. Hingga apabila bumi itu telah sempurna keindahannya, dan memakai (pula) perhiasannya dan pemilik-permiliknya mengira bahwa mereka pasti menguasainya tiba-tiba datanglah kepadanya azab Kami di waktu malam atau siang, lalu Kami jadikan (tanam-tanamannya) laksana tanam-tanaman yang sudah disabit, seakan-akan belum pernah tumbuh kemarin. Demikianlah Kami menjelaskan tanda-tanda kekuasaan (Kami) kepada orang-orang berfikir.”

Dari ayat tersebut dijelaskan bahwa akan muncul suatu bencana yang tidak manusia duga dan dalam waktu yang tidak disangka-sangka. Jika diperhatikan

terdapat kata *zhann* yang berarti menduga, mengira, atau menyangka. “*Hingga apabila bumi itu telah sempurna keindahannya, dan memakai (pula) perhiasannya dan pemilik-permliknya mengira bahwa mereka pasti menguasasinya*”. Dalam tafsir Al-Maragi, penggalan ayat tersebut menjelaskan apabila bumi dengan tanaman-tanaman yang hijau bagai sutra, dengan aneka ragam bunga-bunganya yang ada padanya, nampak bagai pengantin yang dihiasi dengan emas dan intan berlian serta aneka warna perhiasanyang indah dan megah, nampak cantik sekali pada malam pertama. Oleh karena itu, penghuni bumi menyangka akan dapat menikmati buah-buahnya, bahkan menyimpan hasilnya.

Begitu juga dalam tafsir Ibnu Katsir kata *zhann* di dalam ayat ini berarti mengira, (“*dan pemilik-pemiliknya mengira bahwa mereka pasti menguasasinya*”) dapat diketahui dalam penggalan ayat tersebut bahwa mereka yang menanam dan menancapkan pohon mengira bahwa dapat memanennya. Sehingga dapat diketahui bahwa dalam Al-Qur’an ada kajian mengenai estimasi, karena dalam matematika estimasi ini berarti pendugaan atau perkiraan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari BPS propinsi Jawa Timur dan Dinas Pertanian propinsi Jawa Timur, yang meliputi:

- a. Jawa Timur dalam Angka tahun 2012.
- b. Data pertanian padi Jawa Timur tahun 2012.

Unit observasi dalam penelitian ini adalah 29 kabupaten dan 9 kota di Jawa Timur.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variabel penelitian dibagi menjadi dua, yaitu variabel respon adalah produksi padi (y) dan variabel prediktor meliputi, sistem pengairan teknis (X_1), sistem pengairan setengah teknis (X_2), sistem pengairan non teknis (X_3), sistem pengairan desa (X_4), dan sistem pengairan tadah hujan (X_5). Kemudian jumlah alat pertanian (X_6) dan jumlah alokasi pupuk (X_7). Dengan variabel letak geografis adalah garis lintang selatan dan garis bujur timur.

3.3 Analisis Data

3.3.1 Estimasi Parameter Robust GWR

1. Menentukan model Robust GWR.
2. Melakukan estimasi parameter model Robust GWR dengan metode robust M, dengan langkah sebagai berikut:

- Melakukan estimasi parameter $\beta(u_1, v_1)$ dengan OLS.
- Mencari fungsi pembobot W_i .
- Mencari estimasi baru dengan WLS.
- Melakukan penyelesaian estimasi dengan metode IRLS (*Iteratively Reweighted Least Square*), dengan cara sebagai berikut:
 - Menentukan $\hat{\beta}(u_i, v_i)^0$ sebagai estimator awal.
 - Mencari fungsi pembobot baru berdasarkan estimator awal.
 - Langkah tersebut berlajut hingga mendapat estimator yang konvergen.
- 3. Melakukan pengujian sifat *unbias* dari estimator Robust GWR.
- 4. Penarikan kesimpulan.

3.3.2 Pemetaan Potensi Pertanian Padi Jawa Timur Tahun 2012

1. Melakukan analisis deskriptif data sebagai gambaran awal untuk mengetahui keadaan pertanian padi di Jawa Timur.
2. Mendeteksi adanya *outlier*.
3. Melakukan pengujian asumsi data.
4. Analisis data dengan menggunakan model Robust GWR.
5. Penarikan kesimpulan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Estimasi Parameter Model Robust GWR

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. Namun, ketika data spasial tersebut mengandung *outlier*, maka perlakuan yang didapatkan tentu berbeda dengan data spasial yang tidak mengandung *outlier*.

Model GWR merupakan suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi yang terboboti. Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWR. Faktor ini memiliki nilai yang berbeda untuk setiap daerah yang menunjukkan sifat lokal model.

Menurut Bitter, Mullin, dan Dall'erba (2007) model GWR adalah sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.1)$$

dimana:

y_i = nilai observasi variabel respon ke- i

x_{ik} = nilai observasi variabel prediktor k pada pengamatan ke- i

$\beta_0(u_i, v_i)$ = nilai *intercept* model regresi

β_k = nilai koefisien regresi

u_i, v_i = titik koordinat lokasi i

ε_i = nilai *residual* regresi ke- i .

Persamaan (4.1) jika dijabarkan akan menjadi:

$$y_1 = \beta_0(u_1, v_1) + \beta_1(u_1, v_1)x_{11} + \beta_2(u_1, v_1)x_{12} + \dots + \beta_p(u_1, v_1)x_{1p} + \varepsilon_1$$

$$y_2 = \beta_0(u_2, v_2) + \beta_1(u_2, v_2)x_{21} + \beta_2(u_2, v_2)x_{22} + \dots + \beta_p(u_2, v_2)x_{2p} + \varepsilon_2$$

⋮

$$y_n = \beta_0(u_n, v_n) + \beta_1(u_n, v_n)x_{n1} + \beta_2(u_n, v_n)x_{n2} + \dots + \beta_p(u_n, v_n)x_{np} + \varepsilon_n$$

Penjabaran di atas jika dalam persamaan matriks menjadi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0(u_1, v_1) \\ \beta_1(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \beta_p(u_n, v_n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Sehingga didapatkan bentuk:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{i1} + \beta_2(u_i, v_i)x_{i2} + \dots + \beta_p(u_i, v_i)x_{ip} + \varepsilon_i, \\ i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4.2)$$

Untuk data ke- i dan n pengamatan yang mengandung *outlier*, maka taksiran modelnya adalah sebagai berikut:

$$\rho y_i^* = \rho(\beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{i1} + \beta_2(u_i, v_i)x_{i2} + \dots + \beta_p(u_i, v_i)x_{ip}) + \\ \rho(\varepsilon_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.4)$$

dari persamaan 4.4 selanjutnya diketahui model dari Robust GWR yang mengandung *outlier* adalah sebagai berikut:

$$\rho y_i^* = \rho X_i \beta(u_i, v_i) + \rho(\varepsilon_i) \quad (4.5)$$

dengan $X_i = x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ dan $\beta(u_i, v_i) = \beta_0(u_i, v_i), \beta_1(u_i, v_i), \dots, \beta_p(u_i, v_i)$.

Menurut Fox (2002) pada umumnya regresi robust M ini dilakukan dengan meminimumkan fungsi objektif (meminimumkan *residual* ρ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \rho(\varepsilon_i) = 0 \quad (4.6)$$

sehingga dari persamaan (4.5) dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \rho(\varepsilon_i) = \sum_{i=1}^n \rho(y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)). \quad (4.7)$$

Diketahui $\varepsilon_i = y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)$, maka jumlah kuadrat *residual* yang mengandung *outlier* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \varepsilon_i^T \rho \varepsilon_i &= (y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i))^T \rho(y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)) \\ &= (y_i^{*T} - \beta(u_i, v_i)^T X_i^T) (\rho y_i^* - \rho X_i \beta(u_i, v_i)) \\ &= y_i^{*T} \rho y_i^* - y_i^{*T} \rho X_i \beta(u_i, v_i) - \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho y_i^* \\ &\quad + \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i) \\ &= y_i^{*T} \rho y_i^* - (y_i^{*T} \rho X_i \beta(u_i, v_i))^T - \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho y_i^* \\ &\quad + \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i) \\ &= y_i^{*T} \rho y_i^* - 2\beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho y_i^* + \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i). \end{aligned} \quad (4.8)$$

Untuk meminimumkan persamaan (4.8), maka dapat dilakukan dengan cara mencari turunan pertama $\varepsilon_i^T \rho \varepsilon_i$ terhadap $\beta(u_i, v_i)^T$.

$$\begin{aligned} \frac{d\varepsilon_i^T \rho \varepsilon_i}{d\beta(u_i, v_i)^T} &= \frac{y_i^{*T} \rho y_i^* - 2\beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho y_i^* + \beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i)}{\partial \beta(u_i, v_i)^T} \\ &= 0 - 2X_i^T \rho y_i^* + X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i) + (\beta(u_i, v_i)^T X_i^T \rho X_i)^T \\ &= -2X_i^T \rho y_i^* + 2X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i) \end{aligned}$$

dan menyamadengankan nol, maka diperoleh:

$$-X_i^T \rho y_i^* + X_i^T \rho X_i \beta(u_i, v_i) = 0$$

$$\beta(u_i, v_i) = (X_i^T \rho X_i)^{-1} X_i^T \rho y_i^*. \quad (4.9)$$

Karena ρ adalah parameter yang mengandung *outlier* maka ρ dapat dicari dengan memisalkan $\rho = \psi$ sebagai fungsi *influence*, sehingga persamaan (4.9) dapat diubah menjadi:

$$\beta(u_i, v_i) = (X_i^T \psi X_i)^{-1} X_i^T \psi y_i^* \quad (4.10)$$

Menurut Drapper dan Smith (1998), fungsi *influence* dari fungsi pembobot:

$$W_i = \frac{\psi \varepsilon_i^*}{\varepsilon_i^*} \quad (4.11)$$

dengan ε_i^* *residual* yang distandardisasi terhadap estimasi simpangan baku ($\hat{\sigma}$), maka didapatkan $\varepsilon_i^* = \frac{\varepsilon_i}{\hat{\sigma}}$.

Menurut Maronna, Martin, dan Yohai (2006) nilai dari $\hat{\sigma}$ dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\hat{\sigma} = \frac{MAD(x)}{0,6745} \quad (4.12)$$

dimana $MAD(x) = med\{|x - med(x)|\}$ dan 0,6745 merupakan konstanta untuk mencari estimator $\hat{\sigma}$ yang bersifat *unbias* dari σ untuk n besar dan *residual* berdistribusi normal.

Sehingga dari persamaan (4.11) di atas dapat diubah menjadi:

$$W_i = \frac{\psi \left(\frac{y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}} \right)}{\left(\frac{y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}} \right)}$$

dan

$$\psi \left(\frac{y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}} \right) = W_i \left(\frac{y_i^* - X_i \beta(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}} \right) \quad (4.13)$$

maka $\psi = W_i$, sehingga persamaan (4.10) dapat diubah menjadi:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X_i^T \mathbf{W}_i X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i y_i^* \quad (4.14)$$

dengan \mathbf{W}_i adalah matriks pembobot yang berukuran $n \times n$ dengan elemen-elemen diagonal yang berisi pembobot $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$. Pada pembahasan ini fungsi pembobot yang digunakan adalah fungsi pembobot *Tukey Bisquare* sebagai berikut:

$$W_i = \frac{\psi(\varepsilon_i^*)}{\varepsilon_i^*} = \begin{cases} \frac{\varepsilon_i^* \left(1 - \left(\frac{\varepsilon_i^*}{c}\right)^2\right)^2}{\varepsilon_i^*}, & |u_i| < c \\ 0, & |u_i| \geq c \end{cases}$$

$$W_i = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{\varepsilon_i^*}{c}\right)^2\right]^2, & |u_i| < c \\ 0, & |u_i| \geq c \end{cases}$$

dengan $c = 4,685$.

Jika fungsi ψ tidak linier, maka estimasi parameter dapat diselesaikan dengan metode iterasi kuadrat terkecil terboboti yang biasa disebut dengan IRLS (*Iteratively Reweighted Least Square*).

Pada iterasi ini nilai W_i akan berubah nilainya di setiap iterasinya sehingga diperoleh $\hat{\beta}(u_i, v_i)_0, \hat{\beta}(u_i, v_i)_1, \dots, \hat{\beta}(u_i, v_i)_k$. Untuk parameter dengan m adalah jumlah parameter yang akan diestimasi, maka estimator awal $\hat{\beta}(u_i, v_i)_0$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i)_0 = (X_i^T \mathbf{W}_i^0 X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i^0 y_i^* \quad (4.15)$$

dengan \mathbf{W}_i^0 adalah matriks pembobot pertama yang berukuran $n \times n$ yang berisi pembobot $W_1^0, W_2^0, W_3^0, \dots, W_n^0$.

Maka untuk estimator satu langkah dapat ditulis:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i)_1 = (X_i^T \mathbf{W}_i^0 X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i^0 y_i^* \quad (4.16)$$

kemudian dihitung kembali pembobot dari \mathbf{W}_i^1 , tetapi menggunakan $\hat{\beta}(u_i, v_i)^1$ sebagai pengganti $\hat{\beta}(u_i, v_i)^0$, sehingga didapatkan:

$$\mathbf{W}_i^1 = \frac{\psi\left(\frac{y_i^* - X_i \hat{\beta}(u_i, v_i)^1}{\hat{\sigma}}\right)}{\left(\frac{y_i^* - X_i \hat{\beta}(u_i, v_i)^1}{\hat{\sigma}}\right)} \quad (4.17)$$

$$\text{maka diperoleh } \hat{\beta}(u_i, v_i)^2 = (X_i^T \mathbf{W}_i^1 X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i^1 y_i^*. \quad (4.18)$$

Seterusnya sehingga didapatkan:

$$\mathbf{W}_i^{m-1} = \frac{\psi\left(\frac{y_i^* - X_i \hat{\beta}(u_i, v_i)^{m-1}}{\hat{\sigma}}\right)}{\left(\frac{y_i^* - X_i \hat{\beta}(u_i, v_i)^{m-1}}{\hat{\sigma}}\right)}. \quad (4.19)$$

Dari persamaan (4.19) didapatkan: $\hat{\beta}(u_i, v_i)^m = (X_i^T \mathbf{W}_i^{m-1} X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i^{m-1} y_i^*$.

Untuk \mathbf{W}_i^m pembobot yang diberikan, dapat diperoleh estimator:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1} = (X_i^T \mathbf{W}_i^m X_i)^{-1} X_i^T \mathbf{W}_i^m y_i^*. \quad (4.20)$$

Perhitungan di atas akan terus berulang hingga diperoleh estimator yang konvergen, yakni ketika selisih nilai $\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}$ dan $\hat{\beta}(u_i, v_i)^m$ mendekati 0, dengan m merupakan banyaknya iterasi.

Estimator $\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}$ pada persamaan (4.19) merupakan estimator *unbias* untuk $\beta(u_i, v_i)$. Estimator $\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}$ dikatakan *unbias* jika $E(\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}) = \beta(u_i, v_i)$. Bukti estimator $\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}$ dikatakan *unbias* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}) &= E[(X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i) X)^{-1} (X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i) y_i^*)] \\ &= E(X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m X)^{-1} X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m E(y_i^*) \\ &= (X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m X)^{-1} [(X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m) (X \beta(u_i, v_i))] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m X)^{-1} (X^T \mathbf{W}_i(u_i, v_i)^m X) \beta(u_i, v_i) \\
&= \mathbf{I} \beta(u_i, v_i) \\
&= \beta(u_i, v_i).
\end{aligned}$$

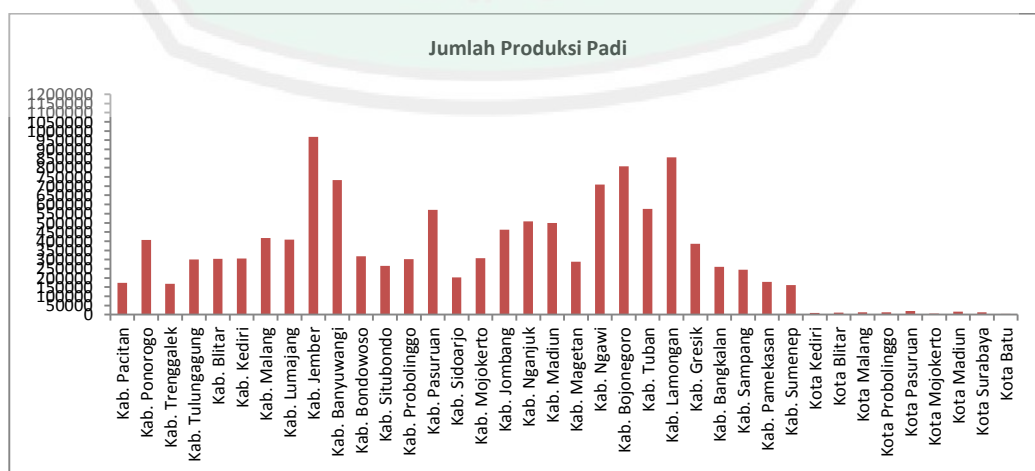
Dari uraian di atas terbukti bahwa $\hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1}$ merupakan estimator *unbias*.

4.2 Pemetaan Potensi Pertanian Jawa Timur Tahun 2012

4.2.1 Deskripsi Data

Pada penelitian ini model Robust GWR diterapkan pada kasus pemetaan potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012. Variabel respon yang diteliti adalah produksi padi (y) dan variabel prediktor meliputi, sistem pengairan teknis (X_1), sistem pengairan setengah teknis (X_2), sistem pengairan non teknis (X_3), sistem pengairan desa (X_4), dan sistem pengairan tadah hujan (X_5). Kemudian jumlah alat pertanian (X_6) dan jumlah alokasi pupuk (X_7). Lebih jelasnya tersaji dalam lampiran 1.

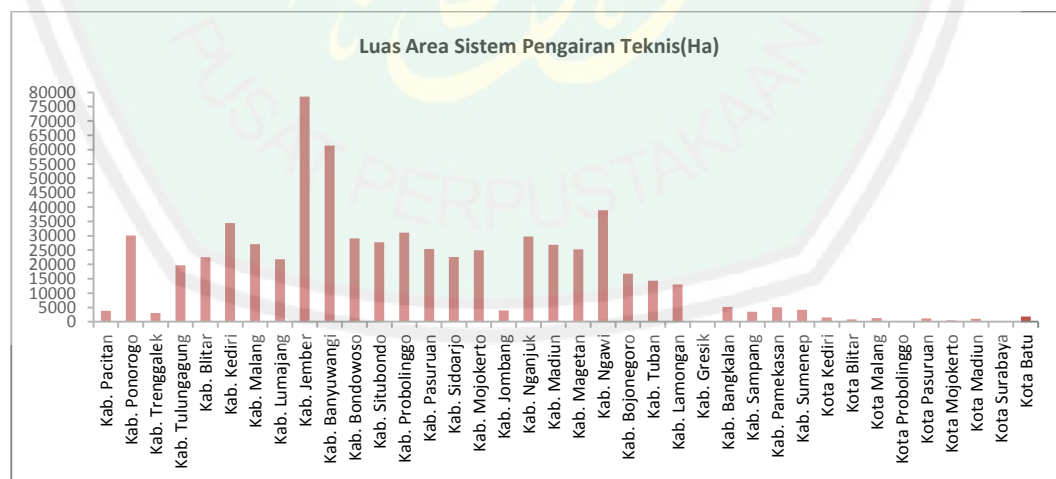
Data yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan data sekunder dari BPS Jawa Timur dan Dinas Pertanian Jawa Timur tahun 2012-2013, dimana grafik pola sebaran data produksi padi Jawa Timur adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Sebaran Data Produksi Padi (y) di Jawa Timur Tahun 2012

Dari gambar 4.1, dapat diketahui bahwa jumlah produksi padi di Jawa Timur pada tahun 2012 mencapai 12.198.707 ton yang tersebar diseluruh kabupaten dan kota. Jumlah produksi padi paling banyak berada di wilayah kabupaten Jember dengan hasil produksi padi mencapai 968.505 ton, yakni 7,93% produksi padi di Jawa Timur. Disusul oleh kabupaten Lamongan dengan hasil produksi padi mencapai 856.890 ton, yakni 7,02 % produksi padi di Jawa Timur dan kabupaten Bojonegoro dengan hasil produksi padi mencapai 808.112 ton, yakni 6,62% produksi padi di Jawa Timur. Sedangkan produksi padi di Jawa Timur paling sedikit berada di wilayah kota Batu dengan hasil produksi padi mencapai 4.878 ton, yakni 0,039% produksi padi di Jawa Timur.

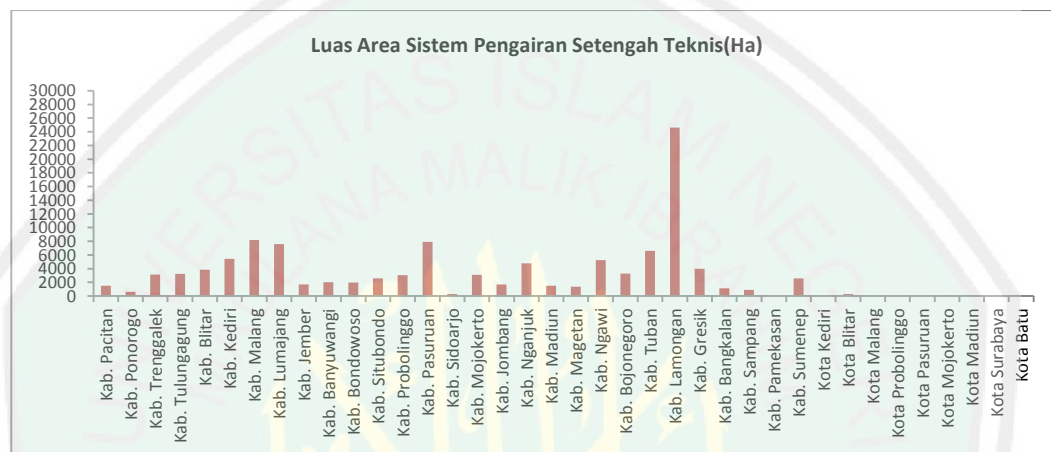
Sejalan dengan banyak sedikitnya hasil produksi padi di Jawa Timur, maka terdapat variabel-variabel yang mempengaruhinya. Variabel pertama yang mempengaruhi produksi padi adalah variabel sistem pengairan yang ada di wilayah Jawa Timur.



Gambar 4.2 Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Teknis (X_1) Tahun 2012

Dari gambar 4.2, dapat diketahui bahwa luas area padi di Jawa Timur dengan sistem pengairan teknis mencapai 693.462 hektar. Tidak semua wilayah di Jawa Timur menggunakan sistem pengairan ini dalam menanam padi. Kota

Probolinggo merupakan wilayah di Jawa Timur merupakan satu-satunya kota yang tidak menggunakan sistem pengairan ini. Wilayah di Jawa Timur yang paling banyak menggunakan sistem pengairan ini adalah wilayah kabupaten Jember, yakni 78.493 hektar wilayah pengairan. Disusul dengan kabupaten Banyuwangi dengan 61.376 hektar wilayah pengairan.

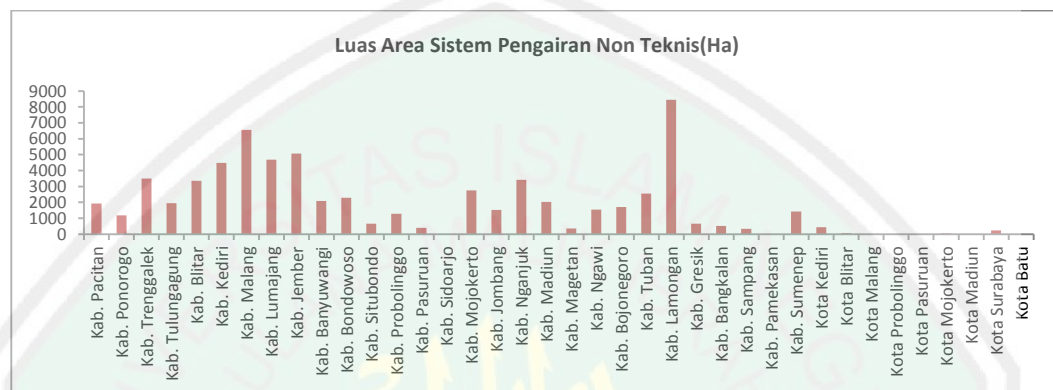


Gambar 4.3 Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Setengah Teknis (X₂) Tahun 2012

Dari gambar 4.3, dapat diketahui luas area padi di Jawa Timur dengan sistem pengairan setengah teknis mencapai 144.750 hektar. Terdapat enam wilayah di Jawa Timur yang tidak menggunakan sistem pengairan tersebut. Keenam wilayah tersebut terdiri dari satu wilayah kabupaten, yakni kabupaten Pamekasan dan lima wilayah kota, yakni kota Malang, kota Probolinggo, kota Pasuruan, kota Madiun, serta kota Surabaya. Sedangkan kabupaten Lamongan merupakan kabupaten dengan petani yang paling banyak menggunakan sistem pengairan ini, yakni mencapai 24.632 hektar area pengairan.

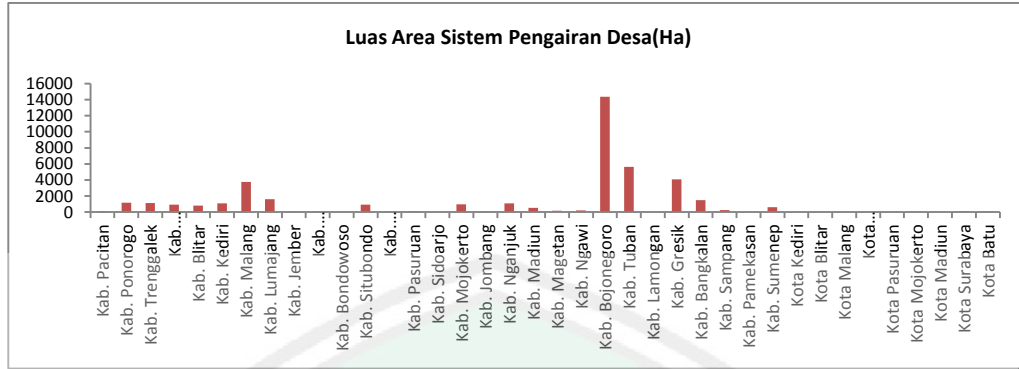
Kemudian dari gambar 4.4, dapat diketahui luas area padi di Jawa Timur dengan sistem pengairan non teknis mencapai 70.547 hektar. Terdapat enam wilayah di Jawa Timur yang tidak menggunakan sistem pengairan ini. Keenam wilayah tersebut terdiri dari dua wilayah kabupaten, yakni kabupaten Sidoarjo dan

kabupaten Pasuruan serta 4 wilayah kota yang meliputi kota Malang, kota Probolinggo, kota Madiun, dan kota Batu. Sedangkan kabupaten Lamongan merupakan kabupaten dengan petani yang paling banyak menggunakan sistem pengairan ini, yakni mencapai 8.460 hektar area pengairan.



Gambar 4.4 Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan NonTeknis (X₄) Tahun 2012

Grafik sebaran sistem pengairan desa dapat dilihat pada gambar 4.5. Dari gambar tersebut dapat diketahui luas area padi di Jawa Timur dengan sistem pengairan desa mencapai 41.144 hektar. Setidaknya terdapat sepuluh wilayah di Jawa Timur yang tidak menggunakan sistem pengairan ini. Kesepuluh wilayah tersebut terdiri dari empat wilayah kabupaten dan enam wilayah kota. Empat kabupaten tersebut terdiri dari: kabupaten Bondowoso, kabupaten Sidoarjo, kabupaten Lamongan, dan kabupaten Pamekasan. Sedangkan enam wilayah kota antara lain: kota Kediri, kota Blitar, kota Malang, kota Probolinggo, kota Pasuruan, kota Madiun, dan kota Mojokerto. Kabupaten Bojonegoro merupakan kabupaten dengan petani yang paling banyak menggunakan sistem pengairan ini, yakni mencapai 14.372 hektar area pengairan.



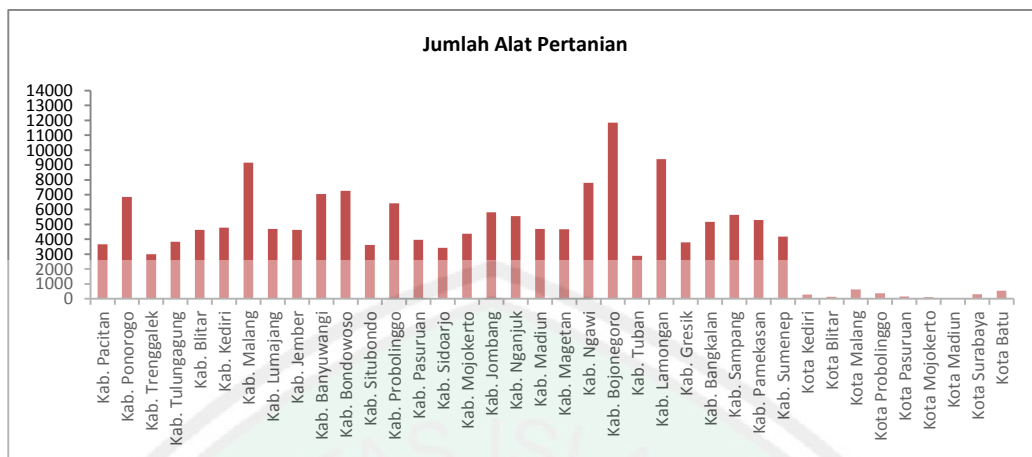
Gambar 4.5 Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Desa (X₄)Tahun 2012

Untuk sebaran sistem pengairan tadah hujan dapat dilihat pada gambar 4.6.



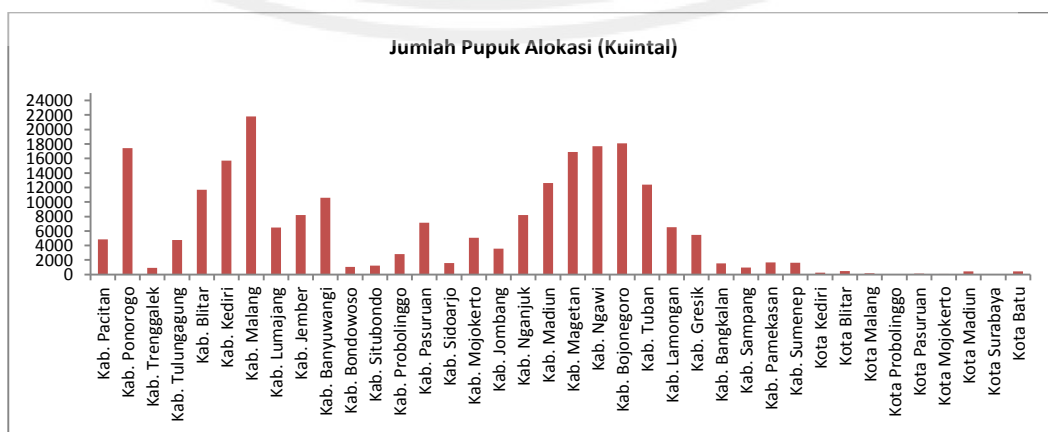
Gambar 4.6 Grafik Luas Area Padi di Jawa Timur dengan Sistem Pengairan Tadah Hujan (X₅) Tahun 2012

Dari gambar tersebut dapat diketahui luas area padi di Jawa Timur dengan sistem pengairan tadah hujan mencapai 228.783 hektar. Terdapat delapan wilayah yang tidak menggunakan sistem pengairan ini. Kedelapan wilayah tersebut terdiri dari tiga wilayah kabupaten dan lima wilayah kota. Wilayah kabupaten yang dimaksud adalah kabupaten Bondowoso, kabupaten Sidoarjo, dan kabupaten Pamekasan. Sedangkan wilayah kota terdiri dari: kota Blitar, kota Malang, kota Probolinggo, kota Madiun, dan kota Batu. Kabupaten Bojonegoro merupakan kabupaten dengan petani yang paling banyak menggunakan sistem pengairan ini, yakni mencapai 40.751 hektar area pengairan.



Gambar 4.7 Grafik Jumlah Alat Pertanian (X₆) di Jawa Timur Tahun 2012

Selain dilihat dari variabel sistem pengairan yang petani lakukan banyak sedikitnya produksi padi juga dipengaruhi dengan adanya alat-alat pertanian yang mendukung dalam pengolahan lahan pertanian. Alat-alat pertanian yang digunakan berupa traktor, mesin pemanen padi, mesin penyemprot hama, dan alat-alat lain yang mendukung jalannya proses pertanian. Rata-rata ketersediaan alat pertanian di Jawa Timur mencapai 4.224 alat. Angka ini dirasa masih kurang karena masih didapatkan beberapa wilayah yang mengalami kekurangan alat pertanian khususnya alat pertanian modern. Kabupaten Bojonegoro merupakan kabupaten dengan jumlah alat pertanian yang paling banyak. Jumlah ini tidak termasuk jumlah alat pertanian yang rusak, ataupun mengalami penurunan fungsi kerja.



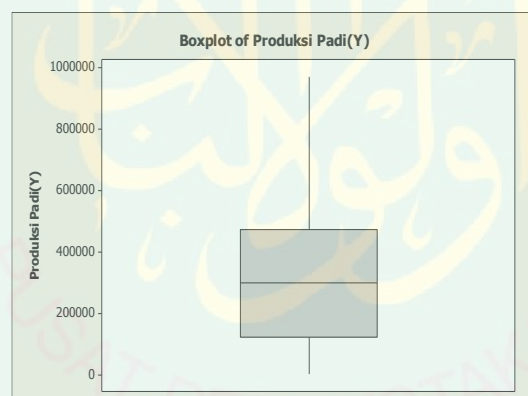
Gambar 4.8 Grafik Jumlah Alokasi Pupuk (X₇) di Jawa Timur Tahun 2012

Jumlah alokasi pupuk di wilayah Jawa Timur mencapai 230.363,59 ton yang tersebar diseluruh wilayah kabupaten dan kota. Semakin banyak pupuk yang dialokasikan maka diharapkan jumlah hasil produksi padi di wilayah Jawa Timur akan semakin meningkat. Kabupaten Malang merupakan kabupaten dengan jumlah pupuk alokasi paling banyak, yakni mencapai 21.784,84 ton pupuk. Disusul oleh kabupaten Bojonegoro dengan 18.089 ton pupuk.

4.2.2 Identifikasi *Outlier*

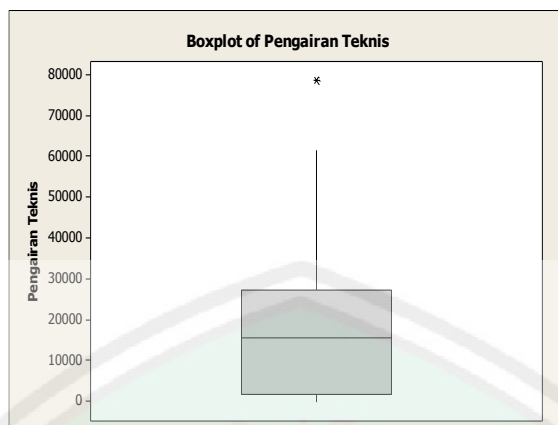
4.2.2.1 Boxplot

Identifikasi *outlier* dengan metode grafik adalah dengan menggunakan *boxplot*. Pada *Boxplot*, *outlier* disimbulkan dengan *. Adapun hasil yang diperoleh dengan menggunakan program Minitab 15 adalah sebagai berikut:



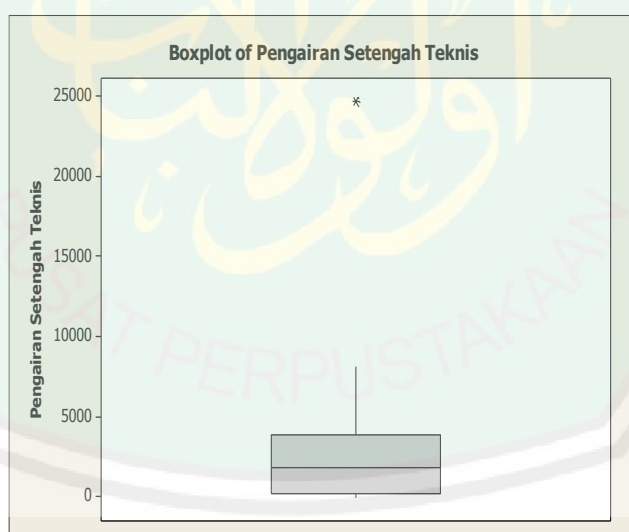
Gambar 4.9 *Boxplot* Variabel Produksi Padi

Dari gambar 4.9, dapat diketahui bahwa pada variabel produksi padi tidak terdapat *outlier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel produksi padi adalah: nilai median = 301.164, nilai Q1 = 125.231, nilai Q3 = 471.891. Sebaran data pada variabel produksi padi tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



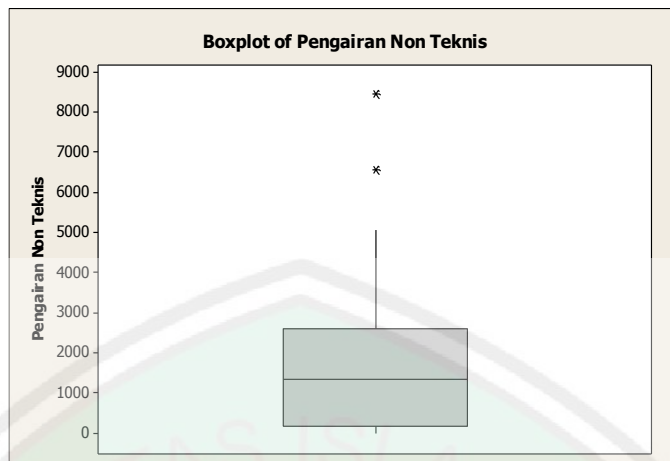
Gambar 4.10 *Boxplot* Variabel Pengairan Teknis (X_1)

Dari gambar 4.10, dapat diketahui bahwa pada variabel pengairan teknis terdapat *outlier*, tepatnya adalah satu *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel pengairan teknis adalah: nilai median = 15.593, nilai Q1 = 1.792, nilai Q3 = 27.226. Sebaran data pada variabel pengairan teknis tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



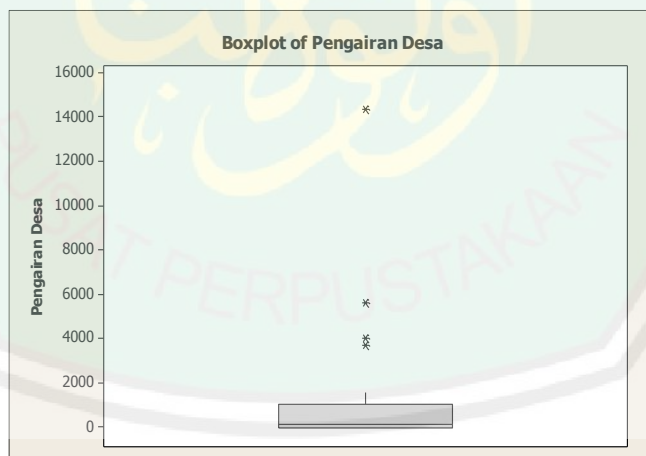
Gambar 4.11 *Boxplot* Variabel Pengairan Setengah Teknis (X_2)

Dari gambar 4.11, dapat diketahui bahwa pada variabel pengairan setengah teknis terdapat *outlier*, tepatnya adalah satu *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel pengairan setengah teknis adalah: nilai median = 1.839, nilai Q1 = 217, nilai Q3 = 3.883. Sebaran data pada variabel pengairan setengah teknis tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



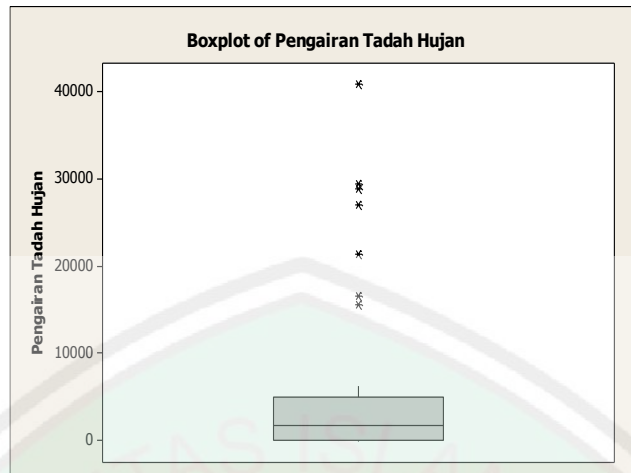
Gambar 4.12 *Boxplot* Variabel Pengairan Non Teknis (X_3)

Dari gambar 4.12, dapat diketahui bahwa pada variabel pengairan non teknis terdapat *outlier*, tepatnya adalah dua *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel pengairan non teknis adalah: nilai median = 1.346, nilai Q1 = 192, nilai Q3 = 2.608. Sebaran data pada variabel pengairan non teknis tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



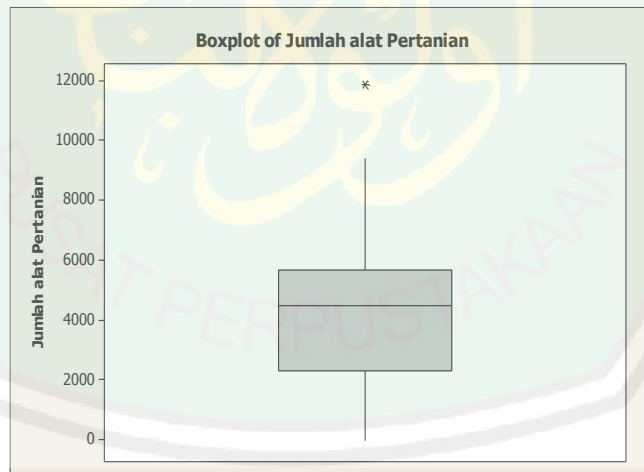
Gambar 4.13 *Boxplot* Variabel Pengairan Desa (X_4)

Dari gambar 4.13, dapat diketahui bahwa pada variabel pengairan desa terdapat *outlier*, tepatnya adalah empat *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel pengairan desa adalah: nilai median = 158, nilai Q1 = 0, nilai Q3 = 1.071. Sebaran data pada variabel pengairan desa tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



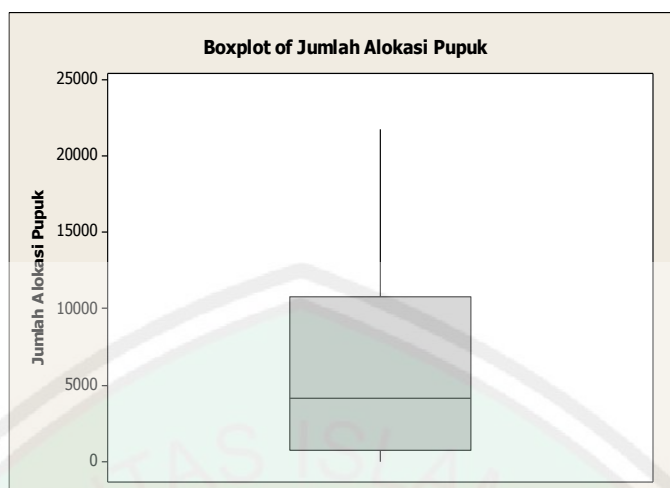
Gambar 4.14 *Boxplot* Variabel Pengairan Tadah Hujan (X_5)

Dari gambar 4.14, dapat diketahui bahwa pada variabel pengairan tadah hujan terdapat *outlier*, tepatnya adalah tujuh *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel pengairan tadah hujan adalah: nilai median = 1.742, nilai Q1 = 31,5, nilai Q3 = 5.008. Sebaran data pada variabel tadah hujan tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



Gambar 4.15 *Boxplot* Variabel Jumlah Alat Pertanian (X_6)

Dari gambar 4.15, dapat diketahui bahwa pada variabel alat pertanian terdapat *outlier*, tepatnya adalah satu *oulier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel alat pertanian adalah: nilai median = 4.508, nilai Q1 = 2.319, nilai Q3 = 5.685. Sebaran data pada variabel produksi padi tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).



Gambar 4.16 *Boxplot* Variabel Jumlah Alokasi Pupuk (X_7)

Dari gambar 4.16, dapat diketahui bahwa pada variabel jumlah alokasi pupuk tidak terdapat *outlier*. Nilai statistik pada badan *boxplot* variabel alokasi pupuk adalah: nilai median = 4.150, nilai Q1 = 796, nilai Q3 = 10.852. Sebaran data pada variabel produksi padi tidak simetris, tapi menjulur ke arah kanan (*positively skewness*).

Suatu data dikatakan *outlier* jika data tersebut bernilai kurang dari $1,5 \times$ IQR (*Inter Quartile Range*) terhadap kuartil 1, atau bernilai lebih dari $1,5 \times$ IQR (*Inter Quartile Range*) terhadap kuartil 3. Diperlukan perhitungan nilai kuartil 1, kuartil 3, dan IQR agar dapat mengidentifikasi *outlier* menggunakan *boxplot*. Adapun perhitungan dari nilai kuartil 1, kuartil 3, dan IQR adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perhitungan IQR

Variabel	Nilai Q1	Nilai Q3	Nilai IQR	Variabel	Nilai Q1	Nilai Q3	Nilai IQR
Y	125.231	471.891	346.660	X ₄	0	1.071	1.071
X ₁	1.792	27.226	25.434	X ₅	31,5	5.008	4.976
X ₂	217	3.883	3.666	X ₆	2.319	5.685	3.366
X ₃	192	2.608	2.416	X ₇	796	10.852	10.055

Berdasarkan Tabel 4.1, maka dapat diketahui bahwa lebih dari $3 \times$ IQR terhadap Q3, atau nilainya kurang dari $3 \times$ IQR terhadap Q1. Namun dapat diketahui jika terdapat data yang nilainya lebih dari $1,5 \times$ IQR terhadap Q3.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa titik yang terdapat di luar *boxplot* merupakan *outlier*. Kemudian untuk mengetahui data keberapa saja yang merupakan *outlier* dapat diketahui dengan menggunakan DfFITS.

4.2.2.2 DfFITS (*Difference fitted value FITS*)

Setelah diidentifikasi dengan menggunakan *boxplot*, langkah selanjutnya untuk mengetahui data keberapa saja yang merupakan *outlier* maka digunakan metode DfFITS. Data yang merupakan *outlier* merupakan data yang nilai mutlaknya DfFITS lebih besar dari $2\sqrt{\frac{p}{n}}$. Adapun nilai dari $2\sqrt{\frac{p}{n}}$ adalah sebagai berikut:

$$2\sqrt{\frac{p}{n}} = 2\sqrt{\frac{7}{38}} = 2\sqrt{0,18} = 0,85$$

Tabel 4.2 Nilai DfFITS (*Difference fitted value FITS*)

Data ke-	DfFITS	DfFITS	Ket.	Data ke-	DfFITS	DfFITS	Ket.
1	0,13063	0,13063	Bukan	20	-0,49875	0,49875	Bukan
2	-0,07365	0,07365	Bukan	21	0,66259	0,66259	Bukan
3	0,40513	0,40513	Bukan	22	2,19269	2,19269	<i>Outlier</i>
4	0,00108	0,00108	Bukan	23	0,34590	0,34590	Bukan
5	-0,11258	0,11258	Bukan	24	0,38382	0,38382	Bukan
6	-0,99691	0,99691	<i>Outlier</i>	25	-0,06504	0,06504	Bukan
7	-1,17742	1,17742	<i>Outlier</i>	26	-0,48600	0,48600	Bukan
8	0,24288	0,24288	Bukan	27	-0,10368	0,10368	Bukan
9	3,62213	3,62213	<i>Outlier</i>	28	0,34867	0,34867	Bukan
10	0,01466	0,01466	Bukan	29	-0,59959	0,59959	Bukan
11	-0,45612	0,45612	Bukan	30	-0,01447	0,01447	Bukan
12	-0,57250	0,57250	Bukan	31	-0,00409	0,00409	Bukan
13	-0,72394	0,72394	Bukan	32	-0,01972	0,01972	Bukan
14	1,15634	1,15634	<i>Outlier</i>	33	0,03466	0,03466	Bukan
15	-0,23998	0,23998	Bukan	34	0,02715	0,02715	Bukan
16	-0,20186	0,20186	Bukan	35	0,00484	0,00484	Bukan
17	1,62267	1,62267	<i>Outlier</i>	36	0,02601	0,02601	Bukan
18	0,12530	0,12530	Bukan	37	0,00781	0,00781	Bukan
19	0,50093	0,50093	Bukan	38	-0,06047	0,06047	Bukan

Berdasarkan nilai DfFITS pada tabel 4.2, dapat diketahui bahwa ada data yang nilainya lebih besar dari 0,858. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat *outlier* pada data ke-6, ke-7, ke-9, ke-14, ke-17, dan ke-22.

4.2.3 Uji Asumsi Data

4.2.3.1 Uji Multikolinieritas

Pedoman suatu model regresi bebas multikolinieritas adalah:

1. Mempunyai nilai VIF di sekitar angka 1 dan tidak melebihi 10.
2. Mempunyai angka toleransi mendekati 1, dimana toleransi = $\frac{1}{VIF}$.

Tabel 4.3 *Collinearity Statistik*

Variabel	Toleransi	VIF
X ₁	0,446	2,241
X ₂	0,233	4,287
X ₃	0,265	3,771
X ₄	0,278	3,593
X ₅	0,244	4,098
X ₆	0,347	2,883
X ₇	0,393	2,574

Dari tabel 4.3 di atas, dapat diketahui bahwa kisar nilai VIF dari masing-masing variabel masih berkisar antara 1 sampai dengan 10 dan nilai toleransi mendekati 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam model tidak terdapat masalah multikolinieritas.

4.2.3.2 Uji Autokorelasi

Salah satu cara untuk mengetahui ada tidaknya masalah autokorelasi dalam model regresi adalah dengan menggunakan Durbin Watson tes. Dengan menggunakan *software* SPSS.17 didapatkan nilai Durbin Watson sebesar 1,901. Nilai Durbin Watson tersebut dekat dengan 2, maka dapat disimpulkan bahwa model regresi tersebut tidak ada masalah autokorelasi.

4.2.3.3 Uji Heteroskedastisitas

Uji asumsi ini bertujuan untuk mengetahui apakah dalam sebuah model regresi terjadi ketidaksamaan variansi dari *residual* antara satu pengamatan ke pengamatan lain. Jika variansi dari *residual* antara satu pengamatan ke pengamatan lain berbeda maka disebut heteroskedastisitas. Uji yang digunakan adalah uji korelasi Rank Spearman, yakni mengkorelasikan antara *absolute residual* hasil regresi dengan semua variabel bebas. Bila signifikansi hasil korelasi lebih kecil dari 0,05 maka persamaan regresi tersebut mengandung heteroskedastisitas. Dengan menggunakan *software* SPSS.17, hasil uji heteroskedastisitas ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Korelasi

Variabel	Koefisien korelasi	Signifikansi	Keterangan
X ₁	0,576	0,000	Heteroskedastisitas
X ₂	0,393	0,015	Heteroskedastisitas
X ₃	0,376	0,020	Heteroskedastisitas
X ₄	0,305	0,063	Homoskedastisitas
X ₅	0,341	0,036	Heteroskedastisitas
X ₆	0,439	0,006	Heteroskedastisitas
X ₇	0,417	0,009	Heteroskedastisitas

Dari tabel 4.4, dapat diketahui bahwa nilai signifikansinya kurang dari 0,05, dan hanya pada X₄ nilai signifikansinya lebih dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada model regresi tersebut mengandung heteroskedastisitas

4.2.3.4 Uji Normalitas

Metode yang digunakan untuk menguji normalitas adalah dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Jika nilai signifikansi dari hasil uji Kolmogorov-Smirnov lebih besar dari 0,05, maka asumsi normalitas terpenuhi.

Dengan menggunakan *software* SPSS.17 didapatkan nilai signifikansinya adalah 0,496. Sehingga dapat disimpulkan bahwa residual model regresi berdistribusi normal.

4.2.3.5 Uji Linieritas

Pengujian linieritas ini dilakukan untuk mengetahui bahwa model yang dibuktikan merupakan model linier atau tidak. Uji linieritas ini dilakukan dengan kurva estimasi, yakni penggambaran hubungan linier variabel X dengan variabel Y. Jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka variabel X tersebut memiliki hubungan linier terhadap Y. Dengan menggunakan *software* SPSS.17 didapatkan nilai signifikansinya adalah pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Linieritas

Variabel	Signifikansi
X ₁	0,000
X ₂	0,000
X ₃	0,000
X ₄	0,019
X ₅	0,006
X ₆	0,000
X ₇	0,000

Dari tabel 4.5, dapat diketahui bahwa nilai signifikansinya kurang dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa modelnya merupakan model yang linier.

4.2.4 Analisis Data

4.2.4.1 Model GWR

Langkah awal dalam pembentukan model GWR adalah dengan menentukan letak lokasi pengamatan yakni letak geografis tiap kabupaten dan kota yang ada di Jawa Timur. Kemudian dicari *bandwidth optimum* berdasarkan koordinat dari lokasi pengamatan dengan prosedur *cross validation* (CV). Setelah didapatkan *bandwidth optimum*, maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan

matriks pembobot. Dari hasil analisis menggunakan *software* GWR4, maka didapatkan model terbaik untuk penentuan jumlah hasil produksi Jawa Timur Tahun 2012. Adapun jenis pembobot yang digunakan adalah jenis pembobot adaptif *bisquare* dengan *bandwidth optimum* sebesar 38 dan CV sebesar 22912926570,7309.

Dengan menggunakan bantuan *software* GWR4 maka didapatkan hasil estimasi parameter model GWR. Adapun hasilnya tersaji dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.6 Hasil Estimasi Parameter Model GWR

Variabel	Estimate	Standard Error	t (Est/SE)
Intercept	329142,686652	15869,742638	20,740266
X ₁	172041,935483	23501,753663	7,320387
X ₂	65526,187967	32517,329806	2,015116
X ₃	-12889,606223	30129,613489	-0,427805
X ₄	250,784384	30191,225455	0,008307
X ₅	101569,537939	31944,175366	3,179595
X ₆	24700,222843	25855,900169	0,955303
X ₇	15003,672419	24586,415763	0,610240

Dari Tabel 4.6 didapatkan model GWR untuk kasus potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012 adalah:

$$y_i = 329142,686652 + 172041,935483X_{i1} + 65526,187967X_{i2} - 12889,606223X_{i3} + 250,784384 X_{i4} + 101569,537939 X_{i5} + 24700,222843X_{i6} + 15003,672419X_{i7}$$

Selain itu dengan melihat tabel 4.6 di atas, maka dapat diketahui parameter mana saja yang berpengaruh terhadap model regresi global. Dengan α sebesar 10%, sehingga akan dibandingkan t-hitung dengan t-tabel dan didapatkan hasil terdapat tiga parameter yang berpengaruh terhadap model regresi global, yakni parameter sistem pengairan teknis (X₁), parameter sistem pengairan setengah teknis (X₂), dan parameter sistem pengairan tadah hujan (X₅).

Pengujian parameter model secara parsial pada setiap lokasi pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Uji Parsial Variabel Prediktor Global Model GWR dengan Pembobot Adaptif *Bisquare*

Variable	F	DOF for	F test	DIFF of Criterion
Intercept	1,136109	0,278	27,572	0,750355
X ₁	4,372303	0,106	27,572	-0,179920
X ₂	1,670757	0,133	27,572	0,263310
X ₃	-20,814457	-0,034	27,572	-1,101479
X ₄	5,774822	0,037	27,572	-0,135576
X ₅	3,601157	0,065	27,572	-0,042191
X ₆	2,320116	0,098	27,572	0,108179
X ₇	3,168330	0,073	27,572	-0,004400

Untuk melihat variabel prediktor mana saja yang berpengaruh berbeda pada setiap lokasi pengamatan, maka dapat dilakukan dengan uji parsial pengaruh faktor geografis untuk setiap variabel prediktor. Dari tabel 4.7 di atas, yakni dengan menggunakan signifikansi α sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel yang berpengaruh secara lokal adalah variabel sistem pengairan teknis (X₁), sistem pengairan non teknis (X₃), sistem pengairan desa (X₄), sistem pengairan tadah hujan (X₅), dan variabel jumlah pupuk alokasi (X₇).

4.2.4.2 Model Robust GWR

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan model GWR, maka selanjutnya akan dilakukan analisis dengan menggunakan model Robust GWR. Dalam analisis menggunakan model GWR didapatkan $\beta(u_i, v_i)$ awal, yang kemudian dapat dihasilkan $\beta(u_i, v_i)$ dengan model Robust GWR. Dengan menggunakan *software* MATLAB.7.10.0 (R2010a) maka didapatkan estimasi parameter untuk model Robust GWR global adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Estimasi Parameter Model Robust GWR dengan Metode Robust M

Variabel	Estimate	Variabel	Estimate
Intercept	135,304648	X ₄	0,843898
X ₁	9,262828	X ₅	9,485735
X ₂	16,047142	X ₆	10,145754
X ₃	-7,352155	X ₇	2,664472

Dari tabel 4.8 tersebut maka didapatkan model Robust GWR global untuk kasus potensi pertanian padi Jawa Timur tahun 2012, yakni:

$$y_i = 135,304648 + 9,262828X_{i1} + 16,0471427X_{i2} - 7,352155X_{i3} + 0,843898X_{i4} + 9,485735X_{i5} + 10,145754X_{i6} + 2,664472X_{i7}$$

Setelah didapatkan estimasi parameternya, maka perlu dilakukan pengujian, yakni uji serentak dan uji parsial variabel prediktor dari model Robust GWR global. Pengujian serentak dilakukan dengan menggunakan uji F dan pengujian secara parsial dilakukan dengan menggunakan uji t.

Pengujian variabel prediktor secara serentak dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

H₀: Tidak ada pengaruh signifikan dari variabel prediktor X, antara satu lokasi ke lokasi lainnya.

H₁: ada pengaruh signifikan dari variabel prediktor X, antara satu lokasi ke lokasi lainnya.

Dengan menggunakan *software* MATLAB.7.10.0 (R2010a) maka didapatkan nilai F hitung sebesar 4,4603 dan nilai *P-value* sebesar 0,0069. Dengan melihat tabel F maka didapatkan nilai F-tabel sebesar 4.17. Jika dibandingkan menjadi F-hitung > F-tabel, dan dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka didapatkan *P-value* < α . Berdasarkan perbandingan tersebut maka didapatkan keputusan menolak H₀. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua variabel prediktor, yakni sistem pengairan teknis (X₁), sistem pengairan setengah teknis (X₂), sistem pengairan

non teknis (X_3), sistem pengairan desa (X_4), dan sistem pengairan tadah hujan (X_5), jumlah alat pertanian (X_6), dan jumlah alokasi pupuk (X_7) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, yakni produksi padi (y).

Tabel 4.9 Uji Parsial Model Robust GWR Global

Variabel	$ t - hitung $	t-tabel	P-Value	α	Ket.
Intercept	0,0045	1,533	0,4982	0,1	tidak
X_1	6,7688	1,533	0,0000	0,1	signifikan
X_2	2,0728	1,533	0,0234	0,1	signifikan
X_3	0,4703	1,533	0,3208	0,1	tidak
X_4	0,0693	1,533	0,4726	0,1	tidak
X_5	2,9489	1,533	0,0031	0,1	signifikan
X_6	1,0829	1,533	0,1437	0,1	tidak
X_7	0,6073	1,533	0,2528	0,1	tidak

Dari Tabel 4.9 di atas dapat diketahui bahwa untuk uji parsial model Robust GWR global, terdapat tiga variabel yang signifikan terhadap variabel respon (produksi padi), yakni variabel sistem pengairan teknis (X_1), variabel sistem pengairan setengah teknis (X_2), dan variabel sistem pengairan tadah hujan (X_5). Selain itu, dari model Robust GWR global yang terbentuk, maka dapat diketahui:

1. Setiap bertambah 1% luas lahan pertanian yang menggunakan sistem pengairan teknis, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 9,262%.
2. Setiap bertambah 1% luas lahan pertanian yang menggunakan sistem pengairan setengah teknis, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 16,04%.
3. Setiap bertambah 1% luas lahan pertanian yang menggunakan sistem pengairan non teknis, maka akan menurunkan hasil produksi padi sebesar 7,35%.
4. Setiap bertambah 1% luas lahan pertanian yang menggunakan sistem pengairan desa, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 0,84%.

5. Setiap bertambah 1% luas lahan pertanian yang menggunakan sistem pengairan tadah hujan, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 9,48%.
6. Setiap bertambah 1% jumlah alat pertanian, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 10,14%.
7. Setiap bertambah 1% jumlah pupuk alokasi, maka akan menambah jumlah produksi padi sebesar 2,66%.

Setelah didapatkan model Robust GWR secara global, maka selanjutnya akan dicari pengaruh setiap variabel secara lokal di setiap kabupaten/kota.

Tabel 4.10 Variabel yang Signifikan di Setiap Kabupaten/Kota

Kabupaten/Kota	Variabel signifikan	Ket.
Kab. Ponorogo, Kab. Trenggalek, Kab. Lumajang, Kab. Situbondo, Kab. Pasuruan, Kab. Mojokerto, Kab. Jombang, Kab. Madiun, Kab. Magetan, Kab. Ngawi, Kab. Bojonegoro, Kab. Tuban, Kab. Lamongan, Kab. Gresik, Kab. Bangkalan, Kab. Sampang, Kab. Pamekasan, Kab. Sumenep, kota Kediri, kota Blitar, kota Pasuruan, kota Mojokerto, kota Madiun, dan kota Surabaya	Tidak ada	Kelompok 1
Kab. Kediri dan Kab. Probolinggo	X ₁	Kelompok 2
Kab. Nganjuk, Kab. Bondowoso	X ₂	Kelompok 3
Kab. Jember	X ₃	Kelompok 4
Kab. Pacitan	X ₅	Kelompok 5
Kab. Blitar, Kab. Malang, Kab. Banyuwangi, Kab. Sidoarjo, dan kota Malang	X ₇	Kelompok 6
Kab. Tulungagung, kota Probolinggo, dan kota Batu	X ₁ , X ₇	Kelompok 7

Dengan menggunakan α sebesar 10%, kabupaten/kota di wilayah propinsi Jawa Timur dikelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan dalam

mempengaruhi jumlah produksi padi yang ditunjukkan pada tabel 4.10. Dari tabel 4.10 juga dapat diketahui bahwa terdapat 7 kelompok kabupaten/kota berdasarkan variabel yang berpengaruh pada tiap kabupaten/kota.

Pada kelompok pertama terdiri dari 25 wilayah, yakni kabupaten Ponorogo, kabupaten Trenggalek, kabupaten Lumajang, kabupaten Situbondo, kabupaten Pasuruan, kabupaten Mojokerto, kabupaten Jombang, kabupaten Madiun, kabupaten Magetan, kabupaten Ngawi, kabupaten Bojonegoro, kabupaten Tuban, kabupaten Lamongan, kabupaten Gresik, kabupaten Bangkalan, kabupaten Sampang, kabupaten Pamekasan, kabupaten Sumenep, kota Kediri, kota Blitar, kota Pasuruan, kota Mojokerto, kota Madiun, dan kota Surabaya. Dalam kelompok 1 ini, tidak terdapat variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Salah satu model Robust GWR untuk kelompok 1 ini adalah model Robust GWR dari kabupaten Gresik, yaitu:

$$y_i = -933,6002 + 3,5744 X_{i2} + 0,8919 X_{i4} - 0,01240.4 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Gresik.

Kemudian pada kelompok 2 yang terdiri dari 2 wilayah, yakni kabupaten Kediri dan kabupaten Probolinggo. Dalam kelompok 2 ini variabel sistem pengairan teknis (X_1) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Salah satu model Robust GWR untuk kelompok 2 ini adalah model Robust GWR dari kabupaten Kediri yang antara lain adalah:

$$y_i = 322,4209 + 0,4827 X_{i1} - 7,852 X_{i5} + 0,04503 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel sistem pengairan teknis (X_1) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Kediri.

Pada kelompok 3 yang juga terdiri dari 2 wilayah, yakni kabupaten Nganjuk dan kabupaten Bondowoso. Dalam kelompok 3 ini variabel sistem pengairan setengah teknis (X_2) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Salah satu model Robust GWR untuk kelompok 3 ini adalah model Robust GWR dari kabupaten Nganjuk, yaitu:

$$y_i = -1861,7 + 5,6 X_{i2} - 9,6 X_{i4} + 0,2 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel sistem pengairan setengah teknis (X_2) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Nganjuk.

Kemudian pada kelompok 4 yang hanya terdiri dari 1 wilayah, yakni kabupaten Jember. Di wilayah kabupaten Jember ini yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi adalah variabel sistem pengairan nonteknis. Adapun model Robust GWR untuk kabupaten Jember adalah:

$$y_i = -677,8426 + 9,5605 X_{i3} - 57,804 X_{i5} - 0,1045 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel sistem pengairan nonteknis (X_3) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Jember.

Begitu juga dengan kelompok 5 yang hanya terdiri dari 1 wilayah, yakni kabupaten Pacitan. Di wilayah kabupaten Pacitan ini yang berpengaruh signifikan

terhadap jumlah produksi padi adalah variabel sistem pengairan tadah hujan.

Adapun model Robust GWR untuk kabupaten Pacitan adalah:

$$y_i = 985,6873 + 1,2677 X_{i2} + 1,236 X_{i5} - 0,0982 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel sistem pengairan tadah hujan (X_5) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Pacitan.

Sedangkan untuk kelompok 6 terdiri dari 5 wilayah, yakni kabupaten Blitar, kabupaten Malang, kabupaten Banyuwangi, kabupaten Sidoarjo, dan kota Malang. Dalam kelompok 6 ini variabel jumlah alokasi pupuk (X_7) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Salah satu model Robust GWR untuk kelompok 6 ini adalah model Robust GWR dari kabupaten Malang yang antara lain adalah:

$$y_i = 5228,3 + 0,6 X_{i1} + 8,6 X_{i5} - 0,5 X_{i7}$$

dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel jumlah alokasi pupuk (X_7) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Malang.

Untuk kelompok 7 yang terdiri 3 wilayah, yakni kabupaten Tulungagung, kota Probolinggo, dan kota Batu. Dalam kelompok 7 ini variabel sistem pengairan teknis (X_1) dan variabel jumlah alokasi pupuk (X_7) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Salah satu model Robust GWR untuk kelompok 7 ini adalah model Robust GWR dari kabupaten Tulungagung yang antara lain adalah:

$$y_i = 2564,5 + 0,5 X_{i1} + 0,98 X_{i5} - 0,6 X_{i7}$$

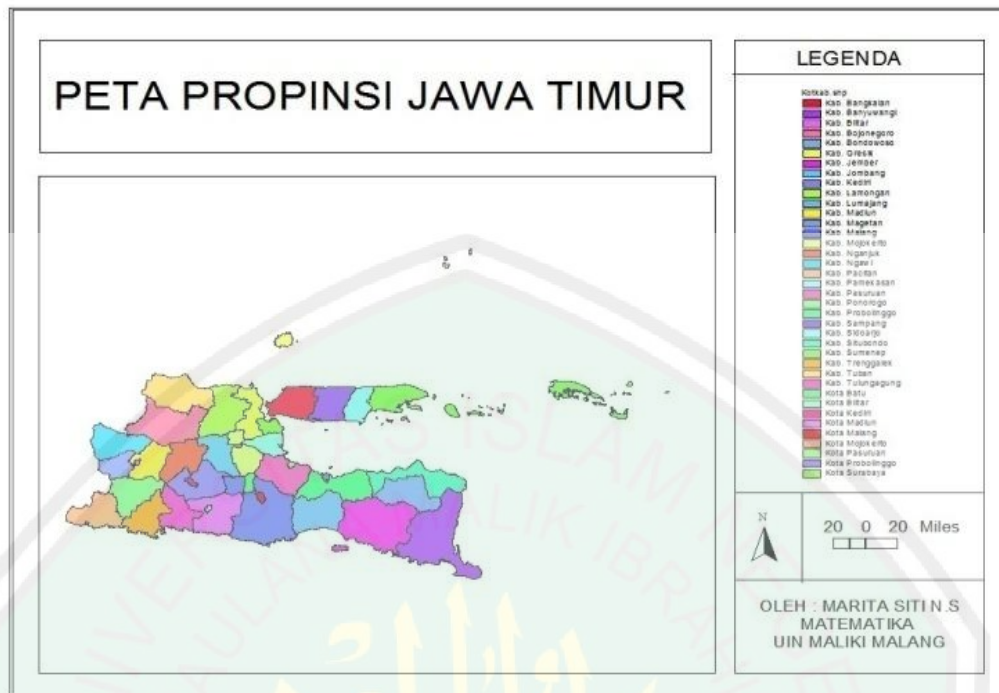
dari model yang terbentuk tersebut, maka dilakukan analisis yang hasilnya adalah variabel sistem pengairan teknis (X_1) dan variabel jumlah alokasi pupuk (X_7) merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di wilayah kabupaten Tulungagung.

4.2.4.3 Perbandingan Model GWR dan Model Robust GWR

Perbandingan model GWR dan model Robust GWR dilakukan dengan menggunakan nilai AIC. Nilai AIC ini guna mengetahui model mana yang lebih baik diterapkan untuk menggambarkan potensi pertanian padi di Jawa Timur. Adapun nilai AIC dari model GWR adalah 992,273528 dan AIC dari model Robust GWR adalah 980,64621034. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa model Robust GWR lebih baik digunakan untuk menggambarkan potensi pertanian padi Jawa Timur. Hal ini dikarenakan Model Robust GWR memiliki nilai AIC yang lebih kecil dibanding dengan model GWR.

4.2.5 Output Peta

Kemudian dengan menggunakan *software* ArcView GIS 3.3 maka hasil perhitungan dapat dibuat bentuk visualnya berupa peta tematik. Gambar 4.17 merupakan peta propinsi Jawa Timur secara umum. Dimana warna-warna yang tersaji menunjukkan nama kabupaten dan kotamadya yang ada di Jawa Timur. Dari peta tersebut juga dapat diketahui bahwa wilayah propinsi Jawa Timur dibagi menjadi 31 wilayah kabupaten dan 9 wilayah kotamadya.

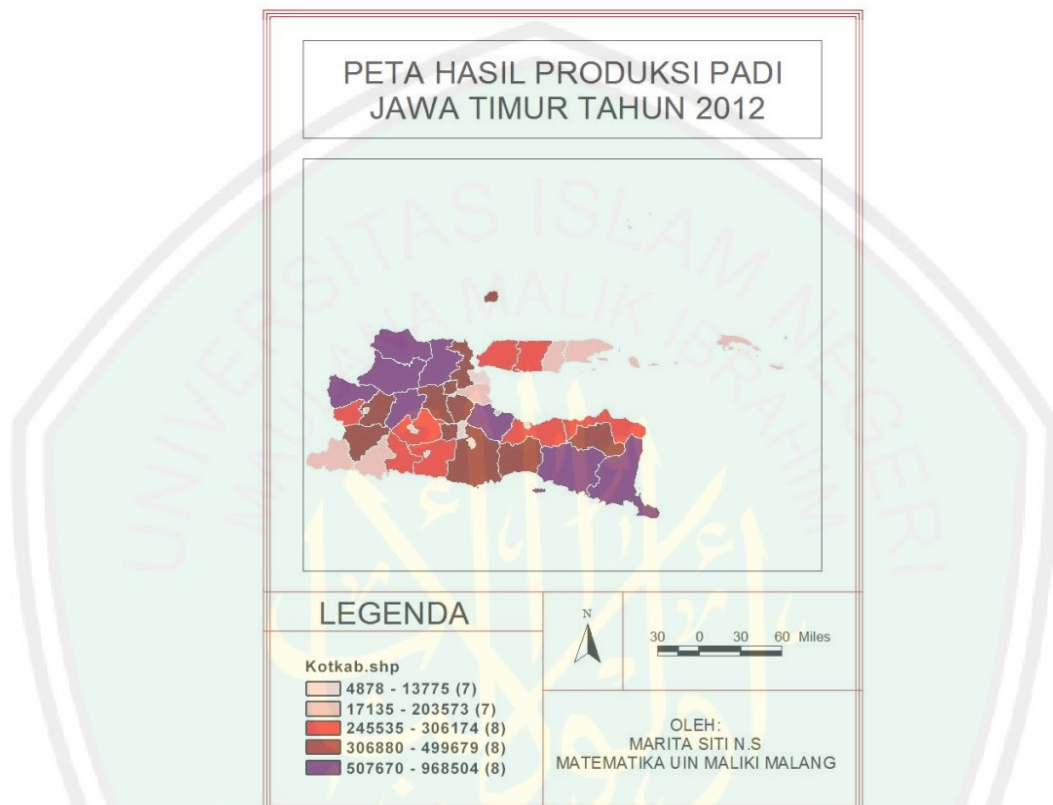


Gambar 4.17 Peta Propinsi Jawa Timur

Pada gambar 4.18 merupakan peta yang menunjukkan hasil produksi padi di wilayah propinsi Jawa Timur pada tahun 2012. Dari peta tersebut dapat dilihat 5 klasifikasi warna peta. Dimana setiap warna menggambarkan berapa banyak hasil produksi yang dihasilkan di wilayah kabupaten dan kotamadya di Jawa Timur. Dimulai dari warna merah muda terang yang menggambarkan jumlah hasil produksi padi paling sedikit. Semakin gelap warna peta, maka semakin banyak pula jumlah hasil produksi.

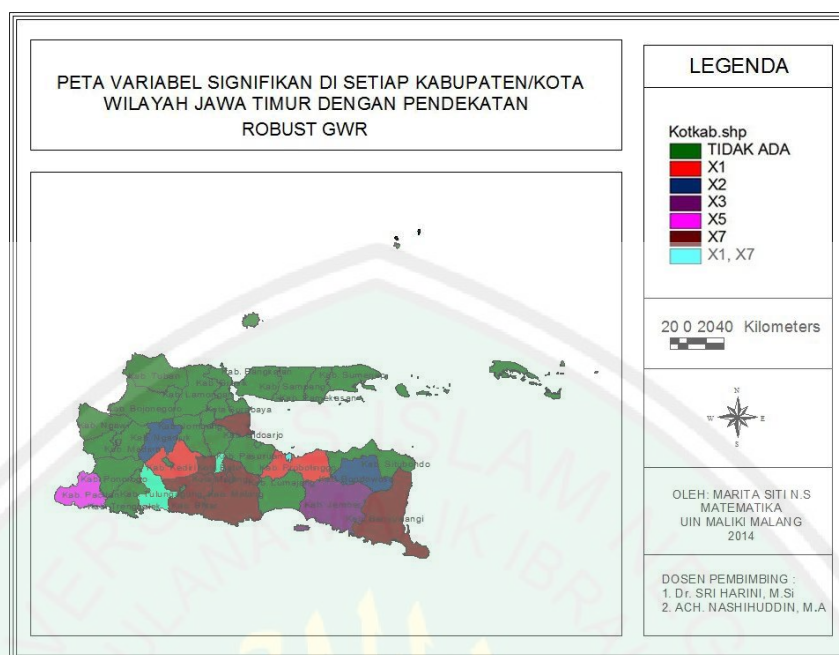
Untuk warna merah muda terang terdapat 7 wilayah, yakni wilayah kota Batu, kota Mojokerto, kota Blitar, kota Malang, kota Probolinggo, dan kota Surabaya. Warna merah muda gelap terbagi dalam 7 wilayah juga, yakni wilayah kota Madiun, kota pasuruan, kabupaten Sumenep, kabupaten Trenggalek, kabupaten Pacitan, kabupaten Pamekasan, dan kabupaten Sidoarjo. Sedangkan untuk warna merah terbagi dalam 8 wilayah yang antara lain, wilayah kabupaten

Sampang, kabupaten Bangkalan, kabupaten Situbondo, kabupaten Magetan, kabupaten Tulungagung, kabupaten Probolinggo, kabupaten Blitar, dan kabupaten Kediri.



Gambar 4.18 Peta Hasil Produksi Padi Jawa Timur Tahun 2012

Untuk warna merah hati mencakup 8 wilayah, yakni kabupaten Mojokerto, kabupaten Bondowoso, kabupaten Gresik, kabupaten Ponorogo, kabupaten Lumajang, kabupaten Malang, kabupaten Jombang, dan kabupaten Madiun. Serta warna ungu yang mewakili wilayah dengan dengan hasil produksi paling banyak. Wilayah ini antara lain kabupaten Nganjuk, kabupaten Pasuruan, kabupaten Tuban, kabupaten Ngawi, kabupaten Banyuwangi, kabupaten Bojonegoro, kabupaten Lamongan, dan kabupaten Jember.

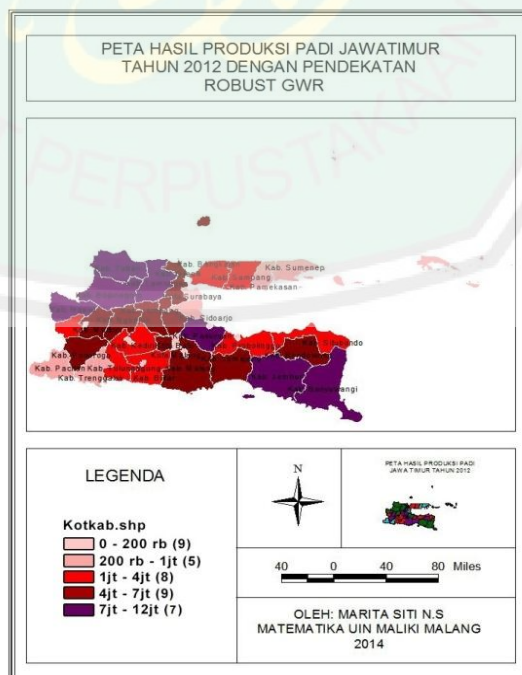


Gambar 4.19 Peta Variabel Signifikan di Setiap Kabupaten/Kota dengan Pendekatan Robust GWR

Peta di atas merupakan peta yang menunjukkan variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi di setiap kabupaten/kota. Dari peta tersebut dapat dilihat 7 klasifikasi warna peta. Dimana setiap warna menggambarkan variabel prediktor mana saja yang berpengaruh signifikan di wilayah kabupaten dan kotamadya di Jawa Timur. Dimulai dari warna hijau (25 wilayah) yang mewakili tidak ada variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Warna merah (2 wilayah) mewakili variabel sistem pengairan teknis (X_1) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Warna biru tua (2 wilayah) mewakili variabel sistem pengairan setengah teknis (X_2) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Warna ungu (1 wilayah) mewakili variabel sistem pengairan nonteknis (X_3) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Kemudian warna pink (1 wilayah) mewakili variabel sistem pengairan tadah hujan (X_5) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Warna coklat (5 wilayah) mewakili variabel

sistem jumlah alokasi pupuk (X_7) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi. Sedangkan warna biru muda (3 wilayah) mewakili variabel sistem pengairan teknis (X_1) dan variabel sistem jumlah alokasi pupuk (X_7) berpengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi.

Perbedaan dari peta pada gambar 4.18 antara lain adalah jumlah wilayah yang diwakili oleh tiap warna. Hal ini terjadi karena adanya pendekatan Robust GWR dalam data. Hasil produksi padi dengan pendekatan Robust GWR ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdiri dari faktor geografis, yakni letak *longitude* dan *latitude*, faktor sistem pengairan, yakni sistem pengairan teknis, setengah teknis, non teknis, desa, dan sistem pengairan tadah hujan, faktor jumlah alat pertanian yang tersedia, dan faktor jumlah alokasi pupuk yang diterima oleh para petani. Selain itu pada pendekatan ini nilai *outlier* juga diperhitungkan. *Outlier* ini dipandang memberikan efek/dampak pada jumlah hasil produksi padi dengan pendekatan Robust GWR.



Gambar 4.20 Peta Hasil Produksi Padi Jawa Timur dengan Pendekatan Robust GWR

Sedangkan gambar 4.20 merupakan peta hasil produksi padi di wilayah propinsi Jawa Timur dengan perlakuan yang berbeda, yakni dengan pendekatan Robust GWR. Klasifikasi warna sama dengan peta pada gambar 4.18, yakni warna yang terang menunjukkan wilayah dengan hasil produksi padi paling sedikit. Semakin gelap warna yang ada akan menggambarkan semakin banyak hasil produksi padi yang dihasilkan.

Pada peta tersebut didapatkan perubahan jumlah wilayah yang diwakili oleh setiap warna. Warna merah muda terang dari 7 wilayah menjadi 9 wilayah, warna merah muda gelap dari 7 wilayah menjadi 5 wilayah, warna merah tetap terdiri dari 8 wilayah, warna merah hati dari 8 wilayah menjadi 9 wilayah, dan warna ungu dari 8 wilayah menjadi 7 wilayah. Untuk warna merah muda terang terbagi menjadi 9 wilayah yang terdiri dari wilayah kota Batu, kota Mojokerto, kota Blitar, kota Malang, kota Probolinggo, kota Surabaya, kota Madiun, dan kota pasuruan. Warna merah muda gelap terdiri dari kabupaten Sumenep, kabupaten Trenggalek, kabupaten Pacitan, kabupaten Pamekasan, dan kabupaten Sidoarjo. Warna merah terdiri dari kabupaten Sampang, kabupaten Bangkalan, kabupaten Situbondo, kabupaten Magetan, kabupaten Tulungagung, kabupaten Probolinggo, kabupaten Blitar, dan kabupaten Kediri. Warna merah hati terdiri dari kabupaten Mojokerto, kabupaten Bondowoso, kabupaten Gresik, kabupaten Ponorogo, kabupaten Lumajang, kabupaten Malang, kabupaten Jombang, kabupaten Madiun, dan kabupaten Nganjuk. Warna ungu terdiri dari wilayah kabupaten Pasuruan, kabupaten Tuban, kabupaten Ngawi, kabupaten Banyuwangi, kabupaten Bojonegoro, kabupaten Lamongan, dan kabupaten Jember.

Dari peta tersebut juga dapat diketahui bahwa semua wilayah kotamadya di propinsi Jawa Timur tidak berpotensi dalam menghasilkan padi. Hal ini dikarenakan di wilayah perkotaan lahan untuk menanam padi sangatlah minim, sehingga wilayah perkotaan ini akan lebih baik dioptimalisasikan di bidang lain guna peningkatan pendapatan dan perkembangan wilayah propinsi Jawa Timur. Sedangkan untuk wilayah yang berada di kawasan pulau Madura termasuk dalam wilayah yang kurang dan cukup berpotensi untuk produksi padi, namun untuk komoditas lain pulau Madura sangat berpotensi, seperti pada komoditas jagung. Hal ini dikarenakan letak dan cuaca serta kondisi wilayah di pulau Madura yang panas. Sedangkan untuk lumbung padi di wilayah Jawa Timur terdapat di kabupaten Pasuruan, kabupaten Tuban, kabupaten Ngawi, kabupaten Banyuwangi, kabupaten Bojonegoro, kabupaten Lamongan, dan kabupaten Jember. Hasil produksi dari kelima wilayah tersebut memberikan kontribusi yang besar, sehingga hasil produksi padi di wilayah Jawa Timur ini *surplus* dan wilayah Jawa Timur ini menjadi salah satu lumbung padi nasional.

4.3 Kajian Pemetaan Potensi Pertanian Menurut Pandangan Islam

Seperti yang telah dapat jelaskan pada bab sebelumnya, maka diketahui bahwa dalam Al-Qur'an ada estimasi (pendugaan). Dalam hal ini estimasi digunakan untuk memetakan potensi pertanian padi di wilayah propinsi Jawa Timur. Setelah dilakukan analisis data dengan menggunakan model Robust GWR didapatkan 7 kelompok variabel yang signifikan, yang kemudian dipetakan dengan warna-warna yang berbeda. Masing-masing warna mewakili variabel prediktor mana saja yang berpengaruh terhadap produksi padi.

Dalam Al-Qur'an Surat Yunus ayat 24 disebutkan:

إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ
مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ حَتَّى إِذَا أَخَذَتِ الْأَرْضُ زُخْرُفَهَا وَازَّيَّنَتْ وَظَنَّ
أَهْلُهَا أَنَّهُمْ قَادِرُونَ عَلَيْهَا أَتْنَاهَا أَمْرًا لَيْلًا أَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنَاهَا حَصِيدًا كَأَن لَّمْ
تَغْنَبِ بِالْأَمْسِ كَذَلِكَ نُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٢٤﴾

Artinya: “*Sesungguhnya perumpamaan kehidupan duniawi itu, adalah seperti air (hujan) yang Kami turunkan dan langit, lalu tumbuhlah dengan subur karena air itu tanam-tanaman bumi, di antaranya ada yang dimakan manusia dan binatang ternak. Hingga apabila bumi itu telah sempurna keindahannya, dan memakai (pula) perhiasannya dan pemilik-permiliknya mengira bahwa mereka pasti menguasainya tiba-tiba datanglah kepadanya azab Kami di waktu malam atau siang, lalu Kami jadikan (tanam-tanamannya) laksana tanam-tanaman yang sudah disabit, seakan-akan belum pernah tumbuh kemarin. Demikianlah Kami menjelaskan tanda-tanda kekuasaan (Kami) kepada orang-orang berfikir.*”

Tidak akan ada penjelasan yang lebih baik dan lebih terang dari penjelasan pada ayat ini yang menerangkan tentang masa depan dari umat manusia di bumi. Ayat ini menduga lebih dahulu sesuatu yang akan terjadi pada bumi dimasa yang akan datang. Ayat Al-Qur'an ini memberikan gambaran tentang kekuatan ilmu pengetahuan yang luar biasa, tentang apa yang digunakan manusia untuk menguasai bumi.

Kitab suci Al-Qur'an adalah penduga yang cermat. Manusia sekarang benar-benar telah memperoleh pengetahuan dan telah memegang kendali di bumi. Ayat yang diungkapkan empat belas abad silam mengatakan waktunya malam dan siang. Pernyataan ini sungguh hebat dan sangat cermat. Diketahui, bahwa bila malam hari di satu belahan bumi, maka dibelahan bumi lainnya adalah siang hari. Ini berarti bahwa suatu peristiwa mungkin terjadi saat tertentu, yang bertepatan

dengan malam bila dihubungkan dengan belahan bumi yang lain. Ini merupakan fakta ilmiah yang tidak dapat ditolak serta tidak mungkin menjadi bahan perselisihan pendapat. Sesungguhnya ini merupakan suatu karya dengan uraian cermat yang sesuai dengan hasil ilmu pengetahuan (El-Fandy, 2004).

Dalam tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur disebutkan bahwa ayat tersebut juga menjelaskan sifat hidup manusia di dunia ini bagaikan sifat air hujan yang turun dari langit lalu menumbuhkan tanaman yang terdiri dari berbagai jenis, warna, dan rasa yang dapat dijadikan makanan bagi manusia dan binatang. Sehingga apabila bumi ini ditutupi oleh hijaunya tumbuh-tumbuhan dan telah dihiasi oleh buah-buahan, dan penghuninya menduga dapat memanfaatkan sesuai yang mereka kehendaki, baik itu dimakan, disimpan, ataupun untuk kepentingan yang lainnya. Dalam keadaan tersebut maka mereka merasa bangga dengan tanaman-tanamannya, tiba-tiba muncul suatu bencana, sehingga dalam waktu yang singkat dan tidak mereka duga, maka seluruh tanaman yang menghijaukan bumi akan musnah.

Berdasarkan uraian tersebut, maka usaha manusia dalam mengetahui seberapa banyak potensi pertanian yang ada di muka bumi ini sangat diperlukan. Hal tersebut dikarenakan manusia setidaknya dapat menjaga dan melestarikan tumbuhan padi yang ada. Bagaimanapun padi merupakan salah satu makanan pokok manusia. Hasil produksi padi dapat mencukupi konsumsi dan optimalisasi wilayah yang berpotensi sebagai lumbung padi dapat dilakukan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan:

1. Estimasi parameter Robust GWR dengan metode Robust M adalah sebagai

$$\text{berikut: } \hat{\beta}(u_i, v_i)^{m+1} = (X_i^T W_i^m X_i)^{-1} X_i^T W_i^m y_i^*$$

dengan W_i adalah matrik pembobot yang berukuran $n \times n$ dengan elemen-elemen diagonal yang berisi pembobot $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$.

2. Model Robust GWR global untuk kasus potensi pertanian padi di Jawa Timur tahun 2012 adalah

$$y_i = 135,304648 + 9,262828X_{i1} + 16,0471427X_{i2} - 7,352155X_{i3} + 0,843898X_{i4} + 9,485735X_{i5} + 10,145754X_{i6} + 2,664472X_{i7}$$

Berdasarkan model tersebut, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi padi Jawa Timur tahun 2012 adalah variabel sistem pengairan teknis (X_1), variabel sistem pengairan setengah teknis (X_2) dan variabel sistem pengairan tadah hujan (X_5).

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih perlu dikembangkan, metode lain juga harus digunakan, sehingga kasus *outlier* pada GWR dapat diselesaikan secara lebih baik.

2. Perlu adanya penambahan variabel lain untuk mengetahui potensi pertanian padi di wilayah propinsi Jawa Timur.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Abdussakir. 2007. *Ketika Kyai Mengajar Matematika*. Malang: UIN-Malang press.
- Al-Maragi, ahmad mustafa, 1993. *Tafsir Al-Maragi*. Semarang: Thoha Putra Semarang.
- Anonimous. 2012a. *Indikator Pertanian Jawa Timur Tahun 2012*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Propinsi Jawa Timur.
- Anonimous. 2012b. *Propinsi Jawa Timur dalam Angka*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Propinsi Jawa Timur.
- Ash-Shiddieqy, muhammad hasbi, 2000. *Tafsir Al-Quranul Majid An-Nuur*. Semarang: Pustaka Rizki Putra.
- Bitter, C., Mullin, G., dan Dall'erba, S., 2007. Incorporating Spasial Variation in Housing Atribute Prices. A comparition Of Geographically Weighted Regression And The Spatial Expantion Method. mpra.ub.unimuechen.de/1379/01/MPRA_paper_1379.pdf.
- Chen, C., 2002. Robust regression and Outlier Detection with the ROBUSTREG Prosedure, *Statistics and Data Analysis*, SUGI 27. Hal. 265-27, Nort Carona:SAS Institute Ic.
- Draper, N dan Smith, H.. 1998. *Analisis Regresi Terapan, Terjemahan Edisi Kedua*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dumairy, 1992. *Ekonometrika Sumberdaya Air*. Yogyakarta: BPFPE.
- El-Fandy, jamaluddin muhammad. 2004. *Al-Quran Tentang Alam Semesta*. Jakarta: Amzah.
- Fotheringham, A.S., Brundson, C., dan Charlton, M.. 2002. *Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships*. Chichester England: John Wiley & Sons Ltd.
- Fox, J.. 2002. *Robust Regression*. New York.
- Girisonta. 1990. *Budidaya Tanaman Padi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hadisuwito, sukamto. 2012. *Membuat Pupuk Organik Cair*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

- Hanani, nuhfil dan Ibrahim, J.T., 2003. Evaluasi Kinerja Proyek Pemberdayaan Kelembagaan Pangan di Pedesaan di Pulau Jawa. *Ilmu Pertanian Agrivita*, Vol. 25 No. 2. Malang : Fakultas Pertanian Unibraw.
- Harris, P., Fotheringham A.S., dan Juggins. steve, 2010. Robust Geographically Weighted Regression: A Technique for Quantifying Spatial Relationships Between Freshwater Acidification Critical Loads and Catchment Attributes. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol.100 No. 2 Hal. 286-306. USA: Taylor & Francis, LLC.
- Ina, hasanah. 2007. *Bercocok Tanam Padi*. Jakarta: Azka Mulia Media.
- Kurniawati, lina dewi. 2011. *Kekekaran Regresi Linier Ganda dengan Estimasi MM (Method of Moment)dalam Mengatasi Pencialan*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Maronna R. A., Martin R. D., dan Yohai J. V.. 2006. *Robust statistics: Theory and Methods*. England: John Wiley & Sons.
- Marsono, sigit. 2001. *Pupuk Akar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Montgomery, D.C., dan Peck, E.A.. 2006. *Introduction a Linier Regression Analisis*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Pasandaran, E. 1991. *Irigasi di Indonesia, Strategi dan Pengembangan*. Jakarta: LP3ES.
- Rosmarkam, A. yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ryan, T. P.. 1997. *Modern Regression Method*. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Shihab, muhammad quraish. 2001. *Wawasan Al-Quran: Tafsir Maudhu'I Atas Berbagai Persoalan Umat*. Bandung: Mizan.
- Smith, H. P. dan Wilkes, L. H.. 1990. *Mesin dan Peralatan Usaha Tani*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soekirno. 1999. *Mekanisasi Pertanian, Pokok Bahasan Alat Mesin Pertanian dan Pengelolaannya*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian UGM.
- Soemartini. 2007. *Outlier (Pencilan)*. Bandung: UNPAD.
- Sofyan, A., Sedyarso M., Nurjaya, dan Suryono J., 2000. Status Hara P dan K Lahan Sawah sebagai Dasar Penggunaan Pupuk yang Efisien pada Tanaman Pangan. Bag. Proyek Sumber Daya Lahan Agroklimat. *Laporan Akhir Penelitian*. Bogor: Puslittanak.

Sutopo, L.. 2002. *Teknologi Benih*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Wijaya, Stevani. 2009. *Taksiran Parameter pada Model Regresi Robust dengan Menggunakan Fungsi Huber*. Skripsi. Depok: Universtas Indonesia.

Yandianto. 2003. *Bercocok Tanaman Padi*. Bandung: M2S.



Lampiran 1 Variabel Penelitian

NO	KABUPATEN/ KOTA	Y	X1	X2	NO	KABUPATEN/ KOTA	Y	X1	X2
1	Kota Batu	4878.34	1882	8	20	Kab. Probolinggo	302572.4	31086	3030
2	Kota Mojokerto	6673.83	477	51	21	Kab. Blitar	303332.4	22509	3851
3	Kota Kediri	9769.99	1521	45	22	Kab. Kediri	306174.57	34426	5453
4	Kota Blitar	10898.94	780	272	23	Kab. Mojokerto	306880.59	24893	3106
5	Kota Malang	12563.32	1286	0	24	Kab. Bondowoso	317438.75	29022	1960
6	Kota Probolinggo	13177.55	0	0	25	Kab. Gresik	386435.19	25	3977
7	Kota Surabaya	13775.67	4	0	26	Kab. Ponorogo	406678.22	30091	625
8	Kota Madiun	17135.42	1064	0	27	Kab. Lumajang	408634.72	21772	7595
9	Kota Pasuruan	19830.29	1148	0	28	Kab. Malang	416606.81	27041	8184
10	Kab. Sumenep	160364.76	4182	2572	29	Kab. Jombang	462628.11	3930	1717
11	Kab. Trenggalek	167222.34	3034	3141	30	Kab. Madiun	499679.28	26866	1522
12	Kab. Pacitan	172687.91	3823	1488	31	Kab. Nganjuk	507670.5	29730	4803
13	Kab. Pamekasan	178800.86	5022	0	32	Kab. Pasuruan	571510.31	25417	7904
14	Kab. Sidoarjo	203573.1	22556	274	33	Kab. Tuban	576737.65	14386	6616
15	Kab. Sampang	245535.67	3522	906	34	Kab. Ngawi	708694.26	38935	5239
16	Kab. Bangkalan	259861.46	5167	1113	35	Kab. Banyuwangi	732261.54	61376	2042
17	Kab. Situbondo	266005.09	27779	2573	36	Kab. Bojonegoro	808111.9	16800	3290
18	Kab. Magetan	288756.22	25307	1360	37	Kab. Lamongan	856889.54	13036	24632
19	Kab. Tulungagung	299754.78	31086	3030	38	Kab. Jember	968504.7	78493	1707

NO	KABUPATEN/KOTA	X ₃	X ₄	NO	KABUPATEN/KOTA	X ₃	X ₄
1	Kota Batu	0	7	20	Kab. Probolinggo	1275	17
2	Kota Mojokerto	51	0	21	Kab. Blitar	3352	812
3	Kota Kediri	435	0	22	Kab. Kediri	4480	1069
4	Kota Blitar	68	0	23	Kab. Mojokerto	2753	964
5	Kota Malang	0	0	24	Kab. Bondowoso	2282	0
6	Kota Probolinggo	0	0	25	Kab. Gresik	649	4056
7	Kota Surabaya	233	141	26	Kab. Ponorogo	1184	1150
8	Kota Madiun	0	0	27	Kab. Lumajang	4691	1607
9	Kota Pasuruan	0	0	28	Kab. Malang	6556	3737
10	Kab. Sumenep	1417	607	29	Kab. Jombang	1524	24
11	Kab. Trenggalek	3505	1109	30	Kab. Madiun	2031	514
12	Kab. Pacitan	1920	133	31	Kab. Nganjuk	3414	1076
13	Kab. Pamekasan	0	0	32	Kab. Pasuruan	399	112
14	Kab. Sidoarjo	0	0	33	Kab. Tuban	2559	5632
15	Kab. Sampang	343	241	34	Kab. Ngawi	1539	207
16	Kab. Bangkalan	509	1469	35	Kab. Banyuwangi	2083	26
17	Kab. Situbondo	657	932	36	Kab. Bojonegoro	1703	14372
18	Kab. Magetan	351	175	37	Kab. Lamongan	8460	0
19	Kab. Tulungagung	1275	17	38	Kab. Jember	5076	43

NO	KABUPATEN/ KOTA	X ₅	X ₆	X ₇	NO	KABUPATEN/ KOTA	X ₅	X ₆	X ₇
1	Kota Batu	0	532	441	20	Kab. Probolinggo	1919	6409	2796
2	Kota Mojokerto	42	108	82	21	Kab. Blitar	1181	4642	11671
3	Kota Kediri	50	285	267	22	Kab. Kediri	2152	4791	15685
4	Kota Blitar	0	128	482	23	Kab. Mojokerto	5601	4379	5087
5	Kota Malang	0	636	160	24	Kab. Bondowoso	0	7261	1057
6	Kota Probolinggo	0	359	50	25	Kab. Gresik	29435	3790	5452
7	Kota Surabaya	1223	294	0	26	Kab. Ponorogo	1750	6847	17430
8	Kota Madiun	0	0	413	27	Kab. Lumajang	333	4696	6479
9	Kota Pasuruan	0	144	103	28	Kab. Malang	3939	9145	21782
10	Kab. Sumenep	16622	4186	1625	29	Kab. Jombang	6355	5824	3552
11	Kab. Trenggalek	1341	2991	901	30	Kab. Madiun	2197	4699	12600.5
12	Kab. Pacitan	4810	3655	4832	31	Kab. Nganjuk	4003	5548	8221
13	Kab. Pamekasan	0	5291	1660	32	Kab. Pasuruan	3103	3966	7151.32
14	Kab. Sidoarjo	0	3420	1561.5	33	Kab. Tuban	26948	2880	12389
15	Kab. Sampang	15575	5639	965	34	Kab. Ngawi	4556	7789	17702
16	Kab. Bangkalan	21382	5160	1540	35	Kab. Banyuwangi	465	7047	10578.4
17	Kab. Situbondo	1853	3628	1224	36	Kab. Bojonegoro	40751	11842	18089
18	Kab. Magetan	1105	4678	16913	37	Kab. Lamongan	28784	9391	6542
19	Kab. Tulungagung	1919	6409	2796	38	Kab. Jember	114	4637	8184.6

NO	KABUPATEN/ KOTA	Longitude	Latitude	NO	KABUPATEN/ KOTA	Longitude	Latitude
1	Kota Batu	122.37	7.85	20	Kab. Probolinggo	112.4	7.75
2	Kota Mojokerto	112.43	7.472	21	Kab. Blitar	111.75	7.835
3	Kota Kediri	112.001	7.816	22	Kab. Kediri	111.825	7.68
4	Kota Blitar	112.21	8.5	23	Kab. Mojokerto	111.79	7.31
5	Kota Malang	112.065	7.54	24	Kab. Bondowoso	113.48	7.5
6	Kota Probolinggo	113.125	7.46	25	Kab. Gresik	112.5	7.5
7	Kota Surabaya	112.734	7.28	26	Kab. Ponorogo	111.345	7.845
8	Kota Madiun	111.5	7.5	27	Kab. Lumajang	112.86	7.875
9	Kota Pasuruan	112.5	7.4	28	Kab. Malang	117.37	7.85
10	Kab. Sumenep	114.735	5.895	29	Kab. Jombang	112.282	7.54
11	Kab. Trenggalek	111.675	7.935	30	Kab. Madiun	111.38	7.3
12	Kab. Pacitan	111.102	8.201	31	Kab. Nganjuk	111.59	7.395
13	Kab. Pamekasan	113.375	6.91	32	Kab. Pasuruan	112.8	7.8
14	Kab. Sidoarjo	112.7	7.4	33	Kab. Tuban	111.825	6.79
15	Kab. Sampang	113.235	6.59	34	Kab. Ngawi	111.25	7.26
16	Kab. Bangkalan	112.74	6.81	35	Kab. Banyuwangi	113.86	7.395
17	Kab. Situbondo	113.86	7.395	36	Kab. Bojonegoro	111.67	6.97
18	Kab. Magetan	111.2	7.38	37	Kab. Lamongan	122.365	6.87
19	Kab. Tulungagung	112.4	7.75	38	Kab. Jember	113.6	7.95

Lampiran 2 Output Program SPSS.17

2.1 Uji Multikolinieritas

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1675.283	28572.564		-.059	.954					
	X1	10.092	1.314	.690	7.679	.000	.714	.814	.461	.446	2.241
	X2	16.644	7.457	.277	2.232	.033	.572	.377	.134	.233	4.287
	X3	-9.922	15.136	-.076	-.655	.517	.607	-.119	-.039	.265	3.771
	X4	1.200	11.635	.012	.103	.919	.378	.019	.006	.278	3.593
	X5	9.583	3.085	.378	3.107	.004	.436	.493	.187	.244	4.098
	X6	11.648	9.191	.129	1.267	.215	.767	.225	.076	.347	2.883
	X7	1.175	3.873	.029	.303	.764	.634	.055	.018	.393	2.547

a. Dependent Variable: Y

2.2 Uji Autokorelasi

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.944 ^a	.892	.867	94666.93374	1.901

X7	Correlation Coefficient	.731**	.709**	.646**	.606**	.530**	.701**	1.000	.417**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.	.009
	N	38	38	38	38	38	38	38	38
Abs_Res	Correlation Coefficient	.576**	.393*	.376*	.305	.341*	.439**	.417**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.015	.020	.063	.036	.006	.009	.
	N	38	38	38	38	38	38	38	38

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

2.4 Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		38
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	8.52428725E4
Most Extreme Differences	Absolute	.135
	Positive	.135
	Negative	-.121
Kolmogorov-Smirnov Z		.830
Asymp. Sig. (2-tailed)		.496

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

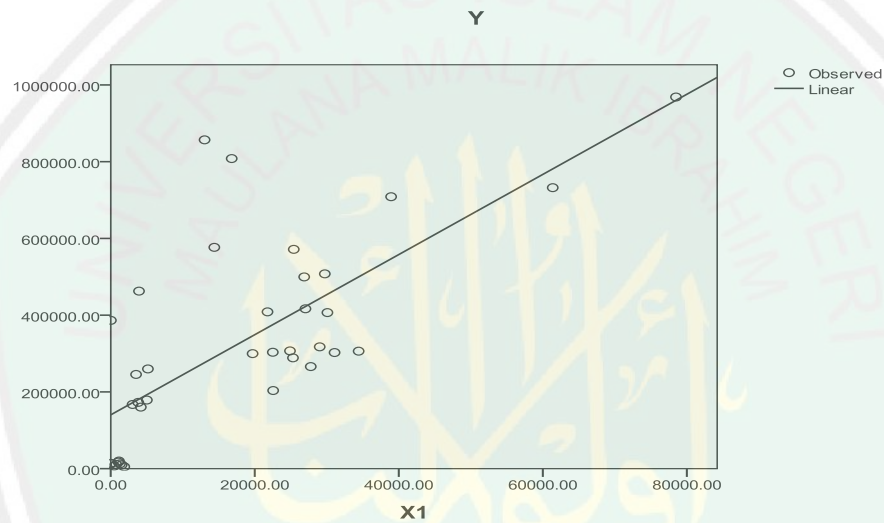
2.5 Uji Linieritas

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.510	37.516	1	36	.000	140134.832	10.445

The independent variable is X1.

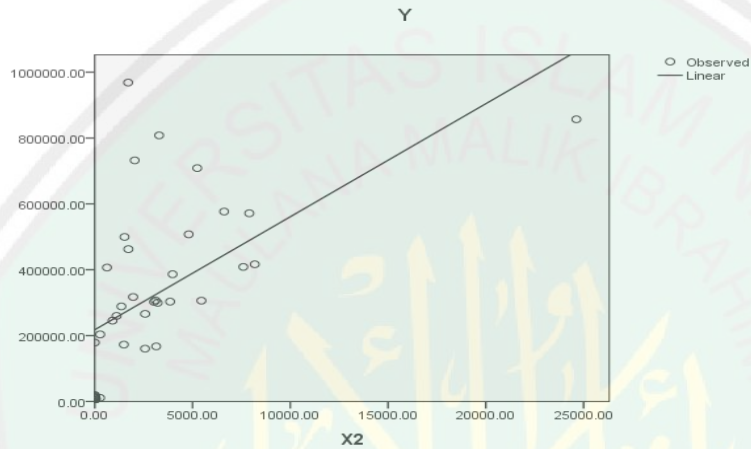


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.327	17.517	1	36	.000	217809.985	34.320

The independent variable is X2.

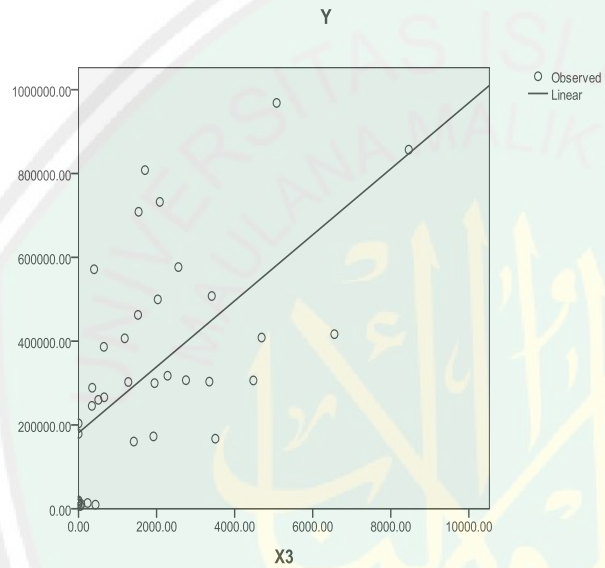


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.368	20.956	1	36	.000	181255.364	78.743

The independent variable is X3.

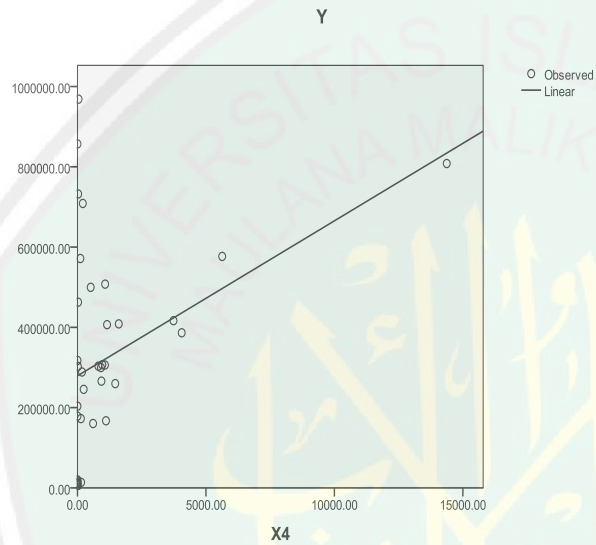


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.143	5.989	1	36	.019	279211.702	38.612

The independent variable is X4.

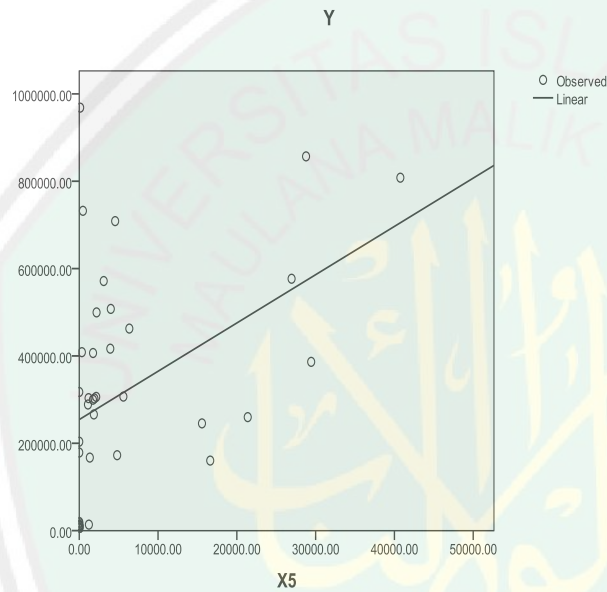


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.190	8.433	1	36	.006	254293.646	11.057

The independent variable is X5.

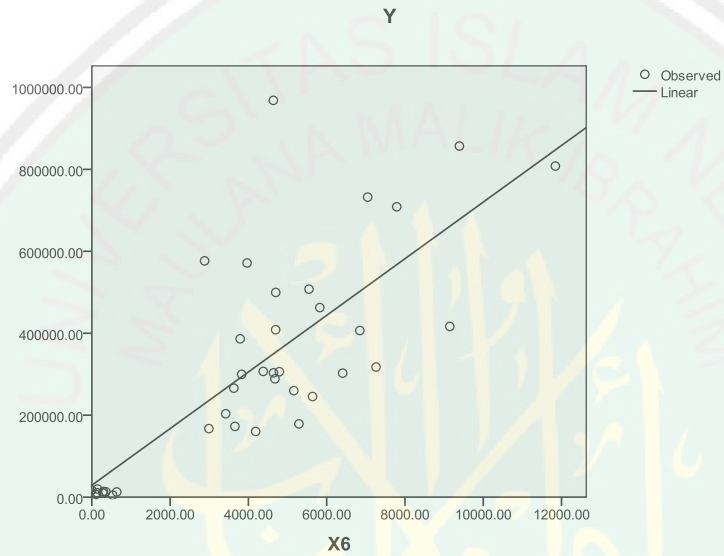


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.588	51.296	1	36	.000	29031.530	69.112

The independent variable is X6.

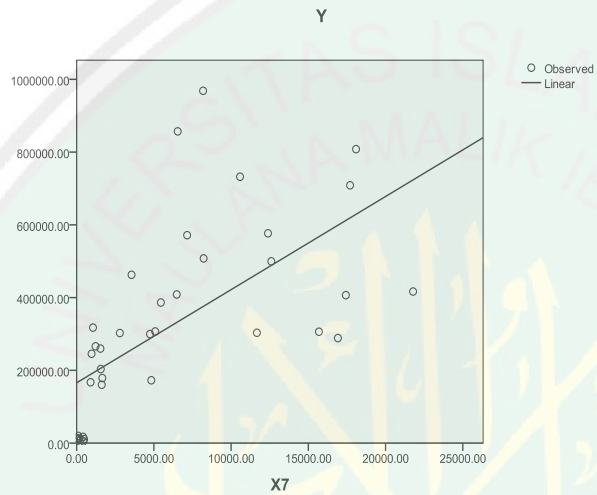


Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Y

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	.401	24.148	1	36	.000	165728.737	25.610

The independent variable is X7.



Lampiran 3 : Model Robust GWR lokal

1. Kabupaten: Banyuwangi

Model	$y_i = 1,1854 + 6 X_{i3} + 4 X_{i5}$			
F hit	1,871			
P. Val	0,2099			
	intercept	X_3	X_5	X_7
T hit	3,4553	1,888	0,4167	-2,3028
P.Val	0,0043	0,134	0,3439	0,02

Excluded variables: X_1 dan X_2

Constant variables: X_4 dan X_6

2. Kabupaten: Blitar

Model	$y_i = 3254,3 + 0,1 X_{i1} + 4,4 X_{i5} + 0,4 X_{i7}$			
F hit	0,6342			
P. Val	0,4984			
	Intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	1,3446	0,3036	1,0886	-1,7594
P.Val	0,1078	0,3846	0,1541	0,0583

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

3. Kabupaten: Bojonegoro

Model	$y_i = -2,899 + 14,7 X_{i3} + 0,2 X_{i5} + 0,4 X_{i7}$			
F hit	2,6645			
P. Val	0,1359			
	intercept	X_3	X_5	X_7
T hit	-0,3269	0,71	0,2123	0,9406
P.Val	0,3761	0,2489	0,3961	0,1872

Excluded variables: X_1 , X_2 , dan X_4

Constant variable: X_6

4. Kabupaten: Bondowoso

Model	$y_i = 3555 + 3,4 X_{i2} + 7,2 X_{i3} - 0,3 X_{i7}$			
F hit	2,9374			
P. Val	0,1108			
	intercept	X_2	X_3	X_7
T hit	1,6955	1,3938	0,7682	-1,1291
P.Val	0,0642	0,1004	0,2322	0,1458

Excluded variable: X_1

Constant variables: X_4 , X_5 , dan X_6

5. Kabupaten: Gresik

Model	$y_i = -933,6002 + 3,5744 X_{i2} + 0,8919X_{i4} - 0,0124 + 0,4 X_{i7}$			
F hit	0,2334			
P. Val	0,7679			
	Intercept	X ₂	X ₄	X ₇
T hit	-0,1826	0,4074	0,1484	-0,0447
P.Val	0,4298	0,3472	0,4429	0,4827

Excluded variables: X₃ dan X₅

Constant variables: X₁ dan X₆

6. Kabupaten: Jember

Model	$y_i = -677,8426 + 9,5605 X_{i3} - 57,804 X_{i5} - 0,1045 X_{i7}$			
F hit	0,1406			
P. Val	0,7873			
	Intercept	X ₃	X ₅	X ₇
T hit	0,0695	1,3545	-0,4339	-0,3614
P.Val	0,4731	0,1063	0,3379	0,3636

Excluded variables: X₁, X₂, dan X₄

Constant variable: X₆

7. Kabupaten: Jombang

Model	$y_i = 49759 + 76810 X_{i4} - 0,248 X_{i5} - 0,6 X_{i7}$			
F hit	0,3176			
P. Val	0,7350			
	intercept	X ₄	X ₅	X ₇
T hit	0,1677	1,1138	-1,2242	-0,3372
P.Val	0,4355	0,1488	0,1279	0,3723

Excluded variables: X₁, X₂, dan X₃

Constant variable: X₆

8. Kabupaten: Kediri

Model	$y_i = 322,4209 + 0,4827 X_{i1} - 7,852 X_{i5} + 0,04503 X_{i7}$			
F hit	0,5242			
P. Val	0,5786			
	intercept	X ₁	X ₅	X ₇
T hit	0,0783	1,3969	-0,6517	0,1527
P.Val	0,4698	0,1	0,2664	0,4412

Excluded variables: X₂, X₃, dan X₄

Constant variable: X₆

9. Kabupaten: Lamongan

Model	$y_i = 5774,2 + 1,8 X_{i1} + 0,1 X_{i5} - 0,2 X_{i7}$			
F hit	0,1618			
P. Val	0,8159			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	0,7663	0,9529	0,1847	-0,7144
P.Val	0,2328	0,1843	0,4290	0,246

Excluded variables: X_2 dan X_3

Constant variables: X_4 dan X_6

10. Kabupaten : Lumajang

Model	$y_i = 135,0347 + 0,7831 X_{i1} + 0,0574 X_{i3} + 0,0736 X_{i7}$			
F hit	0,1191			
P. Val	0,8130			
	intercept	X_1	X_3	X_7
T hit	0,0231	0,8972	0,0333	0,1969
P.Val	0,4911	0,1979	0,4871	0,4244

Excluded variables: X_2 , X_4 , dan X_5

Constant variable: X_6

11. Kabupaten: Madiun

Model	$y_i = 4084,1 + 4,9 X_{i2} + 0,3 X_{i5} - 0,1 X_{i7}$			
F hit	0,7801			
P. Val	0,5139			
	intercept	X_2	X_5	X_7
T hit	0,8145	0,4968	0,0897	-0,3543
P.Val	0,2195	0,364	0,4654	0,3661

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

12. Kabupaten: Magetan

Model	$y_i = -10781 + 330 X_{i4} + 0 X_{i5} + 0 X_{i7}$			
F hit	0,1130			
P. Val	0,8749			
	intercept	X_4	X_5	X_7
T hit	-0,5592	0,7140	0,0895	0,2301
P.Val	0,2957	0,2478	0,4654	0,4119

Excluded variables: X_1 , X_2 , dan X_3

Constant variable: X_6

13. Kabupaten: Malang

Model	$y_i = 5228,3 + 0,6 X_{i1} + 8,6 X_{i5} - 0,5 X_{i7}$			
F hit	4,3860			
P. Val	0,0578			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	2,2141	0,6019	-0,4137	-0,18852
P.Val	0,0289	0,2819	0,3450	0,0481

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

14. Kabupaten: Mojokerto

Model	$y_i = 1965 + 8,6 X_{i4} + 0,4 X_{i5} - 0,2 X_{i7}$			
F hit	0,4280			
P. Val	0,5908			
	Intercept	X_4	X_5	X_7
T hit	1,0156	1,2383	0,4186	-0,6545
P.Val	0,1698	0,1253	0,3433	0,2656

Excluded variables: X_1 , X_2 , dan X_3

Constant variable: X_6

15. Kabupaten: Nganjuk

Model	$y_i = -1861,7 + 5,6 X_{i2} - 9,6 X_{i4} + 0,2 X_{i7}$			
F hit	1,3144			
P. Val	0,3064			
	intercept	X_2	X_4	X_7
T hit	-0,3360	1,3510	-0,3916	0,6693
P.Val	0,3728	0,1068	0,3528	0,2611

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_5

Constant variable: X_6

16. Kabupaten: Ngawi

Model	$y_i = 4453,6 + 4,3 X_{i1} - 0,5 X_{i5} - 0,2 X_{i7}$			
F hit	0,6850			
P. Val	0,5422			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	0,3764	0,5949	-0,0457	-0,5248
P.Val	0,3575	0,2842	0,4823	0,3070

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

17. Kabupaten: Pacitan

Model	$y_i = 985,6873 + 1,2677 X_{i2} + 1,236 X_{i5} - 0,0982 X_{i7}$			
F hit	0,5194			
P. Val	0,5864			
	intercept	X_2	X_5	X_7
T hit	0,4282	0,2551	1,5319	-1,1534
P.Val	0,3211	0,4025	0,082	0,141

Excluded variables: X_1 , X_4 , dan X_3

Constant variable: X_6

18. Kabupaten: Pamekasan

Model	$y_i = -1624,8 - 2,8 X_{i2} + 7,2 X_{i5} - 0,1 X_{i7}$			
F hit	0,9872			
P. Val	0,4251			
	intercept	X_2	X_5	X_7
T hit	-0,3965	-0,2141	0,9225	-0,1871
P.Val	0,3511	0,4179	0,1916	0,4281

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

19. Kabupaten: Pasuruan

Model	$y_i = 311,8 + 0,6 X_{i1} - 45,5 X_{i5} - 0,1 X_{i7}$			
F hit	2,0044			
P. Val	0,1970			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	0,9395	0,7697	-0,2840	-2,172
P.Val	0,1875	0,2318	0,3918	0,4168

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

20. Kabupaten: Ponorogo

Model	$y_i = 1558,7 + 21,9 X_{i2} - 0,7 X_{i5} - 0 X_{i7}$			
F hit	0,5996			
P. Val	0,5547			
	intercept	X_2	X_5	X_7
T hit	0,3482	0,9339	-0,1728	-0,0524
P.Val	0,3683	0,1888	0,4335	0,4798

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

21. Kabupaten: Probolinggo

Model	$y_i = 2504,4 + 0,4 X_{i1} - 96,7 X_{i4} - 0,3 X_{i7}$			
F hit	2,9680			
P. Val	0,1170			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	1,2706	2,6688	-0,3054	-1,1641
P.Val	0,1198	0,0142	0,3839	0,1390

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_5

Constant variable: X_6

22. Kabupaten: Sampang

Model	$y_i = -1510,6 + 3,6 X_{i1} + 3,4 X_{i4} + 0,2 X_{i7}$			
F hit	1,5600			
P. Val	0,2690			
	intercept	X_1	X_4	X_7
T hit	-0,3686	0,7134	0,08	0,5389
P.Val	0,3610	0,2479	0,4691	0,3023

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_5

Constant variable: X_6

23. Kabupaten: Sidoarjo

Model	$y_i = 3398,2 + 0,1 X_{i1} - 0,5 X_{i7}$		
F hit	1,3081		
P. Val	0,3065		
	intercept	X_1	X_7
T hit	3,4383	0,940	-1,9118
P.Val	0,0037	0,1898	0,441

Excluded variable: X_2

Constant variables: X_3, X_4, X_5 , dan X_6

24. Kabupaten: Situbondo

Model	$y_i = 2998,7 + 0,1 X_{i1} + 0,5 X_{i5} - 0,2 X_{i7}$			
F hit	2,1913			
P. Val	0,1713			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	1,6673	0,5428	0,3188	-0,7298
P.Val	0,0670	0,3010	0,3780	0,2432

Excluded variables: X_2, X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

25. Kabupaten: Sumenep

Model	$y_i = 1073,9 - 110 X_{i1} + 3,8 X_{i2} - 0,2 X_{i7}$			
F hit	2,1709			
P. Val	0,1788			
	intercept	X_1	X_2	X_7
T hit	0,4009	-0,3336	1,2331	-0,6675
P.Val	0,3495	0,3736	0,1263	0,2616

Excluded variables: X_2 , X_4 , dan X_5

Constant variable: X_6

26. Kabupaten: Bangkalan

Model	$y_i = -1085,7 + 10,3 X_{i2} + 0,1 X_{i5} - 0 X_{i7}$			
F hit	0,2481			
P. Val	0,7352			
	intercept	X_2	X_5	X_7
T hit	-0,3328	1,0130	0,3708	-0,0033
P.Val	0,3739	0,1704	0,3602	0,4980

Excluded variables: X_1 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

27. Kabupaten: Tuban

Model	$y_i = 6795,2 - 2 X_{i4} + 3 X_{i5} - 0,4 X_{i7}$			
F hit	0,5536			
P. Val	0,6206			
	intercept	X_4	X_5	X_7
T hit	1,5996	-0,4834	1,1467	-1,1726
P.Val	0,0742	0,3209	0,1423	0,1373

Excluded variables: X_1 , X_2 , dan X_3

Constant variable: X_6

28. Kabupaten: Tulungagung

Model	$y_i = 2564,5 + 0,5 X_{i1} + 0,98 X_{i5} - 0,6 X_{i7}$			
F hit	0,8728			
P. Val	0,4220			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	1,2711	1,4177	0,4749	-2,1008
P.Val	0,1197	0,0970	0,3222	0,0344

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

29. Kabupaten: Trenggalek

Model	$y_i = 718,842 + 1,1971 X_{i1} + 2,4775 X_{i5} - 1,702 X_{i7}$			
F hit	0,6859			
P. Val	0,4510			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	0,3566	0,5765	0,8887	-0,6086
P.Val	0,3653	0,2091	0,2	0,2798

Excluded variables: X_2 , X_3 , dan X_4

Constant variable: X_6

30. Kota: Batu

Model	$y_i = -12448,7761 + 0,4515 X_{i1} - 82,5308 X_{i5} - 0,4820 X_{i7}$			
F hit	0,2629			
P. Val	0,6786			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	-1,2020	1,5343	-0,847	-1,413
P.Val	0,1319	0,0818	0,2141	0,0976

Excluded variables: X_2 dan X_4

Constant variables: X_3 dan X_6

31. Kota: Blitar

Model	$y_i = 19,1708 + 0,6114 X_{i1} + 0,1361 X_{i3} - 0,1511 X_{i7}$			
F hit	0,0677			
P. Val	0,8165			
	Intercept	X_1	X_3	X_7
T hit	0,1271	0,8152	0,0276	-0,4109
P.Val	0,4510	0,2193	0,4893	0,3460

Excluded variable: X_2

Constant variable: X_4 , X_5 , dan X_6

32. Kota: Kediri

Model	$y_i = 22,5565 + 0,4709 X_{i1} + 0,0697 X_{i3} - 0,4002 X_{i7}$			
F hit	0,3527			
P. Val	0,6041			
	Intercept	X_1	X_3	X_7
T hit	0,2141	0,7501	0,0794	-0,8727
P.Val	0,4179	0,2373	0,4693	0,2041

Excluded variables: X_2

Constant variable: X_4 , X_5 , dan X_6

33. Kota: Madiun

Model	$y_i = 164,6775 + 0,2441X_{i1} - 0,1384 X_{i7}$		
F hit	1,1027		
P. Val	0,3888		
	Intercept	X_1	X_7
T hit	0,3116	0,1493	-0,5810
P.Val	0,3812	0,4423	0,2877

Excluded variables: -

Constant variable: $X_2, X_3, X_4, X_5,$ dan X_6

34. Kota: Malang

Model	$y_i = 220,2939 + 0,1011X_{i1} - 0,5588 X_{i7}$		
F hit	1,1714		
P. Val	0,3157		
	Intercept	X_1	X_7
T hit	3,0671	1,3173	-1,5150
P.Val	0,0067	0,1101	0,0826

Excluded variables: -

Constant variable: $X_2, X_3, X_4, X_5,$ dan X_6

35. Kota: Mojokerto

Model	$y_i = 72,831 + 0,194 X_{i1} - 2,804X_{i5} - 0,035 X_{i7}$			
F hit	0,16			
P. Val	0,92			
	Intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	1,469	0,581	-0,628	-1,240
P.Val	0,18	0,59	0,545	0,904

Excluded variables: X_2 dan X_3

Constant variables: X_4 dan X_6

36. Kota: Pasuruan

Model	$y_i = 213,7022 + 0,01X_{i1} + 0,0079X_{i7}$		
F hit	3,9004		
P. Val	0,0670		
	Intercept	X_1	X_7
T hit	2,9481	0,3053	0,0272
P.Val	0,0081	0,3835	0,4395

Excluded variables: -

Constant variables: $X_2, X_3, X_4, X_5,$ dan X_6

37. Kota: Probolinggo

Model	$y_i = 146,5406 + 0,3009X_{i1} - 0,8001X_{i7}$		
F hit	5,66		
P. Val	0,0353		
	intercept	X_1	X_7
T hit	1,7946	3,0804	-2,8637
P.Val	0,0531	0,0066	0,0098

Excluded variables: -

Constant variables: $X_2, X_3, X_4, X_5,$ dan X_6

38. Kota: Surabaya

Model	$y_i = 91,4498 + 2,2061 X_{i1} + 0,1783X_{i5} - 0,3163X_{i7}$			
F hit	2,9696			
P. Val	0,1169			
	intercept	X_1	X_5	X_7
T hit	0,4056	0,3513	1,0158	-0,9868
P.Val	0,3478	0,3672	0,1697	0,1763

Excluded variable: X_3

Constant variables: $X_2, X_4,$ dan X_6

Lampiran 4 *Output* Program GWR.4

```

*****
*****
*           Semiparametric Geographically Weighted Regression           *
*           Release 1.0.3 (GWR 4.0.3)                                 *
*           1 July 2009                                             *
*           *                                                       *
*           Tomoki Nakaya, Martin Charlton,                          *
*           A. Stewart Fotheringham, Chris Brunson                  *
*           (c) National University of Ireland Maynooth &          *
*           Ritsumeikan University                                  *
*****
*****

```

Program began at 6/9/2014 7:41:02 AM

```

*****
*****
Session: empat
*****
*****

```

Data filename: F:\GWR\GWRKU.csv
Number of areas/points: 38

Model settings-----
Model type: Gaussian
Geographic kernel: adaptive bi-square
Method for optimal bandwidth search: Golden section search
Criterion for optimal bandwidth: AICc
Number of varying coefficients: 8
Number of fixed coefficients: 0

Modelling options-----
Standardisation of independent variables: On
Testing geographical variability of local coefficients: On
GtoF Variable selection: OFF
FtoG Variable selection: OFF
Prediction at non-regression points: OFF

Variable settings-----
Area key: field2: kode
Easting (x-coord): field11 : Longitude
Northing (y-coord): field12: Latitude
Cartesian coordinates: Euclidean distance
Dependent variable: field3: Y
Offset variable is not specified
Intercept: varying intercept
Independent variable with varying coefficient: field4: X1

Independent variable with varying coefficient: field5: X2
 Independent variable with varying coefficient: field6: X3
 Independent variable with varying coefficient: field7: X4
 Independent variable with varying coefficient: field8: X5
 Independent variable with varying coefficient: field9: X6
 Independent variable with varying coefficient: field10: X7

Global regression result

< Diagnostic information >

Residual sum of squares: 286690637731.584000

Number of parameters: 8

(Note: this num does not include an error variance term for a Gaussian model)

ML based global sigma estimate: 86859.026397

Unbiased global sigma estimate: 97756.608938

Log-likelihood: 972.114497

Classic AIC: 990.114497

AICc: 996.543069

BIC/MDL: 1004.852773

CV: 16931364384.599300

R square: 0.884680

Adjusted R square: 0.852867

Variable	Estimate	Standard Error	t(Est/SE)
Intercept	329142.686652	15869.742638	20.740266
X1	172041.935483	23501.753663	7.320387
X2	65526.187967	32517.329806	2.015116
X3	-12889.606223	30129.613489	-0.427805
X4	250.784384	30191.225455	0.008307
X5	101569.537939	31944.175366	3.179595
X6	24700.222843	25855.900169	0.955303
X7	15003.672419	24586.415763	0.610242

Bandwidth search <golden section search>

Limits: 18, 38

Golden section search begins...

Initial values

pL Bandwidth: 18.000 Criterion: 1151.787

p1 Bandwidth: 25.639 Criterion: 1040.082

p2 Bandwidth: 30.361 Criterion: 1011.871

pU Bandwidth: 38.000 Criterion: 1003.382

iter 1 (p2) Bandwidth: 30.361 Criterion: 1011.871 Diff: 4.721
 iter 2 (p2) Bandwidth: 33.279 Criterion: 1010.849 Diff: 2.918
 iter 3 (p2) Bandwidth: 35.082 Criterion: 1008.173 Diff: 1.803
 iter 4 (p2) Bandwidth: 36.197 Criterion: 1005.048 Diff: 1.115

The upper limit in your search has been selected as the optimal bandwidth size.

Best bandwidth size 38.000

Minimum AICc 1003.382

GWR (Geographically weighted regression) result

Bandwidth and geographic ranges

Bandwidth size: 38.000000

Coordinate	Min	Max	Range
X-coord	111.102000	122.370000	11.268000
Y-coord	5.895000	8.500000	2.605000

Diagnostic information

Residual sum of squares: 267048349288.022000
 Effective number of parameters (model: trace(S)): 10.428021
 Effective number of parameters (variance: trace(S'S)): 9.875571
 Degree of freedom (model: n - trace(S)): 27.571979
 Degree of freedom (residual: n - 2trace(S) + trace(S'S)): 27.019529
 ML based sigma estimate: 83830.711193
 Unbiased sigma estimate: 99415.948593
 Log-likelihood: 969.417486
 Classic AIC: 992.273528
 AICc: 1003.381600
 BIC/MDL: 1010.987897
 CV: 22912926570.730900
 R square: 0.892581
 Adjusted R square: 0.847249

<< Geographically varying coefficients >>

Estimates of varying coefficients have been saved in the following file.

Listwise output file: defaultGWRlistwise.csv

Summary statistics for varying coefficients

Variable	Mean	STD
Intercept	319970.514172	10250.909623
X1	165030.768237	8217.361724

X2	57034.192871	5008.603282
X3	-8837.109831	2011.410321
X4	1750.097678	7136.203508
X5	94490.970547	3315.561025
X6	23745.239881	6205.853435
X7	18224.724330	1926.142801

Variable	Min	Max	Range
Intercept	300834.452182	331083.365983	30248.913801
X1	165668.427835	200248.819626	34580.391791
X2	54733.542172	83634.528536	28900.986365
X3	-18669.689439	-7529.513520	11140.175919
X4	-32955.829914	7477.446382	40433.276296
X5	93950.291532	107244.659035	13294.367503
X6	-3580.982391	27598.484165	31179.466556
X7	7561.863255	20077.341699	12515.478444

Variable	Lwr Quartile	Median	Upr Quartile
Intercept	329036.204885	330152.262657	330609.614876
X1	166462.681788	167698.959710	169297.430510
X2	57154.715046	57626.410459	58240.983461
X3	-9385.251632	-8487.873578	-8017.202667
X4	2966.149685	3208.331489	3729.008959
X5	96243.344034	96695.050673	96995.694736
X6	24684.918296	25969.573970	26967.761568
X7	18913.033424	19016.377669	19168.149151

Variable	Interquartile R	Robust STD
Intercept	1573.409991	1166.352847
X1	2834.748723	2101.370439
X2	1086.268415	805.239744
X3	1368.048966	1014.120805
X4	762.859273	565.499832
X5	752.350702	557.709934
X6	2282.843272	1692.248534
X7	255.115728	189.114698

(Note: Robust STD is given by (interquartile range / 1.349))

GWR ANOVA Table

Source	SS	DF	MS	F

Global Residuals 286690637731.584 8.000
 GWR Improvement 19642288443.563 2.980 6590330621.293
 GWR Residuals 267048349288.022 27.020 9883530834.600 0.666799

Geographical variability tests of local coefficients

Variable	F	DOF for F test	DIFF of Criterion
Intercept	1.136109	0.278 27.572	0.750355
X1	4.372303	0.106 27.572	-0.179920
X2	1.670757	0.133 27.572	0.263310
X3	-20.814457	-0.034 27.572	-1.101479
X4	5774822	0.037 27.572	-0.135576
X5	3.601157	0.065 27.572	-0.042191
X6	2.320116	0.098 27.572	0.108179
X7	3.168330	0.073 27.572	-0.004400

Note: positive value of diff-Criterion (AICc, AIC, BIC/MDL or CV) suggests no spatial variability

Program terminated at 6/9/2014 7:41:07 AM

Lampiran 5 M-file Program Robust GWR

```

%PROGRAM Robust GWR GLOBAL
%OLEH: MARITA SITI N.S

clc,clear
filename='data-x.xlsx',1,'A2:G39';
X=xlsread(filename)
exely='data-y.xlsx','A2:A39';
Y=xlsread(exely)
beta(1,:)=[329142.686654 172041.935483 65526.187967 -12889.606223
250.784384 101569.537939 24700.222843 15003.672419];
k=1;
selisih=inf;
ea=10^-12;%batas mencari konvergen yang mendekati 0

%Metode IRLS
while ea<selisih
Y_topi=zeros(size(Y));
ambil_beta=beta(k,:);
jum=ambil_beta(1);
B=X;
[a,b]=size(B);

    for i=1:a

        for j=1:b
            jum=jum+(ambil_beta(j+1)*B(i,j));
        end
        Y_topi(i)=jum;
    end

error=Y-Y_topi;%mencari error
var_topi=0;

    for i=1:length(error)

var_topi=var_topi+((1/length(error))*sum(abs(error(i))))/0.6745;
    end

c=4.685;
    for i=1:length(error)
        error_bintang(i)=error(i)/var_topi;
        if error_bintang(i)<c
            W(i)=(1-(error_bintang(i)/c)^2)^2;
        else
            0;
        end
    end

%membuat matrik pembobot
WW=diag(W);
XX=[ones(a,1) X];

```

```

beta(k+1,:)=inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW*Y)
error_beta(k,:)=abs(beta(k+1,:)-beta(k,:));
selisih=max(error_beta(k,:));
k=k+1;
end
beta_akhir=beta(end,:);
jum=beta_akhir(1);

B=X;
for i=1:a

    for j=1:b-1
        jum=jum+(beta_akhir(j+1)*B(i,j));
    end
    Y_akhir(i)=jum
end
% membuat plot
error_Y=Y-Y_akhir';
figure(1)
plot(error_Y,Y_akhir)
grid on
xlabel('Error')
ylabel('Nilai Y')

% menghitung nilai AICc RGWR
XX=[ones(a,1) X];
Ri=XX*(inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW));
S=Ri;
n=38;
I=eye(n);
trS=trace(S);
RSS=Y'*(I-S)'*(I-S)*Y;
sigmatopi=sqrt(RSS/n);
AICc=2*n*log(sigmatopi)+n*log(2*pi)+n*((n+trS)/(n-2-trS))
AIC=2*n*log(sigmatopi)+n*log(2*pi)+n+trS

% menghitung statistik uji
%Uji F
Smlr=XX*(inv(XX'*XX)*(XX'));
error_Mlr=(I-Smlr)'*(I-Smlr);
error_RGWR=(I-S)'*(I-S);
V1=trace(error_Mlr-error_RGWR);
V2=trace((error_Mlr-error_RGWR)^2);
d1=trace(error_Mlr);
d2=trace(error_RGWR);
Dss=Y'*(error_Mlr-error_RGWR)*Y
Fhitung=(Y'*(error_Mlr-error_RGWR)*Y/V1)/(Y'*error_Mlr*Y/d1)
P_value=1-fcdf(Fhitung,V1^2/V2,d1^2/d1)

%Uji t
T_hitung=zeros(size(beta_akhir));
ng=V1^2/V2;
betaT=beta_akhir
C=(inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW));
c=C*C';

```

```

delta1=trace(error_RGWR);
delta2=trace(error_RGWR^2);
sigma_2=RSS/d2;
a=length(beta_akhir);

for i=1:a
    jum=betaT(i)/(sqrt((sigma_2)*c(i,i)));
    t(i)=jum;
    value=1-tcdf(abs(t(i)),delta1^2/delta2);
    val(i)=value;
end
t_hitung=t
P_value_t=val

%PROGRAM Robust GWR LOKAL
%OLEH: MARITA SITI N.S

clc,clear
filename='x-bojo.xlsx',1,'A2:E13';
X=xlsread(filename)
exely='y-bojo.xlsx','A2:A13';
Y=xlsread(exely)
beta(1,:)=[90.5 15.08 -14.34 -2.141];
k=1;
selisih=inf;
ea=10-3;%batas mencari konvergen yang mendekati 0

%Metode IRLS
while ea<selisih
Y_topi=zeros(size(Y));
ambil_beta=beta(k,:);
jum=ambil_beta(1);
B=X;
[a,b]=size(B);

    for i=1:a

        for j=1:b
            jum=jum+(ambil_beta(j+1)*B(i,j));
        end
        Y_topi(i)=jum;
    end

error=Y-Y_topi;%mencari error
var_topi=0;

    for i=1:length(error)

var_topi=var_topi+((1/length(error))*sum(abs(error(i))))/0.6745;
    end

c=4.685;
    for i=1:length(error)
        error_bintang(i)=error(i)/var_topi;

```

```

        if error_bintang(i)<c
            W(i)=(1-(error_bintang(i)/c)^2)^2;
        else
            0;
        end
    end

    %membuat matrik pembobot
    WW=diag(W);
    XX=[ones(a,1) X];

    beta(k+1,:)=inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW*Y)
    error_beta(k,:)=abs(beta(k+1,:)-beta(k,:));
    selisih=max(error_beta(k,:));
    k=k+1;
end
beta_akhir=beta(end,:);
jum=beta_akhir(1);

% menghitung nilai AICc RGWR
XX=[ones(a,1) X];
Ri=XX*(inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW));
S=Ri;
n=12;
I=eye(n);
trS=trace(S);
RSS=Y'*(I-S)'*(I-S)*Y;
sigmatopi=sqrt(RSS/n);
AICc=2*n*log(sigmatopi)+n*log(2*pi)+n*((n+trS)/(n-2-trS));
AIC=2*n*log(sigmatopi)+n*log(2*pi)+n+trS;

% menghitung statistik uji
%Uji F
Smlr=XX*(inv(XX'*XX)*(XX'));
error_Mlr=(I-Smlr)'*(I-Smlr);
error_RGWR=(I-S)'*(I-S);
V1=trace(error_Mlr-error_RGWR);
V2=trace((error_Mlr-error_RGWR)^2);
d1=trace(error_Mlr);
d2=trace(error_RGWR);
Dss=Y'*(error_Mlr-error_RGWR)*Y;
Fhitung=(Y'*(error_Mlr-error_RGWR)*Y/V1)/(Y'*error_Mlr*Y/d1)
P_value=1-fcdf(Fhitung,V1^2/V2,d1^2/d1)

%Uji t
T_hitung=zeros(size(beta_akhir));
ng=V1^2/V2;
betaT=beta_akhir;
C=(inv(XX'*WW*XX)*(XX'*WW));
c=C*C';
delta1=trace(error_RGWR);
delta2=trace(error_RGWR^2);
sigma_2=RSS/d2;
a=length(beta_akhir);

for i=1:a

```

```
    jum=betaT(i)/(sqrt((sigma_2)*c(i,i)));  
    t(i)=jum;  
    value=1-tcdf(abs(t(i)),delta1^2/delta2);  
    val(i)=value;  
end  
t_hitung=t  
P_value_t=val
```

