

**PENDEKATAN REGRESI SPASIAL TERHADAP FAKTOR-
FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI BAWANG
MERAH KABUPATEN BREBES**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagai Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Matematika
dalam Ilmu Matematika



Oleh : **TRI NASIHATUL HASANAH**

NIM : 1808046001

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tri Nasihatul Hasanah

NIM : 1808046001

Program Studi : Matematika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

**Pendekatan Regresi Spasial Terhadap Faktor-Faktor Yang
Mempengaruhi Produksi Bawang Merah Kabupaten
Brebes**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/ karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 Juni 2025



Tri Nasihatul Hasanah

NIM. 1808046001

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul

**PENDEKATAN REGRESI SPASIAL
TERHADAP FAKTOR-FAKTOR YANG
MEMPENGARUHI PRODUKSI BAWANG
MERAH KABUPATEN BREBES**

Penulis

Tri Nasihatul Hasanah

NIM

1808046001

Jurusan

Matematika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima
sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu
Matematika.

Semarang, 30 Juni 2025

Penguji I,

Penguji II,

Yolanda Norasia, M.Pd
NIP. 199409232010932911

Wayan Kulantio, M.Sc
NIP. 198907162019031007

Penguji III,

Penguji IV,

Seftina Diah Miasari, M.Pd
NIP. 198709212019032011

Zulaikha, M.Si
NIP. 199409232019032011

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Minhayati Shaleh, S.Si., M.Sc
NIP. 197604262006042001

Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc
NIP. 198908112019032019

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 20 Juni 2025

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pendekatan Regresi Spasial Terhadap
Faktor-Faktor Produksi Bawang Merah
Kabupaten Brebes

Nama : Tri Nasihatul Hasanah

NIM : 1808046001

Program Studi : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamualaikum wr.wb

Pembimbing I



Dr. Hj. Minhayati Saleh, M.Sc

NIP : 19760426 200604 2 001

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 20 Juni 2025

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pendekatan Regresi Spasial Terhadap
Faktor-Faktor Produksi Bawang Merah
Kabupaten Brebes
Nama : Tri Nasihatul Hasanah
NIM : 1808046001
Program Studi : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamualaikum wr.wb

Pembimbing II



Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc

NIP : 19890811 201903 2 019

ABSTRAK

Bawang merah masuk ke dalam komoditas utama yang diprioritaskan menjadi sebuah sayuran pada tanaman dataran rendah di negara Indonesia. Salah satu yang menjadi pemasok bawang merah paling besar di negara Indonesia adalah Kabupaten Brebes. Salah satu yang menjadi pemasok bawang merah paling besar di negara Indonesia adalah Kabupaten Brebes. Namun penghasiian bawang merah di Kabupaten Brebes di tiap kecamatannya berbeda, hal ini berindikasi bahwa terdapat faktor spasial. Data spasial merupakan data yang mengandung informasi seperti (*langitude, latitude*). Regresi spasial merupakan pengembangan regresi global menjadi regresi terboboti, dalam hal ini penulis menggunakan model *Georaphically Weigted Regression* dengan fungsi pembobot *Fixed Kernel Gaussian*. Pemodelan menggunakan regresi spasial menghasilkan model yang berbeda setiap lokasi pengamatan dan menjelaskan pengaruh yang signifikan di tiap titik lokasi. Terdapat empat kelompok yang terbentuk berdasarkan variabel *independent* yang berpengaruh.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Pendekatan Regresi Spasial Terhadap Faktor-Faktor Produksi Bawang Merah Kabupaten Brebes”* untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar sarjana Matematika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Terima kasih Penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan banyak pengarahan dan juga motivasi sehingga penyusunan skripsi ini dapat selesai. Pada kesempatan ini dengan segala hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.H. Muhasadi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
2. Ibu Any Muanalifah, M.Si.,Ph D selaku ketua Program Studi Matematika UIN Walisongo Semarang.
3. Bapak Prihadi Kurniawan, M.Sc., selaku sekretaris Program Studi Matematika UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Emy Siswanah, M.Sc., selaku wali dosen penulis, terimakasih ats bimbingan dan dukungan yang diberikan selama menjadi dosen wali.

5. Ibu Dr. Hj. Minhayati Shaleh, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu dan arahnya sehingga skripsi dapat selesai.
6. Ibu Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu dan arahnya sehingga skripsi dapat selesai.
7. Segenap dosen, pegawai dan seluruh civitas akademika lingkungan UIN Walisongo Semarang terkhusus dosen Matematika.
8. Cinta pertama dan panutanku, Bapak Wasmin, terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis, beliau memang tidak merasakan Pendidikan sampai bangku perkuliahan. Naum beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Sehat selalu dan Panjang umur Bapak.
9. Pintu Surgaku Ibu Taswen. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program studi penulis, beliau juga memang tidak sempat merasakan pendidikan di bangku perkuliahan, namun beliau senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendokan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana.

10. Untuk Alm. Kakak tersayang Muhammad Yasir Rosadi terimakasih telah menemani dan memotivasi sedari kecil bahwa pendidikan itu penting, terimakasih sudah mengusahakan segala hal untuk adikmu, maaf skripsi ini memakan waktu yang lama.
 11. Keluarga besar Catam dan keluarga besar Kasran yang sudah memberikan segala doa dan dukungan yang sangat bagi penulis.
 12. Teman-teman Matematika 2018 atas kebersamaan dan telah memberikan keceriaan selama proses perkuliahan berlangsung.
 13. Seluruh anggota TREASURE, khususnya Choi Hyunsuk, Yoshi dan Haruto terimakasih sudah menjadi inspirasi dan salah satu alasan untuk kembali menyelesaikan apa yang penulis mulai.
 14. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri Tri Nasihatul Hasanah. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau seringkali merasa putus asa atas apa yang diusahakan belum berhasil, namun terimakasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba.
- Hanya ucapan terimakasih yang dapat penulis sampaikan. Semoga segala bantuan dan do'a yang telah diberikan dapat

menjadi catatan amal kebaikan dihadapan Allah SWT. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat benar-benar bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 20 Juni 2025

Penulis

Tri Nasihatul Hasanah

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
NOTA DINAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang.....	2
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	9
BAB II KAJIAN TEORI.....	11
A. Statistik Dekriptif.....	11
B. Regresi Linear Berganda.....	11

C.	Penduga Parameter Analisis Regresi.....	12
D.	Pengujian Signifikan Penduga Parameter Analisis Regresi 14	
1.	Uji Simultan (Uji F).....	14
2.	Uji Parsial.....	16
E.	Pengujian Asumsi Klasik.....	17
1.	Uji Multikolinearitas	17
2.	Uji Normalitas.....	20
3.	Uji Autokorelasi.....	21
4.	Uji heteroskedastisitas spasial.....	22
F.	Geographically Weighted Regression (GWR).....	24
1.	Koordinat Spasial	25
2.	Bandwidth Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	26
3.	Pembobot Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	28
3.	Pengujian Hipotesis Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	30
G.	Faktor Produksi Bawang Merah.....	34
1.	Ketinggian Wilayah.....	34

2.	Urea.....	35
3.	Pupuk.....	35
4.	Pestisida.....	36
5.	Curah Hujan.....	37
6.	Luas Panen.....	38
7.	Bibit.....	39
8.	Tenaga Kerja.....	39
9.	Lama Penyinaran Matahari	39
10.	Pupuk Kompos	39
H.	Penelitian Terdahulu.....	40
BAB III METODE PENELITIAN		44
A.	Pendekatan Penelitian	44
B.	Populasi dan Sampel Penelitian	44
C.	Sumber Data	45
D.	Variabel Penelitian	45
E.	Teknik Analisis Data.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
A.	Estimasi Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i>	51

B.	Deskripsi Data.....	53
C.	Uji Asumsi Klasik.....	58
1.	Uji Multikolinearitas	58
2.	Uji Normalitas.....	60
3.	Uji Autokorelasi.....	61
4.	Uji Homoskedastisitas	62
D.	Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) 64	
1.	Estimasi Parameter.....	68
2.	Uji Signifikasi Parameter Model GWR	71
E.	Analisis Produksi Bawang Merah Kabupaten Brebes 75	
BAB V		81
KESIMPULAN		81
A.	Kesimpulan	81
B.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN		89
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		141

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Uji Simultan F	15
Tabel 3.1	Variabel Penelitian	45
Tabel 4.1	Statistik Deskriptif Penelitian	52
Tabel 4.2	Hasil Uji Multikolinearitas	57
Tabel 4.3	Hasil Uji Normalitas	58
Tabel 4.4	Hasil Uji Autokorelasi	59
Tabel 4.5	Sampel Data Koordinat Geografis	62
Tabel 4.6	Pembobot Fungsi Kernel	65
Tabel 4.7	Variabel Signifikan model GWR	70
Tabel 4.8	Nilai R^2 pada setiap lokasi pengamatan	72
Tabel 4.9	Model GWR <i>Fixed Gaussian</i>	74
Tabel 4.10	Pengelompokan Kecamatan berdasarkan Variabel Signifikan	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Alur Penelitian	48

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Data Variabel Dependen dan Variabel Independen	88
Lampiran 2	Script Analisis <i>Geographically Weighted Regression</i>	90
Lampiran 3	Perhitungan Manual Jarak Antar Kecamatan	102
Lampiran 4	Bandwidth GWR	110
Lampiran 5	Perhitungan Manual Estimasi Parameter	113
Lampiran 6	Tabel T	137
Lampiran 7	Tabel Z	138

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu komoditas tanaman hortikultura yang dikonsumsi oleh banyak orang untuk dicampur dengan bumbu masakan sesudah cabai adalah bawang merah. Penjualan bawang merah disajikan dalam wujud pengolahan misalnya yaitu seperti bubuk, minyak atsiri, ekstrak bawang merah, serta bawang goreng, bukan hanya dijadikan sebagai pencampuran pada bumbu masakan namun juga menjadi salah satu bahan obat guna penurunan kadar kolesterol, menjadikan aliran darah semakin lancar, membantu menurunkan tekanan darah, serta juga dapat membuat gula darah mengalami penurunan. Masih terbuka sangat lebar untuk potensi pengembangan bawang merah yang bukan hanya keperluan di dalam negeri namun juga menjadi keperluan di luar negeri dikarenakan bawang merah adalah komoditas hortikultura yang banyak dikonsumsi oleh manusia (Trishnanti, 2021).

Rukmana menyatakan bahwasanya, setelah dilakukan peninjauan melalui bagian pemenuhan konsumsi nasional, potensi serta sumber penghasilan petani sebagai penghasil devisa negara, salah satu komoditas sayuran

yang mempunyai nilai ekonomis tinggi adalah bawang merah. Bawang merah juga masuk ke dalam komoditas utama yang diprioritaskan menjadi sebuah sayuran pada tanaman dataran rendah di negara Indonesia. Bawang merah yang berasal dari sawah petani memiliki kualitas baik dengan beberapa permasalahan yang bervariasi dari pasarannya, yang mana komoditas ini bisa mengalami gejolak yang sangat tinggi dalam waktu cepat, sedangkan terdapat perbedaan harga yang sangat besar serta mengalami kelebihan pada biaya angkutan atau transaksi pada produsen serta konsumennya. Lapangan pekerjaan akan tercipta dan meluas pada kelompok masyarakat di sektor pertanian apabila dalam upaya peningkatan kegiatan produksi bawang merah dibarengi dengan upaya meningkatkan pendapatan para petaninya (Rukmana,2020).

Salah satu yang menjadi pemasok bawang merah paling besar di negara Indonesia adalah Kabupaten Brebes. Letak Kabupaten Brebes terletak di bagian Utara paling Barat Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Brebes mempunyai iklim tropis, hal tersebut berdasar data dari Bappenas. Dari iklim tropis dapat menjadikan kabupaten Brebes memiliki potensi yang sangat besar guna melakukan perkembangan pada sektor pertanian yang

salah satunya memproduksi bawang merah. Di kota Brebes sendiri produk pertanian yang paling diandalkan adalah bawang merah. Keadaan tersebut menjadikan kota Brebes ada pada posisi paling atas dalam kategori penghasil bawang merah di tingkat nasional. Di kota Brebes terdapat pusat bawang merah yang paling besar berada di 13 kecamatan dari total kecamatan keseluruhan yaitu 17 kecamatan. Sentra bawang merah tersebut berada di kecamatan Banjarharjo, Tanjung, Bantarkawung, Losari, Jatibarang, Bulakamba, Brebes, Kersana, Songgom, Wanasari, Ketanggungan, serta Larangan (Badan Pusat Statistika, 2020). Brebes menghasilkan bermacam-macam varietas bawang unggulan salah satunya adalah varietas Bima Brebes yang memiliki warna merah menyala, bertekstur lebih keras dari bawang yang berada di luar wilayah atau luar negeri, serta memiliki rasa yang lebih pedas. Untuk kedepannya, bawang merah diharuskan untuk dikembangkan guna tercapainya beberapa tujuan meliputi keperluan bahan baku industri terpenuhi, keperluan untuk konsumsi dalam negeri tercukupi, melakukan pengisian terhadap lapangan pasar ekspor yang masih terbuka luas, serta melakukan pergantian dari bawang merah impor. Sektor pertanian masih mendominasi penghasil lapangan kerja yang

berada di Brebes, orang yang bekerja di sektor pertanian daerah Brebes sejumlah 312.520 jiwa dari total seluruh penduduk Brebes kurang lebih 1,98 juta jiwa. Bawang merah menduduki presentasi tertinggi yang dicatat kurang lebih 50% dari tanaman lain untuk tanaman kategori horikultural di kabupaten Brebes (Badan Pusat Statistik 2021).

Faktor-faktor yang mempengaruhi bawang merah antara lain adalah ketinggian wilayah, urea, pestisida, luas panen, curah hujan, bibit, dan pupuk NPK. Selain faktor yang disebutkan faktor pengaruh global kedekatan sebuah daerah pada pusat kota juga dapat memberikan pengaruh tersendiri terhadap hasil produksi bawang merah, bukan hanya faktor tenaga kerja, luas lahan, bibit, pestisida serta pupuk saja. Hal tersebut selaras dengan pernyataan Azhari pada kegiatan penelitian Fadjarajni (2020) yang berkenaan dengan dinamika masyarakat serta konservasi lahan pertanian yang menyatakan bahwasanya transformasi demokrasi serta ekonomi, fenomena konversi lahan pertanian beralih ke non pertanian secara masif di daerah pulau Jawa dijadikan sebagai tanda dinamika pembangunan. Yang mana pembangunan akan jauh signifikan apabila makin dekat dengan sebuah daerah perkotaan, yang pada awalnya mengalami perubahan dari

sektor pertanian menjadi non pertanian misalnya seperti lahan pertanian yang berubah menjadi lahan hunian (Trishnanti, 2021).

Data spasial adalah sebuah data yang kegiatan pengukurannya terdiri dari sebuah informasi letak tempat. Di dalam data spasial, observasi pada sebuah tempat memiliki ketergantungan pada observasi di tempat lainnya yang jaraknya dekat (*neighboring*). Anselin (1988) melakukan pengembangan beberapa model spasial yang berdasar pada teori ekonomi yang dikenal dengan *spatial econometrics*. Model spasial itu tersusun atas model komponen error dengan autokorelasi spasial yakni sebuah model regresi data panel dengan korelasi spasial, spasial eror, spasial lag, serta model campuran dari spasial error dengan spesial lag (Trishnanti, 2021).

Sebuah pengembangan melalui teknik linear klasik adalah regresi spasial. Terjadinya perkembangan tersebut dikarenakan terdapatnya pengaruh lokasi maupun spasial di dalam data yang sudah dilakukan analisa. Analisis regresi spasial merupakan analisa yang dipergunakan jikalau ada data yang memiliki efek spasial. dikarenakan hasil akan kurang akurat serta hasil yang disimpulkan kurang tepat dikarenakan asumsi error saling bebas tidak

terpenuhi jikalau mempergunakan regresi linier sederhana atau pun regresi berganda (Day, 2019) menyatakan bahwasanya peranan posisi lokasi sangat penting yakni meliputi pengetahuan yang berkenaan dengan lokasi dari sebuah aktivitas yang memberikan kemungkinan mengenai keterkaitan aktivitas satu dengan aktivitas yang lainnya pada suatu daerah yang sama maupun daerah yang berjarak dekat. (Matematika et al., 2019)

Adanya aspek spasial menunjukkan bahwa setiap lokasi pengamatan yang berdekatan mempunyai karakteristik lingkungan, kondisi sosial budaya dan geografis yang berbeda. Perbedaan ini sangat memungkinkan munculnya heterogenitas spasial apabila data spasial mengandung heterogenitas spasial maka digunakan pendekatan titik, salah satunya adalah metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). GWR merupakan metode statistik yang menggunakan informasi geografis yaitu *longitude* dan *latitude*. Analisa metode GWR merupakan bagian dari pengembangan regresi global menjadi regresi yang terboboti. Parameter penduga setiap model berbeda untuk setiap wilayah. Hal ini terjadi karena setiap lokasi memberikan bobot yang berbeda juga

masing-masing koefisien regresi variabel independen tergantung lokasi data diamati (Trishnanti, 2021) .

Pada penelitiannya di tahun 2020 Vita menyatakan bahwasanya analisa faktor produksi terhadap produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu mempergunakan analisa regresi berganda. Pada kegiatan penelitian tersebut dijelaskan bahwasanya terdapat pengaruh yang signifikan terhadap produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu dari luasnya lahan, pupuk atau pestisida, serta jumlah bibit yang digunakan. Serta terdapat beberapa faktor yang tidak memberikan pengaruh terhadap signifikasi produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu diantaranya yaitu faktor tenaga kerja, pupuk fosfor, pupuk kandang, pupuk kalium, pupuk nitrogen. salah satu faktor yang paling penting serta bisa memberi dampak yang cukup besar bagi kegiatan produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu ialah faktor luas lahan. (M. Ismail, Masyhuri Mahfudz, 2019)

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijabarkan di atas, peneliti mengidentifikasi permasalahan pada kegiatan penelitian ini diantaranya yakni :

1. Bagaimana pemodelan hasil produksi dan faktor yang berpengaruh terhadap produksi bawang merah di Kabupaten Brebes menggunakan regresi spasial dengan menggunakan *Geographically Weighted Regression*?
2. Bagaimana hasil pemetaan wilayah berdasarkan faktor yang berpengaruh terhadap hasil produksi bawang merah di Brebes?

C. Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan dari kegiatan penelitian ini yang meliputi :

1. Untuk mengetahui pemodelan hasil produksi dan faktor yang berpengaruh terhadap bawang merah di Brebes menggunakan regresi spasial dengan *Geographically Weighted Regression*.
2. Untuk mengetahui hasil pemetaan wilayah berdasarkan faktor yang berpengaruh terhadap produksi bawang merah di Brebes.

D. Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang diharapkan oleh peneliti pada kegiatan penelitian ini yakni seperti di bawah ini :

1. Bagi pembaca

Diharapkan dapat mengaplikasikan metode regresi spasial khususnya *Geographically Weight Regression* (GWR), bisa memberi informasi untuk para pembaca mengenai model yang digunakan dan juga beberapa pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikatnya yakni produksi bawang merah.

2. Bagi penulis

Menjadi salah satu persyaratan guna penulis bisa memperoleh gelar sarjana pada fakultas sains dan teknologi di universitas Islam negeri Walisongo Semarang serta juga bisa menyajikan sebuah model dari *Geographically Weight Regression* (GWR) dengan variabel bebasnya.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Statistik Dekskriptif

Statistik deskriptif merupakan statistik yang dipergunakan untuk melakukan analisa data melalui cara penjabaran deskripsi maupun penggambaran data yang sudah dikumpulkan sebagaimana yang ada tanpa menyimpulkan hasil yang berlaku untuk umum. Tujuan dari analisa ini yakni guna memberi sebuah penggambaran maupun deskripsi empiris terhadap data yang sudah terkumpul dalam kegiatan penelitian. Ruang lingkup statistik deskriptif meliputi: konsep statistika dasar, distribusi frekuensi, pengukuran titik pusat, pengukuran sebaran, *skewness*, dan *kurtosis*, penyajian data dalam bentuk diagram grafik (grafik batang, diagram garis, histogram batang, poligon, olive), angka indeks, dan dert waktu. Secara umum fungsi statistik deskriptif adalah: mengumpulkan data, mengolah data, menyajikan data, dan menganalisis data (Trishnanti, 2021).

B. Regresi Linear Berganda

Regresi linier berganda merupakan teknik analisa yang mempergunakan model hubungan linier variabel bebas

dengan variabel terikat. Manfaat dari analisa global yakni guna mempermudah penulis melakukan entri data dalam variabel bebas bahkan k-variabel bebas, di dalam regresi ini estimasi parameter memiliki nilai yang sama terhadap seluruh tempat penelitian maupun keterkaitan antar variabel bebas dengan variabel terikat yang sifatnya tradisional di seluruh tempatnya. Observasi yang telah dilaksanakan sejumlah i dengan p variabel terikat melalui observasinya k bisa dimasukkan pada persamaan seperti di bawah ini :

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad 2.1$$

Pada persamaan 2.1 diketahui y_i variabel *dependent* pada observasi ke- i , β_0 ialah *intercept*, β_k adalah koefisien regresi di x_k , x_{ik} adalah variabel bebas ke- k didalam observasi ke- i serta ε_i ialah residual ke- i

C. Penduga Parameter Analisis Regresi

Pengurangan total kuadrat residual atau OLS dapat dilaksanakan untuk melakukan penentuan estimator di dalam parameter model regresi linier. Akan didapatkan estimasi β dari pelaksanaan OLS seperti di bawah ini :

$$\min \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_1 - \hat{\beta}_2 X_2 - \dots - \hat{\beta}_j X_j)^2 \quad (2.2)$$

Matriks galat bisa diuraikan seperti di bawah ini :

$$\varepsilon = Y - X\beta \quad (2.3)$$

Keterangan :

ε : vektor *error* yang berukuran $(n \times 1)$

β : vektor paramater regresi berukuran $((k + 1) \times 1)$

X : matriks variabel bebas berukuran $(n \times (k + 1))$

Y : vektor variabel terikat berukuran $(n \times 1)$

Tujuannya yaitu untuk memperoleh penduga parameter yang dapat dipergunakan melalui persamaan (2.3) ke dalam wujud matriks di bawah ini :

$$\varepsilon = Y - X\beta$$

Jumlah kuadrat error dapat dinyatakan dalam notasi matriks sebagai $\sum \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon$ sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \varepsilon^T \varepsilon &= (Y - X\beta)^T (Y - X\beta) \\ &= Y^T Y - Y^T X\beta - \beta^T X^T Y + \beta^T X^T X\beta \\ &= Y^T Y - (Y^T X\beta)^T - \beta^T X^T Y + \beta^T X^T X\beta \\ &= Y^T Y - \beta^T X^T Y - \beta^T X^T Y + \beta^T X^T X\beta \\ &= Y^T Y - 2\beta^T X^T Y + \beta^T X^T X\beta \end{aligned} \quad (2.4)$$

Tujuannya yaitu guna memperoleh parameter β hingga persamaan yang sudah dijabarkan di atas menurun pada β^T yang menjadi :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(\varepsilon^T \varepsilon)}{\partial(\beta^T)} &= 0 \\
\frac{\partial(Y^T Y - 2\beta^T X^T Y + \beta^T X^T X \beta)}{\partial(\beta^T)} &= 0 \\
0 - 2X^T Y + 2X^T X \beta &= 0 \\
2X^T X \beta &= 2X^T Y \\
X^T X \beta &= X^T Y \\
\beta &= (X^T X)^{-1} X^T Y
\end{aligned} \tag{2.5}$$

Dalam persamaan (2.5), β ialah sebuah vektor estimasi parameter, X ialah sebuah matriks yang menyajikan beberapa nilai dari variabel independen, Y ialah sebuah vektor nilai variabel dependent, serta $(X^T X)^{-1}$ ialah fungsi kebalikannya dari matriks varian-kovarian

D. Pengujian Signifikan Penduga Parameter Analisis Regresi

1. Uji Simultan (Uji F)

Untuk melakukan pemeriksaan apakah ada pengaruh terhadap variabel independen secara simultan dapat digunakan uji yaitu uji simultan. Uji yang dipergunakan dalam pengujian simultan yakni uji F.

Tabel 2.1 Uji Simultan F

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-Rata Kuadrat
Regresi	P	$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	$MSR = \frac{SSR}{p}$
Error	n-p-1	$SSR = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$MSE = \frac{SSE}{n - p - 1}$
Total	n-1	$SST = \sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2$	

Keterangan :

p : jumlah variabel *Independent*

n : jumlah sampel

$\hat{Y}_i$: nilai prediksi dari model regresi

$\bar{Y}$: rata-rata dari nilai Y

SST : *Total Sum of Squares*

SSE : *Error Sum of Squares*

SSR : *Regression Sum of Squares*

MSR : *Mean Square Regression*

MSE : *Mean Square Error*

α : taraf signifikansi (5%)

n : jumlah sampel

p : jumlah variabel *independent*

Hipotesis

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji

$$F_{hit} = \frac{MSR}{MSE} \quad (2.6)$$

Kriteria Uji :

Jika $F_{hit} > F_{\alpha; p, n-p-1}$ atau jika $P_{value} < \alpha$ maka H_0 ditolak

Jika $F_{hit} < F_{\alpha; p, n-p-1}$ atau jika $P_{value} > \alpha$ maka H_0 diterima

2. Uji Parsial

Untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh dari tiap-tiap variabel dengan cara parsial atau individu dapat menggunakan uji yang bernama uji parsial.

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, k$$

Statistik uji

$$t_{hit} = \frac{\beta_i}{s\beta_i} \quad (2.7)$$

Dengan

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

Dengan catatan :

MSE : *Mean Square Error* dari model regresi

x_i : nilai prediktor di observasi ke- i

$\bar{x}$: nilai rata-rata variabel prediktor

α : taraf signifikansi (5%)

p : jumlah variabel *independent*

n : jumlah sampel

Kriteria Uji :

Apabila $t_{hitung} > t_{(\alpha;p,n-p-1)}$ atau apabila $P_{value} < \alpha$
maka H_0 ditolak

Apabila $t_{hitung} < t_{(\alpha;p,n-p-1)}$ atau apabila $P_{value} > \alpha$
maka H_0 diterima

E. Pengujian Asumsi Klasik

1. Uji Multikolinearitas

Ragnar Frisch pada tahun 1934 telah mengemukakan istilah pada pertama kalinya yaitu multikolinearitas. Multikolinearitas ialah sebuah uji yang dapat menunjukkan hubungan antar dua variabel regresi maupun lebih. Penduga parameter melalui metode estimasi OLS dapat dipengaruhi oleh keberadaan multikolinearitas, selain itu multikolinearitas juga bisa memberikan pengaruh terhadap tanda-tanda koefisien regresi yang tidak sama dengan tanda korelasinya. Definisi dari multikolinearitas pada matriks yakni yakni untuk

keadaan negatif (*ill condition*) dari matriks $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$, sehingga pengujian dari asumsi klasik tidak dapat terpenuhi. Nilai estimasi parameter pada sebuah variabel adalah tak terhingga apabila multikolinearitas pada persamaan reaksinya terjadi di dua variabel maupun lebih, jangan begitu maka tidak menimbulkan kemungkinan guna dilaksanakannya pendugaan. Terjadinya hal tersebut dikarenakan sebuah nilai dari matriks $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$ mendekati nol. (Nurhuda and Jaya,2018)

Faktor Variansi Inflansi atau Varians Inflation Factor merupakan faktor yang bisa digunakan untuk pendeteksi terdapatnya multikolinearitas, Faktor Variansi Inflansi diartikan sebagai elemen diagonal utama dari invers matriks korelasi. Multikolinearitas sederhana atau lebih kecil akan didapatkan apabila Faktor Variansi Inflansi mempunyai nilai yang kecil juga. Tetapi multikolinearitas akan terjadi apabila nilai Faktor Variansi Inflansi didapatkan lebih dari 10. Untuk menghitung nilai Faktor Variansi Inflansi dapat menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$VIF = \frac{1}{1 - R_k^2} \quad (2.8)$$

Istilah dari R_k^2 ialah sebuah koefisien determinasi antara variabel independen 1 dengan variabel lain.

Untuk mengatasi terjadinya multikolinearitas terdapat solusi yang bisa dilaksanakan yakni dengan melakukan pengeluran variabel independen yang tidak tersignifikasi terhadap penggunaan model regresi yang sudah dilaksanakan, berdasar dari variabel yang bernilai faktor variansi inflasinya yang paling besar serta lebih besar dari 10, nilai R_k^2 tidak akan mengalami penurunan secara drastis apabila variabel independen yang tidak signifikan tidak dikeluarkan. Berikut adalah karakteristik dari koefisien determinasi : (Priambodo and Irhamah,2019)

- a) Nilai R_k^2 selalu positif, karena berasal dari jumlah kuadrat yang memiliki rumus : (Mubarak, 2021)

$$R_k^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

Keterangan :

R_k^2 : Koefisien Determinasi

- b) Nilai $0 \leq R_k^2 \leq 1$
- Jika $R_k^2 = 0$ berarti tidak ada hubungan antara X dan Y atau model tidak dapat menjelaskan Y dengan baik
 - Jika $R_k^2 = 1$, model yang terbentuk dapat menjelaskan Y dengan baik.

2. Uji Normalitas

Untuk melakukan penentuan residual berdistribusi normal atau tidak dapat dilaksanakan melalui uji normalitas terhadap variabel pengganggu atau residual. Apabila terdapat nilai residual dengan distribusi normal maka model regresi dapat dikatakan baik. Umumnya, distribusi normalitas dideteksi dengan melaksanakan pengawasan histogram dari residual pola datanya terhadap sumbu diagonal dari grafik. Tetapi sering terjadi peneliti melakukan uji normalitas melalui memperhatikan grafik yang tidak akurat serta dapat menimbulkan kebingungan, hingga ujian normalitas bisa dilaksanakan berdasar dari uji Kolmogorov-Smirnov (Khatun, 2021). Hipotesis yang terdapat didalam uji Kolmogorov-Smirnov yakni seperti di bawah ini :

H_0 : nilai *residual* memiliki distribusi normal.

H_1 : nilai *residual* tidak memiliki distribusi normal.

Uji *Kolmogrov-Smirnov* dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \max |P_{ei} - P_{zi}| \quad (2.9)$$

Keterangan:

e_i : Distribusi kumulatif empiris

Z_i : Distribusi Kumulatif normal

P : Fungsi Hipotesisi

D : Nilai Statistik *Kolmogrov-smirnov*

α : taraf signifikansi (5%)

Pada uji *Kolmogrov-smirnov* dapat ditarik sebuah simpulan bahwasanya residual pada model ini tidak memiliki distribusi yang normal, dikarenakan terdapat sebuah kriteria dalam mengambil keputusan yakni apabila $D > D_{\alpha, df=n}$ atau $p - value < \alpha$, maka tolak H_0 . (Ishaq et al.,2017).

3. Uji Autokorelasi

Autokorelasi di dalam model regresi linier mempunyai asumsi bahwasanya di dalam itu tidak ada masalah atau yang disebut dengan residual. Autokorelasi terjadi karena observasi yang dilaksanakan secara urut dalam waktu yang ditentukan serta saling memiliki keterkaitan. Tujuan dari uji autokorelasi sendiri yakni guna melakukan pengujian ada atau tidaknya sebuah korelasi antar residual ke-t pada residual periode sebelum ini (Nandita and Kusumawati, 2018). Uji autokorelasi dilaksanakan dengan mempergunakan sebuah uji yakni uji Durbin-Watson. Hipotesis yang terdapat dalam uji Durbin-Watson yaitu seperti di bawah ini :

H_0 : tidak ada autokorelasi antar residual

H_1 : ada autokorelasi antar residual

Terdapat rumus dari Uji *Durbin-Watson* yaitu :

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (\hat{\varepsilon}_i - \hat{\varepsilon}_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i)^2} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$$\hat{\varepsilon}_i = y_i - \hat{y}_i,$$

$\hat{\varepsilon}_i$: residual observasi ke-i.

$\hat{\varepsilon}_{i-1}$: residual observasi sebelumnya

y_i : nilai dari variabel *dependent* pada waktu i

$\hat{y}_i$: nilai prediksi model regresi untuk observasi ke i

Berkenaan dengan distribusi dari statistik nilai d ini sendiri untuk kriteria tidak diketahui dengan pasti dalam pengambilan keputusan pengujian *Durbin-Watson*, hingga masalah itu ialah masalah yang sangat dasar didalam Uji *Durbin-Watson*. Walaupun begitu, *Durbin-Watson* sudah memberikan ketentuan terhadap batas atas d_U serta batas bawah d_L dari berbagai nilai kritis pada uji *Durbin-Watson* tersebut (Repi et al., 2016).

4. Uji heteroskedastisitas spasial

Uji heterokedastisitas ialah sebuah uji yang apabila varian dari residual observasi tidak sama terhadap residual observasi yang lain, serta apabila

sebaliknya maka dinamakan homoskedastisitas. Tujuan dari dilaksanakannya uji ini yakni guna mengetahui ada atau tidaknya keunikan serta karakteristik yang berbeda dari tiap-tiap tempat observasi. Uji *Breusch-Pagan* Dapat dipergunakan untuk melakukan pengujian heterogenitas. Hipotesis yang terdapat dalam Uji *Breusch-Pagan* yakni seperti di bawah ini :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat satu } \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq 0$$

Melalui pengujian statistik dari uji *Breusch-Pagan* yakni sebagai berikut :

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \quad (2.11)$$

Apabila persamaan diatas menggunakan elemen vektor f

keterangan

$$f = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1\right) \text{ dengan}$$

e_i^2 : vektor residual dari model regresi awal (ukuran $n \times 1$)

Z : matriks variabel *independet* dari regresi bantu

σ^2 : ragam residual dari model awal

$(Z^T Z)^{-1}$: invers dari hasil perkalian transpos Z dan Z

Dalam pengambilan keputusan terhadap pengujian *breushc-pagan* yakni apabila $BP > \lambda^2_{(\alpha;p)}$ atau $P_{value} < \alpha$ maka H_0 ditolak serta sebaliknya. Dibutuhkan sebuah pemodelan dengan cara spasial apabila terdeteksi adanya heterokedastisitas pada uji tersebut. (Aswi et al., 2021).

F. Geographically Weighted Regression (GWR)

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) ialah sebuah perkembangan dari metode regresi. Namun di dalam model GWR ini parameter persamaannya digunakan untuk tiap-tiap tempat observasi yang tidak sama terhadap tempat yang lain, hingga mengakibatkan banyak vektor parameter yang memiliki dugaan sejumlah tempat observasi. Model yang dihasilkan pada analisa GWR ini dipergunakan untuk memberikan produk ke parameter selain parameter di tempat observasi. Pendekatan titik merupakan salah satu pendekatan yang dipergunakan pada GWR. Tiap-tiap tempat observasi memiliki nilai parameter yang tidak sama dikarenakan tiap-tiap nilai parameter sudah dilakukan penafsiran pada setiap titik tempat aplikasi yang digunakan (Astuti et al., 2018) Model dari *Geographically Weighted Regression* (GWR) bisa dirumuskan seperti dibawah ini :

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

dimana :

Y_i : nilai variabel respon terhadap titik tempat observasi ke-i

X_{ik} : nilai variabel prediktor ke-k terhadap titik tempat observasi ke-i

(u_i, v_i) : koordinat titik tempat observasi ke-i (*longitude, latitude*)

$\beta_0(u_i, v_i)$: koordinat/ intercept GWR

$\beta_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi ke-k terhadap titik tempat observasi ke-i

ε_i : error terhadap titik tempat ke-i dengan asumsi nilai rata-ratanya ialah nol serta varians.

Berdasarkan persamaan diatas, model GWR dapat dinyatakan sebagai :

$$Y_i = X_{\beta}(u_i, v_i) + \varepsilon_i$$

Model regresi persamaan ditulis dalam bentuk

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ip} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_i(u_i, v_i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_i \end{bmatrix}$$

1. Koordinat Spasial

Sebuah variabel yang dipergunakan untuk pembobotan pada pembentukan model GWR yakni variabel koordinat spasial *Longitude* serta *latitude*. *Longitude* merupakan sebuah garis bujur yang

menyambungkan sisi selatan bumi atau kutub dengan sisi utara yang dipergunakan untuk melakukan pengukuran bagian barat ke timur koordinat sebuah titik di belahan bumi. Untuk *latitude* ialah sebuah garis lintang antara kutub utara dengan kutub selatan yang menyambungkan sisi timur serta sisi barat pada bagian bumi yang dijadikan sebagai patokan untuk melakukan pengukuran bagian utara hingga selatan koordinat sebuah titik pada belahan bumi (Wu et al.,2020).

2. Bandwidth Model *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Bandwidth disajikan untuk sebuah gambaran lingkaran yang memiliki radius b dari titik pusat tempat yang dipergunakan untuk landasan dilakukannya penentuan bobot, hingga berbagai titik yang berjarak dekat terhadap tempat observasi yang ada pada jari-jari lingkaran akan lebih memberikan pengaruh terhadap pembentukan nilai parameter di tempat observasi ke- i . Terjadinya hal itu, dikarenakan tempat observasi pada jari-jari b dianggap lebih memberikan pengaruh terhadap modal yang dibentuk pada tempat itu, oleh karenanya pembobotan yang dilaksanakan tergantung dari fungsi yang dipergunakan. Penting dilaksanakannya pemilihan

nilai *bandwidth* optimum dalam model GWR dikarenakan bisa memberikan pengaruh terhadap akurat atau tidaknya model yang terwujud pada data aktual. Penaksiran pada parameter tempat observasi ke- i memiliki ketergantungan terhadap titik tempat observasi lainnya yang memiliki jarak dekat terhadap tempat observasi ke- i , hal itu terjadi dikarenakan kecilnya nilai *bandwidth*, hingga hal tersebut bisa menyebabkan bertambah besarnya varians. Sebuah bias akan makin membesar serta model yang terwujud sangat mulus apabila nilai dari *bandwidth* yang besar, dengan begitu sebuah varian seakan mengecil (Yacim and Boshoff, 2019).

Melalui hal yang sudah dijabarkan, dibutuhkan sebuah teknik atau metode guna melakukan penentuan *bandwidth* secara maksimal untuk meminimalisir kondisi varians yang tidak homogen dikarenakannya nilai penduga parameter yang mengalami peningkatan. Salah satu teknik yang bisa dipergunakan untuk melakukan penghitungan nilai *bandwidth* secara maksimal yakni dengan menggunakan Cross Validation atau CV. *Bandwidth* yang maksimal dipergunakan untuk menghasilkan nilai koefisien Cross Validation yang paling minimal. Untuk melakukan penentuan nilai

Cross Validation dapat dirumuskan dengan persamaan di bawah ini :

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (2.13)$$

$\hat{y}_{\neq i}(h)$: nilai penaksir y_i (*fitting value*) dimana pengamatan di lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran

n : jumlah sampel

$y_i(h)$: nilai penaksir y_i dimana pengamatan di lokasi dimasukkan dalam proses penaksiran (Wang and Chen,2017)

3. Pembobot Model *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Geographically Weighted Regression (GWR) memiliki sebuah bobot yang berisi nilai pada tempat observasi. Untuk melakukan penentuan dari bobot, fungsi kernel dapat dijadikan sebagai pembobot spasial terhadap analisa spasial. Manfaat dari fungsi kernel sendiri yakni guna melakukan prediksi parameter terhadap GWR. Fungsi dibagi menjadi dua kategori yakni fungsi kernel tetap atau *fixed kernel* serta fungsi kernel adaptif. (Wu et al.,2020)

a. Fungsi kernel tetap (*fixed Kernel*)

Fungsi ini mempunyai *bandwidth* yang identik dari tiap-tiap tempat. Model *Fixed kernel* bisa dilakukan pemilihan sebagai pembobot dari model GWR jikalau titik yang paling besar terhadap data memiliki urutan di tempat observasi. Fungsi kernel tetap tergolong menjadi dua fungsi yakni seperti di bawah ini :

1) Fungsi Kernel Gaussian

$$W_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \quad (2.14)$$

2) Fungsi Kernel *Bi-Square*

$$\begin{aligned} W_{ij}(u_i, v_i) & \quad (2.15) \\ &= \begin{cases} 1 - \left(\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_{i(p)} \end{cases} \\ &\leq h_{i(p)} \end{aligned}$$

Pada persamaan diatas diketahui bahwa $W_j(u_i, v_i)$ adalah penurunan dari fungsi kontinu serta fungsi monoton, sedangkan h ialah parameter *bandwidth* ke- i serta $h_{i(p)}$ ialah *bandwidth* adaptive yang sudah dilakukan penentuan bahwasanya q ialah jarak terdekat tempat observasi ke- i . d_{ij} ialah

jarak pada tempat (u_i, v_i) ke tempat (u_j, v_j) yang memiliki persamaan sebagai berikut :

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i, v_i)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.16)$$

b. Fungsi Adaptive Kernel

Nilai *bandwidth* pada fungsi ini tidak sama terhadap seluruh tempat observasi, hal tersebut dikarenakan fungsi ini bisa mengalami penyesuaian terhadap titik tempat observasi.

1. Fungsi Kernel Adaptive Gaussian

$$W_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h_{i(p)}}\right)^2\right) \quad (2.17)$$

2. Fungsi Kernel adaptive *Bi-Square*

$$\begin{aligned} w_j(u_i, v_i) & \quad (2.18) \\ &= \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_{i(p)}}\right)^2\right)^2, & d_{ij} \\ 0 & \\ \leq h_{ip} \end{cases} \end{aligned}$$

3. Pengujian Hipotesis Model *Geographically Weighted Regression (GWR)*

a. Uji Pengaruh Lokasi Secara Parsial

Tujuan dari tahapan ini yakni guna melakukan penentuan ada atau tidaknya pengaruh variabel independen satu tempat lain yang tidak sama secara signifikan. Hipotesis yang ada dalam uji ini yakni sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_1(u_1, v_1) = \beta_2(u_2, v_2) = \dots =$$

$$\beta_k(u_n, v_n), \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, p$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_1(u_1, v_1) \neq$$

$$\beta_k(u_n, v_n), \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji :

$$F = \frac{\frac{v_k^2}{\text{tr}\left(\frac{1}{n}B^T\left[I - \frac{1}{n}J\right]B\right)}}{\frac{Y^T(I-L)^T(I-L)Y}{\sigma_1}}$$

dengan,

$$V_k^2 = \frac{1}{n}B^T \left[I - \frac{1}{n}J \right] B$$

$$B = \begin{bmatrix} e_1^T (X^T W(u_1, v_1) X)^{-1} X^T(u_1, v_1) \\ e_2^T (X^T W(u_2, v_2) X)^{-1} X^T(u_2, v_2) \\ \vdots \\ e_n^T (X^T W(u_n, v_n) X)^{-1} X^T(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

Keterangan :

J : matriks $n \times n$ dengan semua elemannya 1

V_k^2 : variansi dari koefisien regresi variabel ke-k

L : matriks pembobot kernel lokal GWR

tr : fungsi trace, menjumlahkan elemen diagonal suatu matriks

B : vektor $n \times 1$ berisi koefisien lokal untuk variabel ke- k di semua lokasi

n : banyaknya lokasi observasi

I : matriks identitas

Y : vektor $n \times 1$ data nilai variabel dependen

σ_1 : derajat kebebasan

Kriteria dalam pengambilan keputusannya yaitu

H_0 ditolak apabila nilai $F \geq F_{\alpha; Df_1, Df_2}$ dengan

derajat kebebasan $Df_1 = \frac{\gamma_1^2}{\gamma_2}$ dan $Df_2 = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$

(Trishnanti, 2021).

Keterangan :

Df_1 : derajat bebas pembilang dari uji F

Df_2 : derajat bebas penyebut dari uji F

γ_1^2, γ_2^2 : estimasi varian model GWR

δ_1^2 : estimasi varian residual fungsi SSE

δ_2 : varians

b. Uji Parsial Parameter Model GWR

Tujuan dilaksanakannya uji ini yakni guna memperoleh hubungan parameter yang signifikan pada variabel dependen. Dalam uji ini harus memberikan perhatian khusus pada sebagian parameter di tiap-tiap tempat. Hipotesis yang terdapat pada uji ini yakni seperti di bawah ini :

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$, untuk $k = 1, 2, \dots, p$ dan $i = 1, 2, \dots, n$

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$, untuk $k = 1, 2, \dots, p$ dan $i = 1, 2, \dots, n$

Dengan statistik ujinya adalah

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{C_{kk}}}$$

Keterangan :

C_{kk} : elemen diagonal ke-k dari matriks $(C_i C_i^T)$

C_i : matriks desain pada lokasi ke-i

$\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi hasil estimasi untuk variabel ke-k pada lokasi (u_i, v_i)

$\hat{\sigma}$: simpangan baku dari residual model GWR

Model diterima jikalau $|T_{hitung}| \geq t_{\frac{\alpha}{2}, df}$ maka H_0 ditolak serta sebaliknya. Distribusi T senantiasa mengikuti distribusi t dengan derajat bebas yakni

$$df = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} \text{ serta } \widehat{\sigma_1^2} = \frac{SSE(H_1)}{\delta_1}$$

Keterangan :

$SSE(H_1)$: *sum of squared error* dari model GWR

$\hat{\sigma}_1^2$: estimasi variansi error dari model alternatif

$\hat{\sigma}_2$: estimasi varian error dari model pembanding

δ_1 : derajat bebas

α : taraf signifikansi (5%)

G. Faktor Produksi Bawang Merah

Komoditi hortikultura yang masuk pada kategori sayuran rempah yaitu bawang merah. Sayuran rempah tersebut sangat diperlukan untuk melengkapi bumbu masak guna menambahkan cita rasanya. Bawang merah masuk pada kategori tanaman semusim setahun. Kabupaten Brebes ialah sebuah sentra produksi bawang merah yang paling besar di provinsi Jawa Tengah. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi bawang merah sebagai berikut:

1. Ketinggian Wilayah

Seorang individu atau kelompok orang yang pekerjaannya di sektor pertanian terutama melalui cara pengelolaan lahan yang bertujuan guna memelihara tanaman hingga mendapatkan hasil maksimal ialah petani. Pada umumnya petani ialah seorang individu maupun kelompok orang yang mata pencaharian utamanya di bidang pertanian. Pada proses produksi di bidang pertanian peran petani sangatlah penting (Qolbiatunas & Nugraha, 2018).

2. Urea

Urea merupakan pupuk nitrogen berbentuk padat kristal putih yang mengandung kadar nitrogen paling tinggi diantara pupuk lain, yaitu sekitar 46% N. Urea meruoakan sumber nitrogen utama meningkatkan pertumbuhan vegetatuf tanaman karena berperan penting dalam pembentukan protein, enzim dan klorofil (Qolbiatunas & Nugraha, 2018).

3. Pupuk

Pupuk ialah salah satu bahan material yang dipergunakan untuk tanah, daun maupun air yang bertujuan guna melakukan perbaikan pada tumbuhan maupun tanaman dengan cara langsung atau tidak langsung. Untuk sendiri juga berfungsi untuk melengkapi ataupun menambah ketersediaan unsur hara. Jenisnya terbagi menjadi dua yakni pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik atau disebut dengan pupuk alam ialah sebuah pupuk yang berasal dari berbagai sisa makhluk hidup baik tumbuhan maupun kotoran hewan ternak yang diolah serta digunakan pada tanah bertujuan guna melakukan perbaikan terhadap kondisi fisik, biologi serta kimianya pada tanah dengan cara alami. Pengolahannya dilakukan dengan proses pembusukan

oleh bakteri pengurai. Jenis pupuk organik ialah pupuk kandang, pupuk kompos ataupun pupuk hijau. Sedangkan pupuk anorganik atau pupuk buatan ialah pupuk yang pembuatannya terdiri dari bahan kimia dengan terkandung satu maupun lebih unsur hara yang diperlukan oleh tumbuhan (Lumbantoruan et al., 2019).

4. Pestisida

Pestisida ialah sebuah zat kimia serta bahan lainnya yang terbuat dari jasad renik serta virus yang dipergunakan sebagai :

- a. Pembasmi berbagai hama serta berbagai penyakit yang dapat merusak tanaman.
- b. Untuk membasmi rumput-rumput liar.
- c. Pembasmi daun serta melakukan pencegahan tumbuhnya tanaman yang tidak diinginkan.
- d. Memberikan rangsangan terhadap perkembangan tumbuhan maupun bagian tumbuhan selain pupuk.
- e. Membasmi berbagai hewan yang dapat mengganggu tanaman.
- f. Membasmi berbagai hama air.

- g. Membasmi berbagai binatang serta jasad renik pada rumah tangga, alat-alat pengangkutan serta bangunan.
- h. Membasmi berbagai binatang yang bisa menimbulkan penyakit untuk makhluk hidup baik manusia maupun binatang yang perlu diberikan perlindungan dengan menggunakan tanah, air, serta tumbuhan.

5. Curah Hujan

Faktor penting pada wilayah tropis adalah curah hujan, hal tersebut karena banyaknya produk pertanian yang produksinya terjadi di tanah kering, yang mana petani memperoleh air dari air hujan, hingga faktor tersebut sangat mempengaruhi dalam studi tanam. Data unsur cuaca didapatkan melalui pengukuran yang mempergunakan alat penakar hujan hingga diperoleh jumlah air hujan dalam satuan milimeter. Pembatasan curah hujan dilakukan sebagai tinggi air hujan yang diterima pada tanah sebelum mengalami aliran permukaan, peresapan pada tanah, serta evaporasi. Intensitas curah hujan ialah suatu ukuran dari total hujan persatuan waktu selama hujan berlangsung. Intensitas curah hujan yang sangat tinggi memiliki potensi mengakibatkan bencana untuk

daerah itu yang salah satunya ialah bencana tanah longsor yang tentunya akan menimbulkan atau memberikan kerugian terhadap orang-orang yang tinggal di lingkungan itu, hal tersebut terjadi di beberapa tempat tertentu yang mempunyai tingkat kemiringan topografi berada di sekitar lereng bukit (Lumbantoruan et al., 2019).

6. Luas Panen

Menurut KBBI lahan ialah tanah terbuka serta tanah yang dapat digarap. Hanafie mengemukakan bahwasanya tanah ialah tubuh hewan yang suasananya berbentuk profil. Tanah tersusun atas bermacam-macam campuran mineral pecah lapuk serta organik pengurai, fungsi dari tanah sendiri yakni sebagai lapisan tipis untuk menutup permukaan bumi, dan memberikan jaminan terhadap tumbuhan yang tumbuh, kehidupan manusia serta hewan. Ada 4 komponen yang paling utama pada substansi tanah yang memberikan dukungan terhadap sesuatu yang (Gali Gusira, 2021)memungkinkan tanaman hidup yakni seperti air, mineral, udara, serta bahan organik. Tanah yang subur atau pengelolaan tanah guna berbagai macam usaha yang dilakukan oleh petani

dapat ditentukan melalui posisi serta kondisi berbagai komponen yang disebutkan (Tanah et al., 2015).

7. Bibit

Penggunaan bibit unggul telah menjadi satu faktor kunci keberhasilan dalam peningkatan produksi. Bibit unggul yang diperoleh dari varietas hasil ppemuliaan tanaman disebut dengan benih penjenis. Pemerintah telah menetapkan ketentuan pokok maupun pengasan untuk menghasilkan benih yang bersertifikat (Lumbantoruan et al., 2019).

8. Tenaga Kerja

Seorang individu atau kelompok orang yang pekerjaanya di sektor pertanian terutama melalui cara pengelolaan lahan yang bertujuan guna memelihara tanaman hingga mendapatkan hasil maksimal ialah petani (Qolbiatunas & Nugraha, 2018)

9. Lama Penyinaran Matahari

Lama penyinaran matahari adalah total waktu (dalam jam) saat sinar matahari langsung mencapai permukaan bumi dalam suatu periode di suatu lokasi, setelah ambang tertentu terpenuhi (Gali Gusira, 2021)

10. Pupuk Kompos

Pupuk kompos adalah pupuk organik yang dibuat dari sisa-sisa bahan organik seperti daun kering,

jerami, kulit bawang, sisa makanan, kotoran hewan dan limbah pertanian lainnya (Medi Pranata, 2019).

Dari uraian faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi bawang merah di Kabupaten Brebes dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah ketinggian wilayah, urea, pupuk, pestisida, curah hujan, luas panen dan bibit.

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu sangatlah penting terhadap peneliti yang berkaitan dengan penelitian ini. Tujuan dari adanya penelitian terdahulu yakni guna mengetahui keterkaitan antara penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya dengan penelitian yang dilaksanakan sekarang ini. Selain itu, juga sebagai kontribusi penelitian terhadap ilmu pengetahuan.

1. Menurut Penelitian Vita Intari Afrianika, Sri Marwanti, dan Isti Khomah (2020) yang berjudul Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Usahatan Bawang Merah di Kecamatan Tawangmangu menggunakan analisis regresi berganda . Hasil penelitian ini menyatakan bahwasanya terdapat beberapa faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi bawang merah di kecamatan

Tawangmangu yakni meliputi jumlah bibit, pestisida, serta luas lahan. Sedangkan untuk beberapa faktor yang tidak memberikan pengaruh terhadap signifikansi produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu meliputi pupuk kandang, pupuk kalium, tepung nitrogen, pupuk fosfor, serta tenaga kerja. Produksi bawang merah di kecamatan Tawangmangu dipengaruhi oleh salah satu faktor yang sangat penting yakni luas lahan. (Lumbantoruan et al., 2019)

2. Menurut penelitian Gali Gusira, Sudarto, Aditya Nugraha Putra (2021) yang berjudul Pengaruh Lama Penyinaran Matahari terhadap Potensi Produksi Padi Berdasarkan Analisis Spasial di Kabupaten Malang menggunakan analisis spasial Area. Penelitian ini memaparkan bahwa lama penyinaran memberikan kontribusi pengaruh yang rendah terhadap produksi padi. Nilai keeratan hubungan dan pengaruh yang rendah disebabkan jarak antara titik pengukuran lama penyinaran matahari dengan daerah penelitian yang terlalu jauh sehingga data lama penyinaran belum mewakili daerah penelitian secara keseluruhan dan menghasilkan nilai pengaruh yang rendah terhadap potensi produksi padi. (Gusira et al., 2020)

3. Menurut penelitian Nyi Putihall Qolbiatunas (2016) dengan judul Pendekatan Geographically weighted Regression Pada Jumlah Produksi Padi memaparkan pemodelan GWR sangat cocok untuk dipergunakan pada pendugaan terhadap produksi padi di Provinsi Jawa Barat. (Qolbiatunas & Nugraha, 2018)
4. Menurut penelitian Yuliana Susanti (2018) yang berjudul Penerapan Model geographically Weughted Regression (GWR) pada Produksi Ubi Jalar. Memaparkan bahwasanya model GWR dapat dipergunakan untuk pemodelan dari ubi jalar. Melalui GWR, pemodelan ubi jalar hasilnya memperoleh 94 model dalam 94 Kabupaten pada pulau Jawa yang variabelnya sangat memberikan pengaruh yakni pada faktor luas lahan. (Y. Susanti, 2018)
5. Menurut penelitian H. Susanti, K. Budiraharjo, dan M. Handayani yang berjudul Analisis Faktor-Faktor Produksi terhadap Produksi Usahatani Bawang Merah di Keca,matan Wanasari Kabupaten Brebes menggunakan regresi linear berganda. Penelitian ini menghasilkan bahwa luas lahan, bibit, tenaga kerja, pupuk organik, pupuk NPK dan Pestisida berpengaruh secara signifikan terhadap produksi padi.(H. Susanti et al., 2018)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Pada kegiatan penelitian ini, peneliti mempergunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Sugiyono (2012) menyatakan bahwasanya penelitian deskriptif ialah sebuah penelitian yang dilaksanakan guna mengetahui nilai variabel mandiri baik satu ataupun lebih variabel atau disebut dengan variabel prediktor tanpa menciptakan sebuah pembandingan maupun melainkan satu variabel dengan variabel yang lainnya. Sedangkan untuk pendekatan kuantitatif ialah sebuah pendekatan yang mempergunakan angka pada proses pengumpulannya data, melakukan analisa, serta memaparkan data dalam bentuk angka. Selain itu, kegiatan penelitian ini juga mempergunakan pendekatan studi literatur yakni teknik pengumpulan data dari bermacam-macam referensi yang digunakan untuk menunjang penelitian sebagai pedoman untuk terselesaikannya kegiatan penelitian ini.

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Peneliti dalam kegiatan penelitian ini populasinya menggunakan 17 Kecamatan di Kabupaten Brebes yang

tercatat dalam BPS pada tahun 2021. Jumlah sampel hanya 13 Kecamatan di Kabupaten Brebes pada tahun 2021.

C. Sumber Data

Kata sekunder ialah data yang dipergunakan pada kegiatan penelitian ini. Data tersebut di dapat melalui web resmi Badan Pusat Statistik, Dinas Pertanian Kabupaten Brebes tahun 2021.

D. Variabel Penelitian

Terdapat variabel penelitian yang dipergunakan peneliti untuk kegiatan penelitian ini yakni seperti di bawah ini :

1. Variabel Dependen

Pada kegiatan yang berkenaan dengan pemodelan berbagai faktor yang memberikan pengaruh terhadap total produksi bawang merah di kabupaten Brebes variabel dependen yang dipergunakan yakni jumlah produksi bawang merah di kabupaten Brebes pada tahun 2021 (Ton). Untuk data produksi di kabupaten Brebes tahun 2021 didapatkan melalui Badan Pusat Statistik Brebes.

2. Variabel Independen

Variabel independen yang diduga memberikan pengaruh terhadap produksi bawang merah di

kabupaten Brebes diringkaskan berdasarkan dari berbagai penelitian terdahulu. Pada kegiatan penelitian ini, juga diperoleh berbagai variabel independen yang selaras guna memberikan gambaran terhadap penyebab perubahan hasil produksi bawang merah. Peneliti memilih variabel yang digunakan pada penelitian ini berasal dari penelitian terdahulu yang dipaparkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Satuan
X ₁	Ketinggian wilayah setiap kecamatan di atas permukaan	Mdpl
X ₂	Banyaknya penggunaan pupuk Urea dalam proses menanam bawang merah	Kwintal
X ₃	Banyaknya penggunaan pestisida dalam proses menanam bawang merah	Liter
X ₄	Luas panen pertanian yang telah menghasilkan bawang merah	Ha

X ₅	Banyaknya curah hujan yang terjadi dalam proses masa tanam	Mm
X ₆	Banyak pupuk yang dipergunakan didalam proses masa penanaman persatuan luas tanam	Kwintal
X ₇	Banyaknya penggunaan pupuk NPK dalam proses menanam bawang merah	Kwintal
Y	Jumlah Produksi bawang merah selama satu tahun	Kwintal

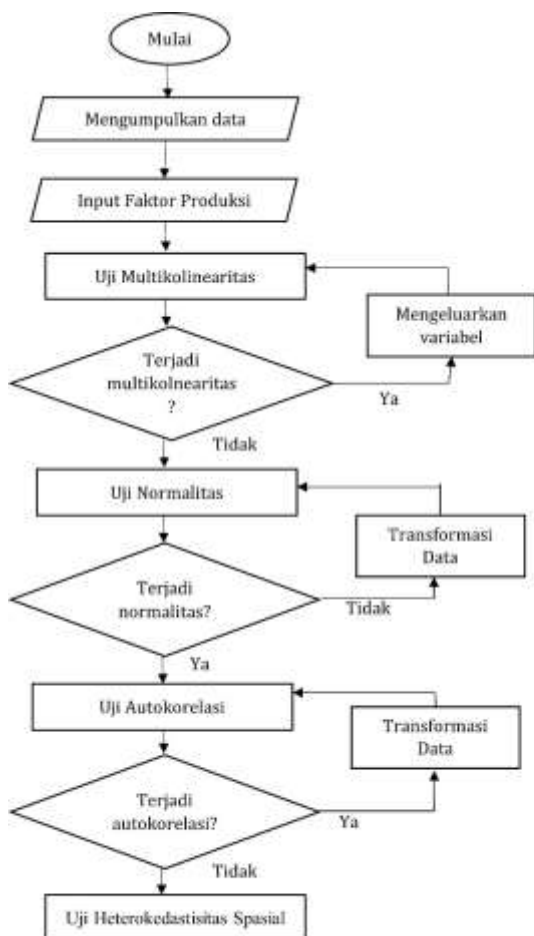
Sumber : BPS 2021

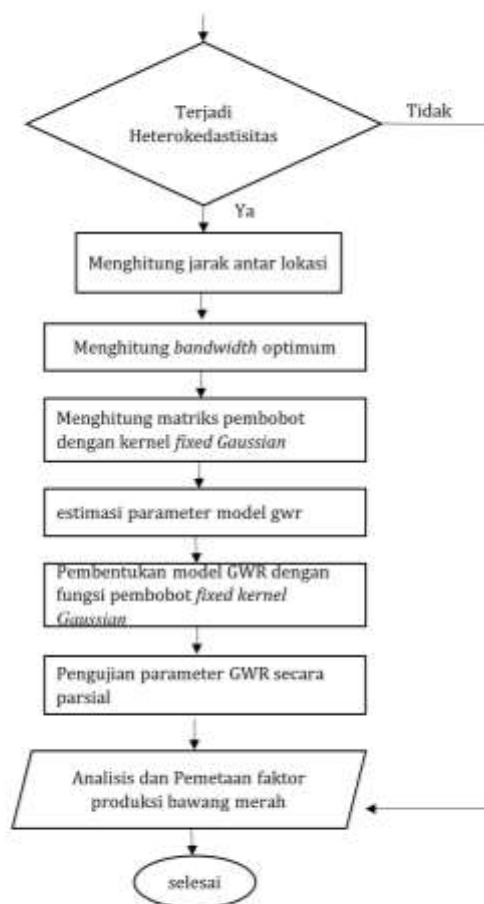
E. Teknik Analisis Data

Data penelitian yang dianalisis menggunakan metode regresi spasial dengan menggunakan *software* untuk membantu dalam pengolahan data , yaitu Rstudio versi 2.11.1. Tahap analisis data yang akan dilakukan yaitu :

1. Mengumpulkan data yang diperoleh dari web Badan Pusat Statistik (BPS), Dinas Pertanian Brebes Tahun 2021.
2. Menganalisis deskriptif data sebagai bayangan pertama dalam mengetahui Produksi Bawang Merah di Brebes tahun 2021.
3. Melakukan pengujian asumsi klasik.

4. Melaksanakan pengujian heterokedastisitas spasial.
5. Melakukan penentuan jarak antara tiap-tiap tempat observasi berdasarkan dari tempat geografisnya.
6. Melakukan penentuan *bandwidth* optimal di tiap-tiap fungsi yang dipergunakan terhadap seluruh tempat observasi maupun tiap-tiap kecamatan atau kabupaten di kota Brebes berdasar dari nilai CVnya.
7. Melakukan penentuan matriks pembuatan dasar dari fungsi pembuatnya.
8. Melakukan penentuan estimasi parameter berdasar dari teknik *Weighted Least Square* (WLS) di model GWR.
9. Melakukan pembentukan terhadap model GWR dengan memakai fungsi pembobot.
10. Melakukan pengujian kesesuaian model GWR.
11. Melakukan pengujian pada parameter di tiap-tiap model GWR dengan cara parsial, hingga memperoleh model GWR.
12. Analisis dan Pemetaan penyebaran bawang merah di Brebes berdasar dari faktor pengaruhnya.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Estimasi Parameter Model *Geographically Weighted Regression*

Metode *Weighted Least Square* (WLS) bisa dipergunakan untuk penaksiran atau estimasi pada model GWR. Metode WLS berisi pembobotan yang ada di tiap-tiap jarak tempat observasi. Tahapan pertama yang dapat dilakukan yakni dengan melakukan pembentukan matriks pembuatan spasial dengan dimensi $m \times m$ guna tempat i :

$$W(u_i, v_i) = \begin{pmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{im} \end{pmatrix}$$

dalam bentuk $W_i = \text{diag}[w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i)]$

Pada persamaan w_{ij} ialah pembobot pada tempat ke- j didalam estimasi parameter tempat ke- i . Misalnya yakni di tiap-tiap pembobot tempat (u_i, v_i) mempunyai $w_k(u_i, v_i), k = 1, 2, \dots, p$ yang mengakibatkan nilai parameter pada tempat observasi (u_i, v_i) ditaksir melalui penggunaan total kuadrat error dengan rumus seperti di bawah ini :

$$\sum_{j=1}^n w_j(u_i, v_i) \varepsilon_j^2 = \sum_{j=1}^n w_j(u_i, v_i) [y_j - \beta_0(u_i, v_i) - \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{jk}]^2$$

Dapat diubah menjadi bentuk matriks jumlah kuadrat terkecil menjadi :

$$\begin{aligned} \varepsilon^T W_i \varepsilon &= (y - X\beta_i)^T W_i (y - X\beta_i) \\ &= (y^T - \beta_i^T X^T) W_i (y - X\beta_i) \\ &= y^T W_i y - W_i y^T X \beta_i - \beta_i^T X^T W_i y + \beta_i^T X^T W_i X \beta_i \\ &= y^T W_i y - W_i (y^T X \beta_i)^T - \beta_i^T X^T W_i y + \\ &\quad \beta_i^T X^T W_i X \beta_i \\ &= y^T W_i y - \beta_i^T X^T W_i y - \beta_i^T X^T W_i y + \\ &\quad \beta_i^T X^T W_i X \beta_i \\ &= y^T W_i y - 2\beta_i^T X^T W_i y + \beta_i^T X^T W_i X \beta_i \end{aligned}$$

$$\text{Dengan} \quad \beta_i = \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_p(u_i, v_i) \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad W_i =$$

$\text{diag}[w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i)]$ dalam memperoleh penaksir parameter $\beta(u_i, v_i)$ yang efisien dapat menggunakan penurunan dari persamaan diatas terhadap $\beta^T(u_i, v_i)$ menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon^T W_i \varepsilon}{\partial \beta^T} &= \frac{\partial (y^T W_i y - 2\beta_i^T X^T W_i y + \beta_i^T X^T W_i X \beta_i)}{\partial \beta^T} \\ &= 0 - 2X^T W_i y + X^T W_i X \beta_i + \\ &\quad W_i (X^T \beta_i^T X^T)^T \\ &= -2X^T W_i y + X^T W_i \beta_{iX} + X^T W_i \beta_i X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -2X^T W_i y + 2X^T W_i \beta_i X \\
2X^T W_i y &= 2X^T W_i \beta_i X \\
X^T W_i y &= X^T W_i \beta_i X \\
\beta_i &= (X^T W_i X)^{-1} X^T W_i y
\end{aligned}$$

Untuk itu, didapatkan penaksiran atau estimasi pada parameter model GWR dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y$$

Pada persamaan di atas ini, X ialah matriks data dari variabel *independent*, Y ialah sebuah vektor *dependent* respon serta $W(u_i, v_i)$ ialah matriks pembobotnya.

B. Deskripsi Data

Pada kegiatan penelitian ini data yang dipergunakan ialah data produksi bawang merah dan beberapa variabel yang diduga memberikan pengaruh terhadap produktivitas bawang merah di kabupaten Brebes pada periode tahun 2021, data yang didapatkan berasal dari website Badan Pusat Statistik serta dinas pertanian kabupaten Brebes. Berasal dari total kecamatan atau kabupaten di kota Brebes yang dipergunakan sebagai variabel penelitian yakni sejumlah 12 kecamatan. Variabel dependen (Y) pada penelitian ini yaitu jumlah produksi bawang merah, sedangkan variabel independen nya (X) yaitu ketinggian wilayah, apakah penggunaan pupuk urea, SP-36 serta NPK, luas panen, jumlah penggunaan

pestisida, suhu rata-rata, total penggunaan bibit, total hari hujan, serta tenaga kerja.

Sebelum melaksanakan perhitungan, akan dilaksanakan sebuah analisa dengan syarat deskriptif berdasar dari data beberapa variabel tersebut, hal ini dilakukan bertujuan untuk menganalisa penggambaran awal produktivitas bawang merah di kabupaten Brebes. Mendeskripsikan data itu berdasar dari ukuran pemusatan serta penyebaran data. Disajikan tabel 4.1 yang menyatakan tentang hasil analisa deskriptif terhadap data penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Mean	Varsians	Std	Max	Min
Y	23312	84.712.123.506	29105,3	854174	65
X_1	87	57846,03	240,51	875	1
X_2	3.860	29.958.650	5473,4	20655	75
X_3	3.134	5.438.420	2341,6	7742	540
X_4	2.974	12.837.407	3582,93	11385	4
X_5	2.398	336.688,2	580,24	3301	1297
X_6	43001	2.786.039.886	52782	165839	300
X_7	7.166	13.433.539	3665,17	14420	1300

Berdasarkan Tabel 4.1 (Lampiran 1) dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah produksi bawang merah di Kabupaten Brebes pada tahun 2021 sebesar 233.120 Kwintal, dengan Jumlah produksi bawang merah tertinggi di Kecamatan Larangan dengan 854.174 kwintal, disusul

dengan Kecamatan Wanasari dengan 787.998 kwintal , kemudian disusul Brebes dengan 490.540 Kwintal. Sedangkan wilayah dengan jumlah produksi terendah terjadi Kecamatan Sirampog dengan 65 kwintal, kemudian disusul dengan Kecamatan Bantarkawung dengan 13.320 kwintal, kemudian disusul oleh Kecamatan Banjarharjo dengan 23.155 kwintal.

Ketinggian Wilayah dianggap berpengaruh terhadap jumlah produksi bawang merah pada setiap kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata ketinggian wilayah sebesar 87 mdpl. Terdapat 11 kecamatan yang berada dibawah rata-rata dan 2 kecamatan diatas rata-rata, wilayah dengan ketinggian wilayah tertinggi adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 875 mdpl dan wilayah dengan ketinggian wilayah terendah adalah Kecamatan Wanasari dengan 1 mdpl.

Jumlah penggunaan Pupuk Urea diduga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata jumlah penggunaan pupuk urea di Kabupaten Brebes sebesar 3860 Kwintal. Terdapat 11 Kecamatan yang berada dibawah rata-rata jumlah penggunaan pupuk urea dan 1 Kecamatan berada diatas rata-rata jumlah penggunaan pupuk urea, wilayah dengan jumlah

penggunaan pupuk urea tertinggi adalah Kecamatan Wanasari dengan angka 20665 Kwintal dan wilayah dengan jumlah penggunaan pupuk urea terendah adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 75 kwintal.

Pestisida diduga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata tenaga kerja di Kabupaten Brebes sebesar 3.134 liter . Terdapat 9 Kecamatan yang berada dibawah rata-rata jumlah penggunaan pestisida dan 4 Kecamatan berada diatas rata-rata jumlah penggunaan pestisida, wilayah dengan jumlah penggunaan pestisida tertinggi adalah Kecamatan Larangan dengan angka 7.742 liter dan wilayah dengan jumlah penggunaan pestisida terendah adalah Kecamatan Sirampog 540 Liter

Luas Panen di duga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata luas panen di Kabupaten Brebes sebesar 2974 Ha. terdapat 9 Kecamatan dibawah rata-rata dan 4 Kecamatan berada di atas rata-rata Luas Panen dengan Luas panen tertinggi adalah Kecamatan Wanasari dengan angka 11.385 Ha dan wilayah dengan luas panen rendah adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 3 Ha.

Jumlah Curah Hujan diduga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata jumlah hari hujan di Kabupaten Brebes sebesar 2398 mm. Terdapat 8 Kecamatan yang berada dibawah rata-rata jumlah hari hujan dan 5 Kecamatan berada diatas rata-rata jumlah hari hujan, wilayah dengan jumlah hari hujan tertinggi adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 3301 mm dan wilayah dengan jumlah hari hujan terendah adalah Kecamatan Kersana dengan angka 1297 mm.

Jumlah Penggunaan Bibit diduga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata jumlah penggunaan pupuk biibt di Kabupaten Brebes sebesar 43.001 Kwintal. Terdapat 9 Kecamatan yang berada dibawah rata-rata jumlah penggunaan bibit dan 4 Kecamatan berada diatas rata-rata jumlah penggunaan bibit, wilayah dengan jumlah penggunaan bibit tertinggi adalah Kecamatan Wanasari 165.389 Kwintal dan wilayah dengan jumlah penggunaan bibit terendah adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 300 kwintal.

Pupuk NPK diduga berpengaruh terhadap jumlah produksi pada setiap Kecamatan di Kabupaten

Brebes. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan rata-rata penggunaan pupuk NPK di Kabupaten Brebes sebesar 7.166 kwintal. Terdapat 9 Kecamatan yang berada dibawah rata-rata jumlah tenaga kerja dan 4 Kecamatan berada diatas rata-rata wilayah dengan jumlah penggunaan pupuk NPK tertinggi adalah Kecamatan Wanasari dengan angka 14.420 kwintal dan wilayah dengan jumlah penggunaan pupuk NPK terendah adalah Kecamatan Sirampog dengan angka 1.300 Kwintal.

C. Uji Asumsi Klasik

Apabila residual model bersifat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*) maka model regresi linier yang sudah terbentuk dapat dikatakan baik, sehingga dilakukan uji asumsi klasik untuk menunjukkan terpenuhinya asumsi-asumsi dalam model yang diperoleh memiliki ketepatan dalam estimasi, konsisten, dan tidak bias. Nilai *residual* dalam model regresi linear diperoleh dari data sebenarnya yang dikurangi data prediksi. Uji asumsi klasik yang dipergunakan pada kegiatan penelitian ini ialah Uji Normalitas, Uji Multikolinearitas, Uji Autokorelasi, dan Uji Homogenitas.

1. Uji Multikolinearitas

Tujuan dari dilaksanakannya uji multikolinearitas yakni guna mengetahui ada atau tidaknya korelasi diantara variabel-variabel independen pada model

regresi. Hasil estimasi parameter akan memperoleh hasil eror yang sangat besar apabila variabel independen mengalami multikolinearitas. Pada kegiatan penelitian ini uji multipolinearitas yang dipergunakan yakni *Varians Inflation Factor* (VIF). Multikolinearitas tidak akan terjadi terhadap variabel independen apabila nilai VIF kurang dari 10. Di bawah ini disajikan hasil dari uji multipolinearitas dengan penentuan nilai VIF sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Multikolinearitas

Kode	Variabel	Nilai VIF
X ₁	Ketinggian Wilayah	2,499907
X ₂	Urea	2,610856
X ₃	Pestisida	5,369829
X ₄	Luas Panen	6,278813
X ₅	Curah Hujan	1,739954
X ₆	Bibit	2,959726
X ₇	Pupuk NPK	3,767680

Berdasarkan tabel di atas (lampiran 2) dapat dinyatakan bahwasanya multikolinearitas tidak terjadi pada variabel independen yang digunakan dikarenakan nilai VIF yang didapatkan semua variabel independen kurang dari 10, variabel independen

tersebut akan dipergunakan pada modal regresi selanjutnya.

2. Uji Normalitas

Dilaksanakannya uji normalitas terhadap variabel residual bertujuan guna melakukan penentuan residualnya mengikuti distribusi normal atau tidak normal. Nilai residual yang berdistribusi normal dapat dikatakan sebagai model regresi yang baik. Uji *Kolmogrov-Smirnov* ialah kunci normalitas yang dipergunakan dalam penelitian ini, dengan terpenuhinya uji normalitas apabila $p - value < \alpha$ jika $D < D_{hitung}$. Pada tabel *Kolmogrov Smirnov* $D_{hitung} = 0,377$. Data *residual* yang telah diurutkan dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan

$$D = \max|(P_{ei} - P_{zi}|$$

$$D = \max|(0,0769 - 0,068); (0,153 - 0,348); \dots; (1 - 0,93085)|$$

$$D = 0,283$$

Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas

Nilai <i>P-Value</i>	Keterangan
0,9047	Normal

Menurut tabel di atas hasil perhitungan R studio (lampiran 2) didapatkan hasil uji normalitas yang

bernilai d p -value sejumlah 0,9047 dengan kriteria uji 0,9047 > 0,05 dan nilai $D < D_{hitung}$ $0,283 < 0,377$. Hasilnya menyatakan bahwasanya residual model berdistribusi normal dikarenakan kriteria uji normalitas mudah terpenuhi.

3. Uji Autokorelasi

Dilaksanakannya pengujian autokorelasi bertujuan guna mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar residual serta bisa memberikan penentuan korelasi antar variabel independen di tiap-tiap tempat observasi. Uji Durbin Watson ialah uji yang digunakan dalam uji autokorelasi ini, dengan kriteria pengujiannya $d_U < d < 4 - d_U$ yang menyatakan bahwasannya tidak adanya autokorelasi terhadap tabel Durbin Watson, guna $n = 13$ kecamatan $k = 7$ variabel independen, diketahui nilai $d_L = 4$ dan $d_U = 0$.

Tabel 4.4 Hasil Uji Autokorelasi

Nilai Durbin Watson
2,333804

Berdasarkan tabel di atas (lampiran 2) dapat dinyatakan bahwasanya didapatkan hasil uji autokorelasi yang bernilai d sejumlah 1,244 hingga

hasilnya didapatkan kriteria pengujiannya yakni $0 < 2,33804 < 4$. Hasilnya menyatakan bahwasanya terjadi autokorelasi terhadap model dikarenakan kriteria uji autokorelasi sudah terpenuhi.

4. Uji Homoskedastisitas

Sesudah mengetahui variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel dependen, langkah berikutnya yakni dilaksanakan uji homoskedastisitas pada data yang dipergunakan. Tujuan dari pengujian keragaman model regresi linier yakni guna mengetahui ada atau tidaknya perbedaan maupun kesamaan terhadap varian antar data observasi, apabila terdapat perbedaan antar varian dapat dikatakan heterogenesis, sedangkan apabila ada persamaan antara varians disebut dengan homoskedastisitas. Model regresi yang baik, nilai *residualnya* homoskedastisitas atau tidak terdapat perbedaan pada pengamatan. Uji homoskedastisitas dapat dilihat menggunakan uji *Breusch-Pagan*, dengan terpenuhinya kriteria uji homoskedastisitas jika $BP < X^2_{(0.05,7)}$ dan $p - value > \alpha$. Pada tabel Chi-square, untuk $n = 13$ dan $\alpha = 5\%$ diketahui nilai $X^2_{(0.05,7)} = 14,067$. berdasarkan persamaan (2.11) Hasil dari pengujian keragaman didapatkan nilai BP nya

sejumlah 17,834 serta nilai p-value sejumlah 0,04956(dapat dilihat dari lampiran 2). Melalui pernyataan itu dapat disimpulkan bahwasanya terjadi heterokedastisitas atau perbedaan dari varian model yang digunakan karena kriteria dari pengujian homoskedastisitas tidak terpenuhi.

Pada model regresi linier, apabila uji asumsi klasik tidak terpenuhi maka dapat dinyatakan bahwasanya model yang terbentuk itu tidak memiliki sifat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*).BLUE merupakan istilah yang merujuk pada estimator yang terbaik dalam kelas estimator linear dan tidak bias (Gali Gusira, 2021). Pada kegiatan penelitian ini, uji asumsi klasik yang tidak terpenuhi yang mana telah terjadi autokorelasi serta heteroskedastisitas yang menyatakan bahwasanya ada hubungan antar variabel independen dan ada perbedaan antara varians maupun karakteristik yang beragam serta keunikan terhadap data observasi satu dengan observasi lainnya. Dengan terjadi heterogedastisitas, juga menyatakan bahwasanya estimator yang terbentuk memiliki sifat tidak bias, untuk itu bisa memberikan akibat yakni model yang terbentuk menjadi tidak efisien serta sebuah simpulan yang diambil tidak menentu.

D. Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dapat digunakan apabila sebuah roda tidak memenuhi uji asumsi klasik (bersifat heterokedastisitas atau terdapat autokorelasi) bisa mempergunakan modal represi yang memperhatikan faktor spasial atau kewilayahan. Pada penggunaan model GWR pelaksanaan akomotif faktor kewilayahan berdasar dari letak geografis di tiap-tiap daerah kecamatan di kabupaten Brebes. Hingga datang koordinat geografis (*longitude* (u) serta *latitude* (v)) dipergunakan untuk faktor spasial, seperti halnya yang disajikan pada tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4.5 Sampel data koordinat geografis (*Longitude dan latitude*)

Kecamatan	u	v
Bantarkawung	-7.21	108.91
Sirampog	-7.20	109.06
Larangan	-7.00	108.94
Ketanggungan	-6.94	108.89

Banjarharjo	-6.98	108.85
Losari	-6.84	108.81
Tanjung	-6.87	108.85
Kersana	-6.92	108.86
Bulakamba	-6.87	108.95
Wanasari	-6.86	109.00
Songgom	-6.99	109.02
Jatibarang	-6.96	108.65
Brebes	-6.87	109.04

Sumber : BMKG 2021

Jarak antar kecamatan pada Kabupaten Brebes harus ditentukan dahulu berdasar dari koordinat geografisnya sebelum melaksanakan model GWR. Cara yang digunakan untuk menghitung jarak antar daerah dapat dilakukan melalui penentuan bandwidth maksimal dalam pembobotan model GWR. Model ini dilaksanakan dengan memberi sebuah pembobot yang tidak sama di tiap-tiap tempat observasi. Pada kegiatan penelitian ini fungsi kernel fixed gaussian ialah fungsi yang digunakan dalam

memilih babat optimal. *Eclidian* ialah rumus yang digunakan untuk menghitung jarak antar daerah observasi seperti yang terdapat di persamaan 2.25. Seperti halnya, menghitung jarak antara Kecamatan Bantarkawung (u_1, v_1) dan Kecamatan Sirampog (u_2, v_2) dengan simbol d_{12} .

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2} \\
 &= \sqrt{((-7.21) - (-7.20))^2 + (108.91 - 109.6)^2} \\
 &= \sqrt{(-0.01)^2 + (-0.69)^2} \\
 &= \sqrt{0.0001 + 0,4761} \\
 d_{12} &= \sqrt{0.4762} \\
 &= 0.69007245
 \end{aligned}$$

Kabupaten Brebes memiliki 13 Kecamatan, sehingga jarak *Euclidian* antar wilayah di Kabupaten Brebes akan membentuk matriks berukuran 13×13 (perhitungan lengkap lampiran 3)

$$\begin{aligned}
 d_{ij} &= \begin{bmatrix} d_{11} & d_{21} & \cdots & d_{131} \\ d_{12} & d_{22} & \cdots & d_{132} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{113} & d_{213} & \cdots & d_{1313} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & 0.6900 & \cdots & 0.5964 \\ 0.6900 & 0 & \cdots & 0.4362 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.5964 & 0.4362 & \cdots & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Tahapan selanjutnya menentukan *Bandwidth* optimum dengan fungsi *fixed gaussian* yang hanya menghasilkan

satu nilai *bandwidth*, karena fungsi pembobot kernel *fixed* memiliki nilai *bandwidth* yang sama pada setiap lokasi pengamatan. Melalui tahapan penentuan *bandwidth* dalam software Rstudio versi 3.2.0 didapatkan bahwa nilai *bandwidth* adalah 1,019429 untuk memperoleh nilai dalam fungsi pembobot fixed kernel *gaussian* maka nilai *bandwidth* disubstitusikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W(u_1, v_1) &= \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \\ &= \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{0.0000}{1,0194}\right)^2\right) \\ &= \exp(0.000) \\ &= 1 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan seperti proses diatas (bandwidth lengkap di lampiran 4), diperoleh Tabel (4.7) yang menunjukkan hasil perhitungan pembobot *kernel fixed* untuk Bantarkawung.

Tabel 4.6 Pembobot Fungsi Kernel di Kecamatan Bantarkawung

Kecamatan	<i>Euclidian</i>	<i>Gaussian</i>
Bantarkawung	0	1
Sirampog	0.6900	0,7952
Larangan	0.2121	0,9785
Ketanggungan	0.2707	0,9653

Banjarharjo	0.2376	0,9731
Losari	0.3832	0,9317
Tanjung	0.3452	0,9442
Kersana	0.2942	0,9591
Bulakamba	0.3423	0,9451
Wanasari	0.3613	0,9390
Songgom	0.2459	0,9713
Jatibarang	0.3606	0,9393
Brebes	0.3640	0,9382

Berdasarkan tabel (4.6) (lampiran 2) tersebut. Matriks Pembobot yang dibentuk oleh fungsi kernel *fixed Gaussian* pada Kecamatan Bantarkawung sebagai berikut :

$$W(u_1, v_1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0,7952 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0.9382 \end{bmatrix}$$

Dari perhitungan di atas (perhitungan detail lampiran 4) , matriks pembobot yang didapatkan guna tiap-tiap tempat observasi untuk melakukan pembentukan modal GWR, hingga di setiap kecamatan provinsi Brebes akan mempunyai modal produksi bawang merah yang tidak sama.

1. Estimasi Parameter

Pemodelan GWR mempergunakan jenis pembobot *Fixed Gaussian* menghasilkan paramater model serta

variabel yang berpengaruh berbeda tiap Kecamatan di Kabupaten Brebes. Model GWR dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = \gamma_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \gamma_k(u_i, v_i) + \epsilon_i, i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

Metode *Weighted Least Square* (WLS) ialah sebuah metode yang dipergunakan pada pelaksanaan estimasi parameter model GWR, yang mana metode WLS ialah pengembangan dari estimasi OLS dengan melakukan penambahan pembobot pada setiap tempat observasi $W(u_i, v_i)$. perhitungan estimasi parameter model GWR memakai metode WLS sebagaimana persamaan (2.17), pada salah satu daerah di Kabupaten Brebes yakni Kecamatan Bantarkawung di koordinat tempat (u_1, v_1) . Di bawah ini contoh perhitungan estimasi yang menggunakan fungsi pembobot *kernel fixed gaussian*.

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0 & 0,690 & \dots & 0,364 \\ 0 & 603,81 & \dots & 1,092 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 897,09 & \dots & 3738,84 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 4,108 & 630,22 & \dots & 28355,08 \\ 630,228 & 528712,45 & \dots & 992976,57 \\ 16683,7 & 115472,76 & \dots & 181551018 \\ 12362,2 & 418454,14 & \dots & 116719885 \\ 12287,7 & 72666,407 & \dots & 132977268 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 28355,1 & 992976,57 & \dots & 254824132 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} 11,03 & -0,00037 & \dots & -0,000637 \\ -0,0037 & 1,143 & \dots & 1,172 \\ -0,00042 & -8,24 & \dots & -0,3005 \\ -0,00062 & 3,565 & \dots & -2,742 \\ -0,00424 & -3,637 & \dots & -1,986 \\ \vdots & \vdots & \dots & 1,05 \\ -0,0064 & 1,17 & \dots & 2,475 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 925256 \\ 7017130 \\ 8498639433,137 \\ 5210548239,063 \\ 6073399164,584 \\ 2016987653,37 \\ 88822718127,59 \\ 9979321674 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -79040,44 \\ 306,7231 \\ -8,680073 \\ 108,6942 \\ 128,9504 \\ -74,09404 \\ -8,396564 \\ 18,70370 \end{bmatrix}$$

Menurut hasil perhitungan di atas (perhitungan detail di lampiran 5), didapatkan estimasi paramater model

GWR dengan fungsi pembobot kernel *fixed Gaussian* untuk kasus produksi bawang merah di Kecamatan Bantarkawung yaitu :

$$y_1 = -79040,44 + 306,7231X_1 - 8,68X_2 + 108,69X_3 \\ + 128,95X_4 - 74,090X_5 - 8,39X_6 \\ + 18,70 X_7$$

2. Uji Signifikasi Parameter Model GWR

Pengujian fungsi signifikan parameter model GWR dengan cara parsial yang memiliki tujuan guna mengetahui variabel yang terpengaruh dengan cara signifikan pada model produksi bawang merah yang terbentuk di tiap-tiap daerah kabupaten Brebes. Identifikasi parameter secara parsial berdasar dari uji T dengan taraf signifikasinya $\alpha = 5\%$. Pada pengujian signifikasi parameter model GWR akan diperoleh t_{hitung} yang akan dibandingkan dengan nilai t_{tabel} , yang mana nilai t_{tabel} didapatkan dari tabel t yakni sejumlah 2,571 . Kriteria pengambilan keputusan pada uji signifikasi secara parsial ialah apabila $|t_{hitung}| > t_{tabel}$, menyatakan bahwasanya variabel independen tersebut berpengaruh signifikan terhadap model. Pada tabel 4.7 akan disajikan sebuah variabel yang signifikan terhadap

setiap kecamatan di kabupaten Brebes pada jenis fungsi pembobot *fixed gaussian*.

**Tabel 4.7 Variabel yang signifikan pada model GWR
setiap kecamatan**

Kecamatan	Gaussian
Bantarkawung	$X_1 X_3 X_4$
Sirampog	$X_1 X_3 X_4$
Larangan	$X_1 X_3 X_4$
Ketanggungan	$X_1 X_3 X_5$
Banjahrajo	$X_1 X_3 X_4 X_5$
Losari	$X_1 X_3 X_5$
Tanjung	$X_1 X_3 X_5$
Kersana	$X_1 X_3 X_5$
Bulakmba	$X_1 X_3 X_4$
Wanasari	$X_1 X_3 X_4$
Songgom	$X_1 X_3$
Jatibarang	$X_1 X_3 X_4$
Brebes	$X_1 X_3$

Melalui tabel 4.7 yang disajikan di atas dapat dinyatakan bahwasanya pada tiap-tiap kecamatan memiliki signifikasi variabel independen, yang mana bisa ditarik sebuah simpulan bahwasanya di tiap-tiap kecamatan dengan jarak dekat mempunyai variabel yang sama serta bisa memberikan pengaruh pada kegiatan produksi bawang merah. Pernyataan itu selaras terhadap hukum pertama geografi yang berbunyi bahwasanya "semua hal akan saling memiliki keterkaitan satu dengan lainnya, tetapi sebuah hal yang

berjarak dekat akan mempunyai hubungan yang lebih". Setelah itu, tahap berikutnya ialah membentuk kelompok pada tiap-tiap daerah berdasar dari variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap fungsi pembobot yang dipergunakan. Fungsi pembobot kernel *fixed gaussian* dibagi menjadi 4 kategori daerah.

Berdasarkan dari tabel 4.7 di atas menyatakan bahwasanya signifikansi variabel independen guna setiap kecamatan, yang mana bisa ditarik simpulan bahwasanya di tiap-tiap daerah kecamatan yang berjarak dekat mempunyai persamaan variabel yang berpengaruh terhadap produksi bawang merah. Hal itu selaras dengan hukum pertama geografi yang mengemukakan bahwasanya "semua sesuatu saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang berjarak dekat mempunyai hubungan atau keterkaitan yang lebih". Berikutnya dilaksanakan pengelompokan pada tiap-tiap daerah berdasar dari variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap fungsi pembobot yang dipergunakan. Fungsi pembobot kernel *fixed gaussian* dibagi menjadi 4 kategori daerah. Didalam model GWR sesudah dilaksanakannya uji parsial yang memperoleh hasil variabel signifikan yang berbeda pada tiap-tiap tempat observasi. Di bawah ini

disajikan hasil dari nilai R^2 pada setiap Kecamatan di Brebes.

Tabel 4.8 nilai R^2 pada setiap lokasi pengamatan

Kecamatan	Gaussian
Bantarkawung	95,18
Sirampog	95,45
Larangan	95,26
Ketanggungan	95,26
Banjahrajo	95,23
Losari	95,26
Tanjung	95,26
Kersana	95,25
Bulakamba	95,30
Wanasari	95,32
Songgom	95,29
Jatibarang	95,16
Brebes	95,33

Berdasarkan dari tabel 4.8 hasilnya didapatkan bahwa hasil koefisien determinasi di setiap tempat observasi mempunyai nilai yang berbeda-beda. Sesudah dilaksanakannya uji signifikansi parameter model GWR diperoleh variabel yang tidak sama di setiap tempat observasi, selanjutnya dilakukan pembentukan pada model GWR dengan memperhatikan variabel yang memberikan pengaruh signifikan. Model GWR yang terbentuk di salah satu daerah Kabupaten Brebes yakni Kecamatan Bantarkawung di koordinat lokasi (u_1, v_1) .

$$y_1 = -79040,44 + 306,72X_1 + 108,69X_2 + 128,95X_4$$

Model GWR tersebut dapat diinterpretasikan bahwa apabila ketinggian wilayah bertambah 1 mdpl maka jumlah produksi akan meningkat sebanyak 306,72 kwintal, jumlah penggunaan pupuk urea bertambah satu kwintal maka produksi bawang merah di Kecamatan Bantarkawung akan meningkat 108,69 kwintal dan apabila luas panen bertambah 1 Ha maka jumlah produksi akan meningkat sebesar 128,95 kwintal dan. Model GWR untuk Kecamatan Bantarkawung menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,9518 artinya bahwa model GWR tersebut dapat menjelaskan jumlah produksi bawang merah di Kecamatan Bantarkawung sebesar 95.18% dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model.

E. Analisis Produksi Bawang Merah Kabupaten Brebes

Model GWR terbaik pada kasus produksi bawang merah di kabupaten Brebes yaitu model GWR fungsi pembobot *Fixed Gaussian*. Tabel (4.10) menunjukkan model GWR yang terbentuk menggunakan fungsi pembobot kernel *fixed Gaussian* berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan untuk semua lokasi pengamatan

Tabel 4.9 Model GWR *Fixed Gaussian*

Kecamatan	Model
Bantarkawung	$y_1 = -79040,4 + 306,72X_1 + 108,69X_2 + 128,95X_4$
Sirampog	$y_2 = -9110,55 + 307,14X_1 + 107,79X_3 + 134,10X_4$
Larangan	$y_3 = -79824,28 + 38,71X_1 + 108,96X_3 + 129,16X_4$
Ketanggungan	$y_4 = -79023,73 + 313,27X_1 + 109,11X_3 + 128,78X_5$
Banjarharjo	$y_5 = -78273,94 + 312,45X_1 + 109,11X_3 + 128,48X_4 - 75,66X_5$
Losari	$y_6 = -77746,06 + 315,88X_1 + 109,36X_3 - 76,59X_5$
Tanjung	$y_7 = -78410,01 + 315,04X_1 + 109,26X_3 - 76,37X_5$
Kersana	$y_8 = -78523,14 + 313,84X_1 + 109,18X_2 - 76,04X_5$
Bulakamba	$y_9 = -80163,40 + 314,78X_1 + 109,13X_3 + 129,22X_4$
Wanasari	$y_{10} = -81053,34 + 314,92X_1 + 109,07X_3 + 129,60X_4$
Songgom	$y_{11} = -81237,78 + 311,79X_1 + 108,86X_3$
Jatibarang	$y_{12} = -74801,05 + 313,82X_1 + 109,41X_3 + 129,96X_4$

Brebes	$y_{13} = -81742,38 + 314,62X_1 + 109X_3$
--------	---

Berdasarkan model diatas dapat dijelaskan pada Kecamatan Bantarkawung apabila terjadi kenaikan 1 mdpl pada ketinggian wilayah maka produksi akan mengalami peningkatan sebanyak 306,72 kwintal dimana variabel independen lainnya bersifat konstan, dan juga semakin tinggi wilayah tersebut maka semakin banyak produksi bawang merah yang dihasilkan. Penggunaan urea jika ditambahkan 1 kwintal maka produksi bawang merah akan mengalami kenaikan sebesar 108,69 kwintal, urea memberikan pengaruh positif di dalam urea mengandung nitrogen tinggi yang sangat penting untuk pertumbuhan vegetatif, terutama daun. Selain untuk meningkatkan pertumbuhan daun urea sangat berpengaruh untuk mempercepat fotosintesis lebih tinggi dan meningkatkan hasil panen. Luas panen yang bertambah sebanyak 1 ha maka produksi bawang merah di kabupaten Brebes akan bertambah sebanyak 128,95 Ha, luas panen merupakan faktor yang paling penting untuk penanaman dan produktivitas bawang merah. Semakin luas lahan yang dipanen , maka secara langsung produksi akan bertambah.

Berdasarkan tabel 4.9 diatas selanjutnya tiap kecamatan di Kabupaten Brebes dibagi menjadi beberapa kelompok sesuai dengan variabel *independent* yang berpengaruh secara lokal untuk setiap titik lokasi pengamatan dan didapatkan 6 kelompok. Secara lengkap pembagian pemetaan daerah menggunakan pembobot *Fixed Kernel Gaussian* terdapat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.10 Pengelompokan Kecamatan
berdasarkan Variabel Signifikan**

Kelompok	Daerah
1	Bantarkawung, Sirampog, Larangan, Bulakamba, Wanasari, dan Jatibarang
2	Ketanggungan, Losari, Tanjung dan Kersana
3	Banjarharjo
4	Songgom dan Brebes

Berdasarkan Tabel 4.7 kecamatan dapat dikelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan di tiap daerahnya, tabel 4.10 menunjukkan bahwasanya didapatkan 4 kelompok daerah berdasar dari variabel yang berpengaruh signifikan pada fungsi pembobot kernel *fixed gaussian*. Kelompok 1 yang tersusun atas daerah Bantarkawung, Sirampog, Larangan, Bulakamba,

Wanasari, dan Jatibarang. Kelompok ini menunjukkan bahwa ketinggian wilayah, pestisida dan luas panen jika bertambah maka produksi bawang merah akan bertambah. ketinggian suatu lokasi menentukan kondisi suhu, kelembaban, intensitas cahaya matahari dan sirkulasi udara. Menurut (Lumbantoruan et al., 2019) wilayah dengan ketinggian yang sesuai cenderung menghasilkan produksi yang lebih tinggi karena kondisi mikrolimatnya mendukung pertumbuhan optimal tanaman.

Pada kelompok 2, menunjukkan pengelompokan daerah yang tersusun atas 4 daerah yakni Kecamatan Ketanggungan, Losari, Tanjung dan Kersana. Pada kelompok 2, diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan yaitu ketinggian wilayah, pestisida dan curah hujan. Kelompok ini menunjukkan bahwa jika curah hujan semakin bertambah maka angka produksi bawang merah akan menurun. Menurut teori Fisiologi tanaman jika curah hujan semakin tinggi tanah akan cenderung jenuh air, akar kekurangan oksigen dan penyerapan hara akan terganggu.

Pada kelompok 3, menunjukkan wilayah Banjarharjo dengan variabel yang signifikan adalah ketinggian wilayah, pestisida, luas panen dan curah hujan. Pada kelompok ini menunjukkan bahwa ketinggian wilayah, penggunaan pestisida, luas panen dan curah hujan sangat

berpengaruh terhadap produksi bawang merah. Pestisida berfungsi sebagai zat kimia yang mampu membunuh hama yang menyerang tanaman. Pestisida yang digunakan untuk bawang merah biasanya menggunakan insektisida, fungisida dan akarisisida. Menurut (Lumbantoruan et al., 2019) penggunaan pestisida sesuai dengan dosis dan jenis dapat meningkatkan produksi bawang merah secara signifikan. Namun jika penggunaan pestisida secara berlebihan dan tidak sesuai aturan dapat menimbulkan efek negatif.

Pada kelompok 4, menunjukkan wilayah yang hanya terdiri dari Songgom dan Brebes dengan variabel yang berpengaruh adalah ketinggian wilayah dan pestisida. Kelompok ini menunjukkan semakin tinggi keadaan suatu wilayah maka akan semakin tinggi produksi bawang merah dan penggunaan pestisida yang stabil maka akan memberikan efek yang baik untuk bawang merah. . ketinggian suatu lokasi menentukan kondisi suhu, kelembaban, intensitas cahaya matahari dan sirkulasi udara. Menurut (Lumbantoruan et al., 2019) wilayah dengan ketinggian yang sesuai cenderung menghasilkan produksi yang lebih tinggi karena kondisi mikrolimatnya mendukung pertumbuhan optimal tanaman.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pemodelan produksi bawang merah di brebes menggunakan Regresi Spasial Khususnya *Geographically Weighted Regression* dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemodelan produksi bawang merah di Brebes menggunakan metode Regresi Spasial dengan WR dengan satu fungsi pembobot, menghasilkan model yang berbeda di tiap kecamatannya.

Kecamatan	Model
Bantarkawung	$y_1 = -79040,4 + 306,72X_1 + 108,69X_2 + 128,95X_4$
Sirampog	$y_2 = -9110,55 + 307,14X_1 + 107,79X_3 + 134,10X_4$
Larangan	$y_3 = -79824,28 + 38,71X_1 + 108,96X_3 + 129,16X_4$
Ketanggungan	$y_4 = -79023,73 + 313,27X_1 + 109,11X_3 + 128,78X_5$
Banjarharjo	$y_5 = -78273,94 + 312,45X_1 + 109,11X_3 + 128,48X_4 - 75,66X_5$
Losari	$y_6 = -77746,06 + 315,88X_1 + 109,36X_3 - 76,59X_5$

Tanjung	$y_7 = -78410,01 + 315,04X_1 + 109,26X_3 - 76,37X_5$
Kersana	$y_8 = -78523,14 + 313,84X_1 + 109,18X_2 - 76,04X_5$
Bulakamba	$y_9 = -80163,40 + 314,78X_1 + 109,13X_3 + 129,22X_4$
Wanasari	$y_{10} = -81053,34 + 314,92X_1 + 109,07X_3 + 129,60X_4$
Songgom	$y_{11} = -81237,78 + 311,79X_1 + 108,86X_3$
Jatibarang	$y_{12} = -74801,05 + 313,82X_1 + 109,41_3 + 129,96X_4$
Brebes	$y_{13} = -81742,38 + 314,62X_1 + 109X_3$

2. Hasil pemetaan berdasarkan fungsi pembobot kernel *fixed Gaussian* menghasilkan 4 kelompok yang berbeda berdasarkan variabel yang berpengaruh pada setiap wilayah. Pada fungsi *fixed kernel Gaussian* menghasilkan 4 kelompok yang berbeda. Kelompok pertama variabel yang berpengaruh yaitu ketinggian wilayah, pestisida dan luas panen, kelompok yang kedua variabel yang berpengaruh ketinggian wilayah pestisida dan curah hujan, pada kelompok yang ketiga variabel yang berpengaruh yaitu ketinggian wilayah, pestisida, luas panen dan curah hujan dan kelompok

yang keempat variabel yang berpengaruh yaitu ketinggian wilayah dan curah hujan.

Kelompok	Daerah
1	Bantarkawung, Sirampog, Larangan, Bulakamba, Wanasari, dan Jatibarang
2	Ketanggungan, Losari, Tanjung dan Kersana
3	Banjarharjo
4	Songgom dan Brebes

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, mengenai pemodelan dan analisis pengaruh faktor produksi bawang merah di Brebes dengan data yang memperhatikan faktor spasial dengan mempergunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) hasilnya menyatakan bahwasanya nilai R^2 sangat baik, sehingga dengan mempergunakan metode GW dapat mengakomodir adanya faktor spasial atau kewilayahan. Walaupun nilai R^2 pada jenis fungsi pembobot yang digunakan menyatakan nilai yang sangat baik di kegiatan penelitian berikutnya dapat melakukan percobaan serta melakukan penambahan pada fungsi pembobot yang lain, misalnya yaitu fungsi pembobot kernel adaptive.

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, P., Debataraja, N. N., & Sulistianingsih, E. (2018). Analisis Kemiskinan dengan Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Buletin Ilmiah Matematika Statistika Dan Terapannya, 7(3), 169–176.

Badan Pusat Statistik. *Produksi Tanaman Sayuran Menurut Kecamatan dan Jenis Tanaman di Kabupaten Brebes (kuintal), 2021 dan 2022*. BPS Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik. *Banyaknya Curah Hujan dan Hari Hujan Menurut Kecamatan di Kabupaten Brebes Tahun 2021*. BPS Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik. *Luas Panen Tanaman Sayuran Menurut Kecamatan dan Jenis Tanaman di Kabupaten Brebes (ha), 2021 dan 2022*. BPS Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Brebes*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Bantarkawung*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Banjarharjo*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Sirampog* Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Larangan* Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Ketanggungan*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Losari*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Tanjung* Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Kersana*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Bulakamba*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Wanasari*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Songgom*. Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes (2021). *Hasil Sensus Pertanian 2020 Kecamatan Jatibarang*. Jawa Tengah

Care, I., & Icu, U. (2017). *Muhammad Yusuf 1* , Yuliana Syam 2 , Andi Masyita Irwan 3 1. 156–163.

E, T., & Sipahutar, I. A. (2008). *Pengaruh Pupuk NPK Majemuk (16:16:15) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (Zea mays L) Di Tanah Inceptisols E*. 77–90.

Gusira, G., Sudarto, S., & Putra, A. N. (2020). Pengaruh

Lama Penyinaran Matahari Terhadap Potensi Produksi Padi Berdasarkan Analisis Spasial Di Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(1), 51–60.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.1.7>

Karim, H. A., Jamal, A., & Sutrisno, T. (2019). Respon Pemberian Pupuk Mikrobat Dengan Berat Umbi Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L). *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 4(1), 24.
<https://doi.org/10.35329/agrovital.v4i1.321>

Kemendag RI. (2020). *Profil Komoditas Bawang Merah*. 1–38.
https://ews.kemendag.go.id/sp2kplanding/assets/pdf/131212_ANL_UPK_BawangMerah.pdf

Lu, B., Charlton, M., Harris, P., & Fotheringham, A. S. (2014). Geographically weighted regression with a non-Euclidean distance metric: A case study using hedonic house price data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), 660–681.
<https://doi.org/10.1080/13658816.2013.865739>

Lumbantoruan, A. A., Setiawan, A., & Susanto, B. (2019). Model galat spasial untuk jumlah produksi padi tahun 2014 di jawa barat. *Jurnal Mercumatika : Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 3(2), 94–103.
<https://doi.org/10.26486/jm.v3i2.753>

M. Ismail, Masyhuri Mahfudz, F. S. (2019). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Bawang Merah di Desa Torongrejo Kecamatan Junrejo Kota Batu. *Mahasiswa Program Study Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang*.

Matematika, J., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., & Alam, P. (2019). Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bi-Square. In *Unnes Journal of Mathematics* (Vol. 8, Issue 1). <https://doi.org/10.15294/ujm.v8i1.17103>

Susanti, H., Budiraharjo, K., & Handayani, M. (2018). Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Produksi Terhadap Produksi Usahatani Bawang Merah Di Kecamatan Wanasari Kabupaten Brebes. *Agrisocionomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v2i1.2673>

Susanti, Y. (2018). Penerapan Model Geographically Weighted Regression(GWR) Pada Produksi Ubi Jalar. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 1(1), 52. <https://doi.org/10.13057/ijas.v1i1.24114>

Tanah, B. P., Tentara, J., No, P., & Email, B. (2015). Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 107–120. <https://doi.org/10.2018/jsdl.v9i2.6600>

Trishnanti, A. H. (2021). Aplikasi *Geographically Weighted Regression* (GWR) Untuk Pemetaan Faktor Yang

Mempengaruhi Indeks Aktivitas Literasi Membaca di Indonesia. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, 80-91.

Qolbiatunas, N. P., & Nugraha, J. (2018). *Pendekatan Model Geographically Weighted Regression*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Variabel Dependen dan Independen

Kecamatan	Ketinggian Wilayah	Urea	Pestisida	Luas Panen	Curah Hujan	Bibit	Pupuk NPK	Jumlah Produksi
Bantarkawung	161	533	867	173	3020	2.520	3.300	13.320
Sirampog	875	75	540	3	3301	300	1300	65
Larangan	23	1951	7.200	7.661	2173	111.593	12.232	854.174
Ketanggungan	17	3073	2.700	1.229	3239	17.902	9.163	150.481
Banjarharjo	22	1220	2.800	192	2905	2.830	5.627	23.155
Losari	5	1655	1.200	697	1817	2.796	5.286	60.440
Tanjung	3	2492	2.520	1.927	2090	28.069	7.405	230.780
Kersana	11	2120	1.750	882	1297	12.847	6.032	109.080

Bulakamba	3	1633	1.600	6.304	2243	91.827	8.322	42.550
Wanasari	1	20655	7.742	11.385	2081	165.83 9	14.420	787.998
Songgom	5	3529	3.562	1.408	2504	20.509	5.627	102.672
Jatibarang	5	2480	2.500	1.241	2253	18.076	4.168	165.310
Brebes	3	8766	5.760	5.558	2251	83.902	10.270	490.540

Lampiran 2 Script Analisis GWR

```
library(readxl)
```

```
> Data_Olah_Data <- read_excel("D:/skripsi 2022 aamiin/data  
skripsi/Data Olah Data.xlsx")
```

```
> View(Data_Olah_Data)
```

```
> Y= Data_Olah_Data$`Jumlah Produksi`
```

```
> X1=Data_Olah_Data$`Ketinggian Wilayah`
```

```
> X2=Data_Olah_Data$Urea
```

```
> X3=Data_Olah_Data$Pestisida
```

```
> X4=Data_Olah_Data$`Luas Panen`
```

```
> X5=Data_Olah_Data$`Curah Hujan`
```

```
> X6=Data_Olah_Data$Bibit
```

```
> X7=Data_Olah_Data$`Pupuk NPK`
```

```
> U=Data_Olah_Data$U
```

```
> V=Data_Olah_Data$V
```

```
> a<-lm(Y~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7)
```

```
> summary(a)
```

Call:

```
lm(formula = Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7)
```

Residuals:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

115710 -20055 42014 18318 -89396 -8857 60036 -
 10358 -68401 13147
 11 12 13
 -105916 73128 -19368

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-77962.799	178672.955	-0.436	0.6808
X1	302.410	188.757	1.602	0.1700
X2	-8.608	8.476	-1.015	0.3565
X3	109.098	28.414	3.840	0.0121 *
X4	128.469	215.373	0.596	0.5768
X5	-74.824	65.263	-1.146	0.3035
X6	-8.389	14.596	-0.575	0.5904
X7	18.718	25.707	0.728	0.4992

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 99460 on 5 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9513, Adjusted R-squared: 0.8832

F-statistic: 13.96 on 7 and 5 DF, p-value: 0.005196

> ##Uji ASUMSI Klasik

> #Uji Multikolinearitas

```

> library(car)
Loading required package: carData> vif(a)
      X1      X2      X3      X4      X5      X6      X7
2.499907  2.610856  5.369829  6.278813  1.739454
2.959726  3.767680
> #Uji Normalitas
> resid<-abs(a$residuals)
> res=a$residuals
>
ks.test(res,"pnorm",mean(res),sd(res),alternative=c("two.sided"))

```

Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test

```

data: res
D = 0.14661, p-value = 0.9047
alternative hypothesis: two-sided

```

```

> #Uji Heterokedastisitas Spasial
> bptest(lm(a$residuals~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7))

```

studentized Breusch-Pagan test

```

data: lm(a$residuals ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7)

```

```

BP = 17.834, df = 7, p-value = 0.04956
> #BANDWIDTH
> library(spgwr)
>
h<-
gwr.sel(Y~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7,coords=cbind(U,V),data
=Data_Olah_Data,adapt=FALSE,gweight=gwr.Gauss)
Bandwidth: 0.3900481 CV score: 2.46809e+12
Bandwidth: 0.6304811 CV score: 2.088278e+12
Bandwidth: 0.7790768 CV score: 1.991748e+12
Bandwidth: 0.8406347 CV score: 1.965586e+12
Bandwidth: 0.9089589 CV score: 1.942502e+12
Bandwidth: 0.9511855 CV score: 1.930651e+12
Bandwidth: 0.977283 CV score: 1.924084e+12
Bandwidth: 0.9934122 CV score: 1.920282e+12
Bandwidth: 1.003381 CV score: 1.918024e+12
Bandwidth: 1.009541 CV score: 1.916661e+12
Bandwidth: 1.013349 CV score: 1.915832e+12
Bandwidth: 1.015702 CV score: 1.915324e+12
Bandwidth: 1.017156 CV score: 1.915012e+12
Bandwidth: 1.018055 CV score: 1.914819e+12
Bandwidth: 1.018611 CV score: 1.914701e+12
Bandwidth: 1.018954 CV score: 1.914628e+12
Bandwidth: 1.019166 CV score: 1.914583e+12
Bandwidth: 1.019297 CV score: 1.914555e+12

```

Bandwidth: 1.019379 CV score: 1.914537e+12

Bandwidth: 1.019429 CV score: 1.914527e+12

Bandwidth: 1.019429 CV score: 1.914527e+12

Warning message:

```
In gwr.sel(Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7, coords =  
cbind(U, :
```

```
Bandwidth converged to upper bound:1.01950968607462
```

```
> #estimasi parameter
```

```
> gwr1$bandwidth
```

```
Error: object 'gwr1' not found
```

```
>
```

```
gwr1<-
```

```
gwr(Y~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7,coords=cbind(U,V),bandwidth=h,data=Data_Olah_Data,hatmatrix=TRUE,gweight=gwr.Gauss)
```

```
Error in gwr(Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7, coords =  
cbind(U, V), :
```

```
unused argument (bandwidth = h)
```

```
>
```

```
wr1<-
```

```
gwr(Y~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7,coords=cbind(U,V),bandwidth=h,data=Data_Olah_Data,hatmatrix=TRUE,gweight=gwr.Gauss)
```

```
> wr1$bandwidth
```

```
[1] 1.019429
```

```
> anova(wr1)
```


Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value
OLS Residuals	8.00000	4.9466e+10		
GWR Improvement	0.11109	1.4432e+09	1.2991e+10	
GWR Residuals	4.88891	4.8023e+10	9.8228e+09	1.3225

> #OUTPUT

> wr1

Call:

gwr(formula = Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7, data =
Data_Olah_Data,

coords = cbind(U, V), bandwidth = h, gweight = gwr.Gauss,
hatmatrix = TRUE)

Kernel function: gwr.Gauss

Fixed bandwidth: 1.019429

Summary of GWR coefficient estimates at data points:

	Min.	1st Qu.	Median	3rd Qu.	Max.
X.Intercept.	-91110.5530	-81053.3417	-79040.4391	-78410.0133	-74801.0520
X1	306.7231	311.7974	313.8211	314.7801	315.8854
X2	-8.7452	-8.6445	-8.6287	-8.6220	-8.6029
X3	107.7917	108.9615	109.1123	109.1841	109.4132
X4	126.9642	128.4810	128.9504	129.6039	134.1059
X5	-76.5931	-76.3116	-75.9406	-75.4800	-73.6610
X6	-8.8023	-8.5008	-8.4326	-8.4021	-8.2868

X7 18.5280 19.2044 19.2545 19.5692 20.6457

Global

X.Intercept. -77962.7993

X1 302.4100

X2 -8.6075

X3 109.0982

X4 128.4693

X5 -74.8245

X6 -8.3886

X7 18.7179

Number of data points: 13

Effective number of parameters (residual: 2traceS - traceS'S):
8.111093

Effective degrees of freedom (residual: 2traceS - traceS'S):
4.888907

Sigma (residual: 2traceS - traceS'S): 99110.01

Effective number of parameters (model: traceS): 8.056656

Effective degrees of freedom (model: traceS): 4.943344

Sigma (model: traceS): 98562.78

Sigma (ML): 60778.74

AICc (GWR p. 61, eq 2.33; p. 96, eq. 4.21): 403.2842

AIC (GWR p. 96, eq. 4.22): 331.3389

Residual sum of squares: 48022721704

Quasi-global R2: 0.9527589

```

> nilai parameter
Error: unexpected symbol in "nilai parameter"
> #Nilai Parameter
> wr1$SDF$1`Intercept`
Error: unexpected numeric constant in "wr1$SDF$1"
> wr1$SDF$`Intercept`
NULL
> wr1$SDF$X1
[1] 306.7231 307.1492 311.7175 313.2770 312.4531
315.8854 315.0476 313.8402
[9] 314.7801 314.9220 311.7974 313.8211 314.6288
> wr1$SDF$X2
[1] -8.680073 -8.745219 -8.644525 -8.628688 -8.631465 -
8.602860 -8.612312 -8.622002
[9] -8.623035 -8.626651 -8.651098 -8.606224 -8.632548
> wr1$SDF$X3
[1] 108.6942 107.7917 108.9615 109.1149 109.1123
109.3650 109.2681 109.1841
[9] 109.1311 109.0764 108.8673 109.4132 109.0078
> wr1$SDF$X4
[1] 128.9504 134.1059 129.1628 128.7800 128.4810
128.1644 128.4706 128.5512
[9] 129.2271 129.6039 129.7656 126.9642 129.9067
> wr1$SDF$X5

```

```

[1] -74.09404 -73.66102 -75.46861 -75.89571 -75.66312 -
76.59314 -76.37505 -76.04584
[9] -76.31158 -76.34612 -75.48004 -75.94056 -76.25707
> wr1$SDF$X6
[1] -8.396564 -8.802349 -8.451750 -8.432572 -8.401962 -
8.402110 -8.420810 -8.418224
[9] -8.480155 -8.511514 -8.500807 -8.286845 -8.533503
> wr1$SDF$X7
[1] 18.70370 20.64571 19.25454 19.24558 19.04541
19.23559 19.28462 19.20442
[9] 19.56922 19.73393 19.50227 18.52800 19.82614
> wr1$SDF$(Intercept`
NULL
> wr1$SDF$(Intercept)`
[1] -79040.44 -91110.55 -79824.28 -79023.73 -78273.94 -
77746.06 -78410.01 -78523.14
[9] -80163.40 -81053.34 -81237.78 -74801.05 -81742.38
> #Uji Geografis
> LMZ.F3GWR.test(wr1)

```

Leung et al. (2000) F(3) test

	F statistic	Numerator d.f.	Denominator d.f.	Pr(>)
(Intercept)	1.59577	2.79411	4.9975	0.3002

X1	0.23026	2.87502	4.9975 0.8653
X2	1.57445	4.47831	4.9975 0.3138
X3	0.99042	2.57057	4.9975 0.4559
X4	0.19772	2.17580	4.9975 0.8422
X5	1.20008	3.66248	4.9975 0.4095
X6	0.22386	2.24034	4.9975 0.8281
X7	0.60246	2.75390	4.9975 0.6293

```
> #THITUNG
```

```
> t_Y<-wr1$SDF$(Intercept)`/wr1$SDF$(Intercept)_se`
```

```
Error in t - Y <-
```

```
wr1$SDF$(Intercept)`/wr1$SDF$(Intercept)_se` :
```

```
could not find function "-<-"
```

```
> t_Y<-wr1$SDF$(Intercept)`/wr1$SDF$(Intercept)_se`
```

```
> t_X1<-wr1$SDF$X1/wr1$SDF$X1_se
```

```
> t_X2<-wr1$SDF$X2/wr1$SDF$X2_se
```

```
> t_X3<-wr1$SDF$X3/wr1$SDF$X3_se
```

```
> t_X4<-wr1$SDF$X4/wr1$SDF$X4_se
```

```
> t_X5<-wr1$SDF$X5/wr1$SDF$X5_se
```

```
> t_X6<-wr1$SDF$X6/wr1$SDF$X6_se
```

```
> t_X7<-wr1$SDF$X7/wr1$SDF$X7_se
```

```
> t_Y
```

```
[1] -0.4464083 -0.5136664 -0.4508229 -0.4463147 -  
0.4420872 -0.4391074 -0.4428544
```

[8] -0.4434927 -0.4527301 -0.4577315 -0.4587678 -
0.4224423 -0.4615986

> t_X1

[1] 3.639710 2.636962 2.665951 2.673837 2.669425
3.686556 3.682635 3.676566

[9] 2.681790 2.682677 2.666466 3.674693 3.681239

> t_X2

[1] -1.033389 -1.041097 -1.029171 -1.027287 -1.027617 -
1.024211 -1.025337 -1.026491

[9] -1.026614 -1.027043 2.029952 -1.024608 -1.027745

> t_X3

[1] 3.860212 3.823712 3.869755 3.875253 3.875191
3.884095 3.880684 3.877722

[9] 3.875722 3.873671 3.866229 3.885601 3.871129

> t_X4

[1] 2.6042060 2.6274253 0.6052013 0.6034078 0.6020015
0.6005031 0.6019507 0.6023314

[9] 2.6055028 2.6072595 0.6080073 2.5947884 0.6086645

> t_X5

[1] -1.145643 -1.138647 -1.166920 2.873467 2.669896
2.284083 2.8880778 2.575758

[9] -1.179830 -1.180363 -1.167099 -1.174082 -1.179006

> t_X6

```

[1] -0.5805193 -0.6076520 -0.5843349 -0.5830098 -
0.5808890 -0.5808843 -0.5821895
[8] -0.5820139 -0.5862980 -0.5884565 -0.5877073 -
0.5728303 -0.5899629
> t_X7
[1] 0.7341482 0.8072086 0.7557918 0.7554739 0.7476377
0.7550435 0.7569928 0.7538630
[9] 0.7681166 2.7745183 0.7653987 0.7271634 0.7780728
> #Rsquare
> wr.1R2=wr1$SDF$localR2
> wr.1R2
[1] 0.9518362 0.9545101 0.9526074
[4] 0.9526072 0.9523361 0.9526202
[7] 0.9526747 0.9525582 0.9530404
[10] 0.9532534 0.9529347 0.9516598
[13] 0.9533699

```

Lampiran 3 Perhitungan Manual Jarak Antar Kecamatan

$$\begin{aligned}d_{12} &= \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2} \\&= \sqrt{((-7.21) - (-7.20))^2 + (108.91 - 109.6)^2} \\&= \sqrt{(-0.01)^2 + (-0.69)^2} \\&= \sqrt{0.0001 + 0,4761} \\&= \sqrt{0.4762} \\&= 0.69007245\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{13} &= \sqrt{(u_1 - u_3)^2 + (v_1 - v_3)^2} \\&= \sqrt{((-7.21) - (-7.00))^2 + (108.91 - 108.94)^2} \\&= \sqrt{(-0,21)^2 + (-0.03)^2} \\&= \sqrt{0,0441 + 0,0009} \\&= \sqrt{0.045} \\&= 0,212132\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{14} &= \sqrt{(u_1 - u_4)^2 + (v_1 - v_4)^2} \\&= \sqrt{((-7.21) - (-6,94))^2 + (108.91 - 108.89)^2} \\&= \sqrt{(-0.27)^2 + (-0,02)^2} \\&= \sqrt{0.0729 + 0,0004} \\&= \sqrt{0.0733} \\&= 0.2707397\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{15} &= \sqrt{(u_1 - u_5)^2 + (v_1 - v_5)^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6,98))^2 + (108.91 - 108.85)^2} \\
&= \sqrt{(-0.23)^2 + (-0.06)^2} \\
&= \sqrt{0.0529 + 0,0036} \\
&= \sqrt{0.0565} \\
&= 0.2376973
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{16} &= \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6,84))^2 + (108.91 - 108.81)^2} \\
&= \sqrt{(-0,37)^2 + (0,1)^2} \\
&= \sqrt{0.1369 + 0,01} \\
&= \sqrt{0.1469} \\
&= 0.3832754
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{17} &= \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6.87))^2 + (108.91 - 108.85)^2} \\
&= \sqrt{(-0,34)^2 + (0,06)^2} \\
&= \sqrt{0.1156 + 0,0036} \\
&= \sqrt{0.1192} \\
&= 0.3452535
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{18} &= \sqrt{(u_1 - u_8)^2 + (v_1 - v_8)^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6.92))^2 + (108.91 - 108.86)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(-0.29)^2 + (0.05)^2} \\
&= \sqrt{0.0841 + 0,0025} \\
&= \sqrt{0.0866} \\
&= 0.2942788
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{19} &= \sqrt{(u_1 - u_9)^2 + (v_1 - v_9)^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6,87))^2 + (108.91 - 108,95)^2} \\
&= \sqrt{(-0.34)^2 + (-0.04)^2} \\
&= \sqrt{0.1156 + 0,0016} \\
&= \sqrt{0.1172} \\
&= 0.3423449
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{110} &= \sqrt{(u_1 - u_{10})^2 + (v_1 - v_{10})^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6,86))^2 + (108.91 - 109.0)^2} \\
&= \sqrt{(-0.35)^2 + (-0.09)^2} \\
&= \sqrt{0.1125 + 0,0081} \\
&= \sqrt{0.1306} \\
&= 0.3613862
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{111} &= \sqrt{(u_1 - u_{11})^2 + (v_1 - v_{11})^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6,99))^2 + (108.91 - 109.02)^2} \\
&= \sqrt{(-0.22)^2 + (-0.11)^2} \\
&= \sqrt{0.0484 + 0.0121}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{0.0605} \\
&= 0.2459675 \\
d_{112} &= \sqrt{(u_1 - u_{12})^2 + (v_1 - v_{12})^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6.96))^2 + (108.91 - 108.65)^2} \\
&= \sqrt{(-0.0,25)^2 + (-0.26)^2} \\
&= \sqrt{0.0625 + 0,0676} \\
&= \sqrt{0.1301} \\
&= 0.3606938 \\
d_{113} &= \sqrt{(u_1 - u_{13})^2 + (v_1 - v_{13})^2} \\
&= \sqrt{((-7.21) - (-6.87))^2 + (108.91 - 109.04)^2} \\
&= \sqrt{(-0.34)^2 + (-0.13)^2} \\
&= \sqrt{0.1156 + 0,0169} \\
&= \sqrt{0.1325} \\
&= 0.364005 \\
d_{22} &= \sqrt{(u_2 - u_2)^2 + (v_2 - v_2)^2} \\
&= \sqrt{((-7.20) - (-7.20))^2 + (109.06 - 109.6)^2} \\
&= \sqrt{(0.00)^2 + (0.00)^2} \\
&= \sqrt{0.0000 + 0,000} \\
&= \sqrt{0,000} \\
&= 0.000 \\
d_{23} &= \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{((-7.20) - (-7.00))^2 + (109.06 - 108.94)^2} \\
&= \sqrt{(-0.20)^2 + (0.71)^2} \\
&= \sqrt{0.04 + 0,4356} \\
&= \sqrt{0,4756} \\
&= 0.6869637
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{24} &= \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2} \\
&= \sqrt{((-7.20) - (-6.94))^2 + (109.06 - 108.89)^2} \\
&= \sqrt{(-0.26)^2 + (0.71)^2} \\
&= \sqrt{0.0676 + 0,5041} \\
&= \sqrt{0,5771} \\
&= 0.7561085
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{25} &= \sqrt{(u_2 - u_5)^2 + (v_2 - v_5)^2} \\
&= \sqrt{((-7.20) - (-6,98))^2 + (109.06 - 108.85)^2} \\
&= \sqrt{(-0.22)^2 + (0.71)^2} \\
&= \sqrt{0.0484 + 0,5625} \\
&= \sqrt{0,6109} \\
&= 0.7816009
\end{aligned}$$

jarak antar kecamatan									
d11	0	d21	0,69007	d31	0,21213	d41	0,27074	d51	0,2377
d12	0,69007	d22	0	d32	0,68964	d42	0,75611	d52	0,7816
d13	0,21213	d23	0,68964	d33	0	d43	0,0781	d53	0,0922
d14	0,27074	d24	0,75611	d34	0,0781	d44	0	d54	0,05657
d15	0,2377	d25	0,7816	d35	0,0922	d45	0,05657	d55	0
d16	0,38328	d26	0,86816	d36	0,20616	d46	0,12806	d56	0,1456
d17	0,34525	d27	0,81939	d37	0,15811	d47	0,08062	d57	0,11
d18	0,29428	d28	0,7912	d38	0,11314	d48	0,03606	d58	0,06083
d19	0,34234	d29	0,72897	d39	0,13038	d49	0,0922	d59	0,14866
d110	0,36139	d210	0,68964	d310	0,15232	d410	0,13601	d510	0,19209
d111	0,24597	d211	0,61685	d311	0,08062	d411	0,13928	d511	0,17029
d112	0,36069	d212	0,97985	d312	0,29275	d412	0,24083	d512	0,201
d113	0,36401	d213	0,65	d313	0,16401	d413	0,16553	d513	0,21954

Jarak Antar Kecamatan

d61	0,38328	d71	0,34525	d81	0,29428	d91	0,34234	d101	0,36139
d62	0,86816	d72	0,81939	d82	0,7912	d92	0,72897	d102	0,68964
d63	0,20616	d73	0,15811	d83	0,11314	d93	0,13038	d013	0,15232
d64	0,12806	d74	0,08062	d84	0,03606	d94	0,0922	d014	0,13601
d65	0,1456	d75	0,11	d85	0,06083	d95	0,14866	d105	0,19209
d66	0	d76	0,05	d86	0,09434	d96	0,14318	d106	0,19105
d67	0,05	d77	0	d87	0,05099	d97	0,1	d107	0,15033
d68	0,09434	d78	0,05099	d88	0	d98	0,10296	d108	0,15232
d69	0,14318	d79	0,1	d89	0,10296	d99	0	d109	0,05099
d610	0,19105	d710	0,15033	d810	0,15232	d910	0,05099	d1010	0
d611	0,25807	d711	0,20809	d811	0,17464	d911	0,13892	d011	0,13153
d612	0,2	d712	0,21932	d812	0,21378	d912	0,31321	d012	0,36401
d613	0,23195	d713	0,19	d813	0,18682	d913	0,09	d1013	0,04123

Jarak Antar Kecamatan					
d111	0,24597	d121	0,36069	d131	0,36401
d112	0,61685	d122	0,97985	d132	0,65
d113	0,08062	d123	0,29275	d133	0,16401
d114	0,13928	d124	0,24083	d134	0,16553
d115	0,17029	d125	0,201	d135	0,21954
d116	0,25807	d126	0,2	d136	0,23195
d117	0,20809	d127	0,21932	d137	0,19
d118	0,17464	d128	0,21378	d138	0,18682
d119	0,13892	d129	0,31321	d139	0,09
d1110	0,13153	d1210	0,36401	d1310	0,04123
d1111	0	d1211	0,37121	d1311	0,12166
d1112	0,37121	d1212	0	d1312	0,40025
d1113	0,12166	d1213	0,40025	d1313	0

Lampiran 4 Bandwidth W

W11	1	W21	0,79524	W31	0,97858	W41	0,96535	W51	0,97318
W12	0,79524	W22	1	W32	0,79547	W42	0,75953	W52	0,74534
W13	0,97858	W23	0,79547	W33	1	W43	0,99707	W53	0,99592
W14	0,96535	W24	0,75953	W34	0,99707	W44	1	W54	0,99846
W15	0,97318	W25	0,74534	W35	0,99592	W45	0,99846	W55	1
W16	0,93176	W26	0,69585	W36	0,97976	W46	0,99214	W56	0,98985
W17	0,94426	W27	0,72396	W37	0,98804	W47	0,99688	W57	0,9942
W18	0,95919	W28	0,73994	W38	0,99386	W48	0,99937	W58	0,99822
W19	0,94517	W29	0,7744	W39	0,99185	W49	0,99592	W59	0,98942
W110	0,9391	W210	0,79547	W310	0,9889	W410	0,99114	W510	0,9824
W111	0,97131	W211	0,83271	W311	0,99688	W411	0,99071	W511	0,98614
W112	0,93932	W212	0,63007	W312	0,95961	W412	0,97248	W512	0,98075
W113	0,93824	W213	0,81605	W313	0,98714	W413	0,9869	W513	0,97708

W61	0,93176	W71	0,94426	W81	0,95919	W91	0,94517	W101	0,9391
W62	0,69583	W72	0,72394	W82	0,73993	W92	0,77439	W102	0,79546
W63	0,97976	W73	0,98804	W83	0,99386	W93	0,99185	W103	0,9889
W64	0,99214	W74	0,99688	W84	0,99937	W94	0,99592	W104	0,99114
W65	0,98985	W75	0,99419	W85	0,99822	W95	0,98942	W105	0,9824
W66	1	W76	0,9988	W86	0,99573	W96	0,99018	W106	0,98259
W67	0,9988	W77	1	W87	0,99875	W97	0,9952	W107	0,98918
W68	0,99573	W78	0,99875	W88	1	W98	0,99491	W108	0,9889
W69	0,99018	W79	0,9952	W89	0,99491	W99	1	W109	0,99875
W610	0,98259	W710	0,98918	W810	0,9889	W910	0,99875	W1010	1
W611	0,96846	W711	0,97938	W811	0,98543	W911	0,99076	W1011	0,99171
W612	0,98094	W712	0,97712	W812	0,97825	W912	0,9539	W1012	0,93824
W613	0,97445	W713	0,98278	W813	0,98335	W913	0,99611	W1013	0,99918

W111	0,97131	W121	0,93932	W131	0,93824
W112	0,8327	W122	0,63005	W132	0,81604
W113	0,99688	W123	0,9596	W133	0,98714
W114	0,99071	W124	0,97248	W134	0,9869
W115	0,98614	W125	0,98075	W135	0,97708
W116	0,96846	W126	0,98094	W136	0,97445
W117	0,97938	W127	0,97712	W137	0,98278
W118	0,98543	W128	0,97825	W138	0,98335
W119	0,99076	W129	0,9539	W139	0,99611
W1110	0,99171	W1210	0,93824	W1310	0,99918
W1111	1	W1211	0,93585	W1311	0,9929
W1112	0,93585	W1212	1	W1312	0,92582
W1113	0,9929	W1213	0,92582	W1313	1

Lampiran 5 Perhitungan Manual Estimasi Parameter

1. Estimasi Parameter Kecamatan Sirampog

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,879 & 1 & \dots & 0,816054 \\ 128,03 & 875 & \dots & 2,448 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 2624,29 & 1300 & \dots & 8380,877 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 10,10 & 1077,31 & \dots & 71918,43 \\ 1077,31 & 787404,6 & \dots & 2170463 \\ 39168,34 & 321862,2 & \dots & 419858480,21 \\ 31688,15 & 866585,8 & \dots & 299949648,32 \\ 30272,17 & 244825,9 & \dots & 166603112,18 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 71918,43 & 270463 & \dots & 645225715,76 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 4,384567 & -0,00032 & \dots & -0,00026 \\ -0,00032 & 4,301074 & \dots & 3,958038 \\ 8,83523 & -6,57319 & \dots & 2,894426 \\ 0,00004 & -5,03157 & \dots & -4,7597015 \\ -0,00168 & -2,17102 & \dots & -1,30000 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ -0,00026 & -8,065213 & \dots & 9,09638756 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 2361264,36 \\ 24186998,95 \\ 19430719905,42 \\ 1367392901 \\ 15592199892 \\ 5187494797 \\ 227991040535 \\ 25776523704 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -91110,55 \\ 307,1492 \\ -8,74522 \\ 107,7917 \\ 134,1059 \\ -73,661 \\ -8,80235 \\ 20,64571 \end{bmatrix}$$

2. Estimasi Parameter Kecamatan Larangan

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,9785 & 0,79547 & \dots & 0,9871 \\ 157,551 & 696,036 & \dots & 2,9614 \\ 521,584 & 59,6602 & \dots & 8653,28 \\ 848,43 & 429,553 & \dots & 5685,933 \\ 169,29 & 2,38641 & \dots & 5486,53 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3229,32 & 1034,111 & \dots & 10137,94 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,653 & 950,952 & \dots & 91987,22 \\ 950,95 & 635918,1 & \dots & 2215978 \\ 49598,46 & 379273,8 & \dots & 526691062 \\ 40242,34 & 876875,3 & \dots & 378912637 \\ 38305,02 & 308803,4 & \dots & 41316381 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91987,22 & 2215978 & \dots & 821258928 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,2588 & -0,00021 & \dots & -0,000192 \\ -0,00021 & 0,0000040 & \dots & 3,01724 \\ 6,47276 & -5,1566 & \dots & -1,4218 \\ 0,0000280 & -2,9527 & \dots & -3,5371 \\ -0,00128 & -1,6303 & \dots & -8,6793 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,0172 & \dots & 6,78246 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 3002680 \\ 30683981 \\ 24222451801 \\ 1711727873 \\ 19481358963 \\ 6593372093 \\ 28762888430 \\ 3249556756 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -79824,283 \\ 311,717 \\ -8,644 \\ 108,961 \\ 129,168 \\ -75,468 \\ -8,451 \\ 19,254 \end{bmatrix}$$

3. Estimasi Parameter Kecamatan Ketanggungan

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,9653 & 0,79547 & \dots & 0,9869 \\ 155,4211 & 664,5871 & \dots & 2,960711 \\ 514,53 & 59,96461 & \dots & 8651,198 \\ 836,95 & 410,1452 & \dots & 5684,566 \\ 167,0053 & 2,27858 & \dots & 5485,21 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3185,49 & 987,3865 & \dots & 10135,5 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,645 & 917,6069 & \dots & 92148,88 \\ 917,60 & 608058,8 & \dots & 2169120 \\ 49710,26 & 376277,1 & \dots & 527747398 \\ 38371,86 & 858182,3 & \dots & 379306122 \\ 30100,76 & 308178,6 & \dots & 413703204 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 92148,88 & 2169210 & \dots & 822723432 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,2588 & -0,00021 & \dots & -0,000192 \\ -0,00021 & 0,0000040 & \dots & 3,01627 \\ 6,47276 & -5,1566 & \dots & -2,2790824 \\ 0,0000280 & -2,9527 & \dots & -3,51926433 \\ -0,00128 & -1,6303 & \dots & -8,641074 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,0172 & \dots & 6,757680 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 3007202 \\ 30630658 \\ 24265236853 \\ 17123867 \\ 19489961901 \\ 6602398562 \\ 284882354547 \\ 32476393151 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -79023,73 \\ 313,27 \\ -8,628 \\ 109,114 \\ 128,779 \\ -75,895 \\ -8,4325 \\ 19,2455 \end{bmatrix}$$

4. Estimasi Parameter Kecamatan Banjarharjo

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,97318 & 0,7453 & \dots & 0,9869 \\ 155,6824 & 652,17 & \dots & 2,960711 \\ 518,706 & 55,90 & \dots & 8651,198 \\ 843,749 & 402,48 & \dots & 5684,566 \\ 18,36 & 2,27858 & \dots & 5485,21 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3211,50 & 968,93 & \dots & 10135,5 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,61097 & 906,36 & \dots & 91825,69 \\ 906,3615 & 597396,7 & \dots & 2156024 \\ 49422,57 & 375412,9 & \dots & 524035344 \\ 38163,79 & 852101,7 & \dots & 377478303 \\ 30015,64 & 307729,6 & \dots & 411202085 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91825,69 & 2156024 & \dots & 818975521 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,2430 & -0,0002 & \dots & -0,00019 \\ -0,0002 & 4,160080 & \dots & 3,0119814 \\ 6,41166 & -5,12703 & \dots & -1,69986 \\ 0,000027 & -2,8100 & \dots & -3,51828 \\ -0,00127 & -1,6249514 & \dots & -8,68059 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,01198149 & \dots & 6,7489 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 29994161 \\ 30599279 \\ 240775168 \\ 17034656621 \\ 19374904840 \\ 6574330984 \\ 283193219 \\ 323087119 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -78273,9 \\ 312,4531 \\ -8,63147 \\ 109,112 \\ 128,48 \\ -75,66 \\ -8,40 \\ 19,045 \end{bmatrix}$$

5. Estimasi Parameter Kecamatan Losari

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,93176 & 0,69584 & \dots & 0,9869 \\ 150,013 & 608,868 & \dots & 2,960711 \\ 496,629 & 52,18869 & \dots & 8651,198 \\ 807,8384 & 375,75 & \dots & 5684,566 \\ 161,195 & 2,087 & \dots & 5485,21 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3074,817 & 904,60 & \dots & 10135,5 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,61097 & 906,36 & \dots & 91825,69 \\ 906,3615 & 597396,7 & \dots & 2156024 \\ 49422,57 & 375412,9 & \dots & 524035344 \\ 38163,79 & 852101,7 & \dots & 377478303 \\ 30015,64 & 307729,6 & \dots & 411202085 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91825,69 & 2156024 & \dots & 818975521 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,2430 & -0,0002 & \dots & -0,00019 \\ -0,0002 & 4,160080 & \dots & 3,0119814 \\ 6,41166 & -5,12703 & \dots & -1,69986 \\ 0,000027 & -2,8100 & \dots & -3,51828 \\ -0,00127 & -1,6249514 & \dots & -8,68059 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,01198149 & \dots & 6,7489 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 29994161 \\ 30599279 \\ 240775168 \\ 17034656621 \\ 19374904840 \\ 6574330984 \\ 283193219 \\ 323087119 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -78273,9 \\ 312,4531 \\ -8,63147 \\ 109,112 \\ 128,48 \\ -75,66 \\ -8,40 \\ 19,045 \end{bmatrix}$$

6. Estimasi Parameter Kecamatan Tanjung

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,944264 & 0,7239 & \dots & 0,9827 \\ 152,026 & 633,460 & \dots & 2,948 \\ 503,292 & 54,296 & \dots & 8615,062 \\ 818,67 & 390,935 & \dots & 5660,821 \\ 163,375 & 2,171 & \dots & 5462,299 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3116,07 & 941,141 & \dots & 10093,17 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,568 & 882,717 & \dots & 91803,7 \\ 882,717 & 580268,9 & \dots & 2113709 \\ 49575,31 & 371220 & \dots & 526342551 \\ 40108 & 836348,2 & \dots & 377725256 \\ 38224,54 & 305704,1 & \dots & 412211863 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91803,71 & 2113709 & \dots & 819851873 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,246 & -0,00021 & \dots & -0,00019 \\ -0,00021 & 4,234 & \dots & 3,035 \\ 6,606 & -5,481 & \dots & -3,296 \\ 0,000027 & -2,841 & \dots & -3,524 \\ -0,00127 & -1,610 & \dots & -8,648 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,035 & \dots & 6,778 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 2996708 \\ 303898692 \\ 24199031685 \\ 17042913955 \\ 19402225007 \\ 6576124194 \\ 283595431016 \\ 32336792565 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -78410,01 \\ 315,047 \\ -8,612 \\ 109,268 \\ 128,470 \\ -76,375 \\ -8,420 \\ 19,284 \end{bmatrix}$$

7. Estimasi Parameter Kecamatan Kersana

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,959 & 0,7390 & \dots & 0,983 \\ 154,429 & 647,449 & \dots & 2,950 \\ 511,248 & 55,495 & \dots & 8620,037 \\ 831,618 & 399,568 & \dots & 5664,09 \\ 165,94 & 2,219 & \dots & 5465,454 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3165,33 & 961,925 & \dots & 10098,99 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,615 & 899,405 & \dots & 92010,56 \\ 899,405 & 592902,1 & \dots & 2142523 \\ 49625,61 & 374172,4 & \dots & 526667146 \\ 40209,8 & 847435,9 & \dots & 378517960 \\ 38300,14 & 307300,5 & \dots & 412799711 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 92010,56 & 214253 & \dots & 821331786 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,240 & -0,00020 & \dots & -0,00019 \\ -0,0002 & 4,179 & \dots & 3,020 \\ 6,515 & -5,320 & \dots & 2,563 \\ 0,000027 & -2,838 & \dots & -3,516 \\ -0,00127 & -1,614 & \dots & -8,645 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,020 & \dots & 6,756 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 3001856 \\ 30549644 \\ 24209791043 \\ 17081945116 \\ 19440251926 \\ 6590355936 \\ 284151532654 \\ 32403682543 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -78523,1 \\ 313,840 \\ -8,622 \\ 109,184 \\ 128,551 \\ -76,045 \\ -8,418 \\ 19,204 \end{bmatrix}$$

8. Estimasi Parameter Kecamatan Bulakamba

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,945 & 0,774 & \dots & 0,996 \\ 152,172 & 677,598 & \dots & 2,988 \\ 503,777 & 58,079 & \dots & 8731,905 \\ 819,464 & 418,175 & \dots & 5737,59 \\ 163,514 & 2,323 & \dots & 5536,382 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3119,07 & 1006,718 & \dots & 10230,05 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,616 & 926,873 & \dots & 92601 \\ 926,873 & 618911,7 & \dots & 27819 \\ 49848,67 & 374888,8 & \dots & 530266954 \\ 40259,32 & 860680,5 & \dots & 379721367 \\ 30029,24 & 306755,9 & \dots & 414985863 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 92061 & 2171819 & \dots & 823325808 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,261 & -0,00021 & \dots & -0,00019 \\ -0,00021 & 4,105 & \dots & 3,043 \\ 6,707 & -5,581 & \dots & -3,330 \\ 0,000028 & -3,004 & \dots & -3,543 \\ -0,00127 & -1,612 & \dots & -8,633 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,043 & \dots & 6,815 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 3008284 \\ 30468362 \\ 24408220183 \\ 17152410937 \\ 19544408870 \\ 6603786056 \\ 28568967587 \\ 3252932273 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -80163,4 \\ 314,780 \\ -8,623 \\ 109,131 \\ 129,227 \\ -76,311 \\ -8,480 \\ 19,569 \end{bmatrix}$$

9. Estimasi Parameter Kecamatan Wanasari

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,939 & 0,795 & \dots & 0,999 \\ 151,195 & 696,036 & \dots & 2,997 \\ 500,54 & 59,660 & \dots & 8758,83 \\ 814,99 & 429,554 & \dots & 5755,29 \\ 162,464 & 2,386 & \dots & 5553,46 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3009,03 & 1034,11 & \dots & 10261,6 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,585 & 943,84 & \dots & 91807,2 \\ 943,84 & 634880 & \dots & 2189164 \\ 49792,9 & 374855 & \dots & 53023976 \\ 40166,4 & 868319 & \dots & 379166456 \\ 38406 & 305824 & \dots & 414739996 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91807,2 & 2189164 & \dots & 821724429 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,282 & -0,00022 & \dots & -0,00019 \\ -0,00022 & 4,067 & \dots & 3,063 \\ 6,804 & -5,686 & \dots & -3,503 \\ 0,00128 & -3,099 & \dots & -3,568 \\ -0,00087 & -1,618 & \dots & -8,658 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,063 & \dots & 6,865 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 3002245 \\ 30361910 \\ 24422632453 \\ 17136678123 \\ 19536755463 \\ 6590411368 \\ 285585933782 \\ 32493024984 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -8013,34 \\ 314,922 \\ -8,626 \\ 109,076 \\ 129,604 \\ -76,346 \\ -8,511 \\ 19,733 \end{bmatrix}$$

10. Estimasi Parameter Kecamatan Songgom

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,971 & 0,832 & \dots & 0,992 \\ 156,38 & 728,623 & \dots & 2,978 \\ 517,709 & 62,453 & \dots & 8703,8 \\ 842,127 & 449,665 & \dots & 5719,13 \\ 168,037 & 2,49 & \dots & 5518,56 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3205,33 & 1082,53 & \dots & 10197,1 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,622 & 981,712 & \dots & 91694,7 \\ 981,712 & 664233 & \dots & 2250132 \\ 49560,6 & 379969 & \dots & 527152494 \\ 40143,9 & 891625 & \dots & 37846434 \\ 38270,3 & 307785 & \dots & 413209810 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91694,7 & 2250132 & \dots & 819637526 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,289 & -0,00022 & \dots & -0,00019 \\ -0,00022 & 3,970 & \dots & 3,042 \\ 6,606 & -5,2929 & \dots & -1,564 \\ 0,000028 & -3,098 & \dots & -3,572 \\ -0,00128 & -1,639 & \dots & -8,711 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,00019 & 3,042 & \dots & 6,851 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 2996523 \\ 30560919 \\ 24267773638 \\ 17111988903 \\ 1940768632 \\ 6579748969 \\ 284913292825 \\ 32428644833 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -81237,78 \\ 311,797 \\ -8,6511 \\ 108,867 \\ 129,766 \\ -75,48 \\ -8,500 \\ 19,502 \end{bmatrix}$$

11. Estimasi Parameter Kecamatan Jatibarang

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,939 & 0,630 & \dots & 0,925 \\ 151,231 & 511,310 & \dots & 2,777 \\ 50,660 & 47,255 & \dots & 8115,735 \\ 814,394 & 340,237 & \dots & 5332,721 \\ 162,50 & 1,890 & \dots & 5145,705 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3099,771 & 819,089 & \dots & 9508,167 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,172 & 797,575 & \dots & 8817,9 \\ 797,574 & 508226 & \dots & 1984215 \\ 47572,83 & 357690 & \dots & 502535268 \\ 36728,5 & 781899 & \dots & 363327594 \\ 28866,6 & 296874 & \dots & 394744781 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 88817,9 & 1984215 & \dots & 789968672 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3303 & -0,00019 & \dots & -0,002 \\ -0,0002 & 4,578 & \dots & 3,086 \\ 0,0000064 & -5,112 & \dots & -1,937 \\ 0,000026 & -2,546 & \dots & -3,579 \\ -0,0013 & -1,664 & \dots & -8,954 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,0002 & 3,086 & \dots & 6,867 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 2888236 \\ 29567301 \\ 23036873007 \\ 16357641464 \\ 18573627506 \\ 6341379373 \\ 271451458380 \\ 31055904474 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -74801,05 \\ 313,821 \\ -8,606 \\ 109,413 \\ 126,964 \\ -75,941 \\ -8,286 \\ 18,528 \end{bmatrix}$$

11. Estimasi Parameter Kecamatan Brebes

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 161 & 875 & \dots & 3 \\ 533 & 75 & \dots & 8766 \\ 867 & 540 & \dots & 5760 \\ 173 & 3 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3300 & 1300 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W = \begin{bmatrix} 0,938 & 0,816 & \dots & 1 \\ 151,056 & 714,047 & \dots & 3 \\ 500,082 & 61,204 & \dots & 8766 \\ 83,454 & 440,669 & \dots & 5760 \\ 162,31 & 2,448 & \dots & 5558 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3096,19 & 1060,87 & \dots & 10270 \end{bmatrix}$$

$$X^T W X = \begin{bmatrix} 12,56 & 961,3 & \dots & 91546,5 \\ 961,3 & 650611 & \dots & 2209305 \\ 49689,2 & 375303 & \dots & 52471555 \\ 40069,5 & 876769 & \dots & 378421532 \\ 38328,2 & 305200 & \dots & 414089585 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 91546,5 & 2209305 & \dots & 819737223 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,301 & -0,00021 & \dots & -0,0002 \\ -0,0002 & 4,234 & \dots & 3,076 \\ 6,854 & -5,481 & \dots & -3,336 \\ 0,000029 & -2,841 & \dots & -3,589 \\ -0,0013 & -1,610 & \dots & -8,690 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0,0002 & 3,035 & \dots & 6,905 \end{bmatrix}$$

$$X^T W Y = \begin{bmatrix} 2995110 \\ 30290152 \\ 24397170680 \\ 17110857090 \\ 19512522657 \\ 6574916447 \\ 285237749367 \\ 32436905706 \end{bmatrix}$$

$$(X^T W X)^{-1} X^T W Y = \begin{bmatrix} -81742,38 \\ 314,629 \\ -8,632 \\ 109,008 \\ 1289,907 \\ -76,257 \\ -8,533 \\ 19,826 \end{bmatrix}$$

Lampiran 6 Tabel T

Titik Persentase Distribusi t (df = 1 – 40)

df	Pr	0.25 0.50	0.10 0.20	0.05 0.10	0.025 0.050	0.01 0.02	0.005 0.010	0.001 0.002
1	1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884	22.32712
2	0.81850	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	10.21453	7.17318
3	0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	5.89343	5.20763
4	0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	4.29681	4.14370
5	0.72669	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	3.85198	3.78739
6	0.71756	1.43076	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	3.61048	3.57940
7	0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	3.45079	3.29293
8	0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	3.25181	3.19263
9	0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	3.16927	3.12283
10	0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	3.09120	3.05454
11	0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	3.02778	2.99293
12	0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	2.97684	2.94577
13	0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	2.93739	2.90963
14	0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	2.90120	2.87518
15	0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	2.86615	2.84577
16	0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	2.83136	2.81876
17	0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	2.80734	2.79694
18	0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	2.78441	2.77781
19	0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	2.76326	2.75700
20	0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	2.74404	2.73328
21	0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	2.72839	2.71948
22	0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	2.71541	2.70791
23	0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	2.70446	2.69868
24	0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	2.69404	2.68963
25	0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	2.68511	2.68083
26	0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	2.67674	2.67283
27	0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	2.66884	2.66534
28	0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	2.66134	2.65818
29	0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	2.65424	2.65134
30	0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	2.64744	2.64479
31	0.68249	1.30946	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	2.64093	2.63863
32	0.68223	1.30857	1.69389	2.03693	2.44868	2.73848	2.63474	2.63263
33	0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	2.62884	2.62683
34	0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	2.62314	2.62134
35	0.68156	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	2.61764	2.61583
36	0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	2.61234	2.61063
37	0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	2.60714	2.60543
38	0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	2.60204	2.60033
39	0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	2.59704	2.59533
40	0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	2.59214	2.59043

Lampiran 7 Tabel Z

Tabel Z Distribusi Normal

z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694
-1.3	0.0988	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Tri Nasihatul Hasanah
TTL : Kefamenanu, 23 Januari 2000
Alamat Rumah : Dk. Sitireja RT 003 RW 005
Kelurahan Kalinusu Kecamatan
Bumiayu Kab. Brebes Jawa Tengah
No. Hp : 085702335906
Email : triwasmin56@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. Madrasah Ibtidaiyah Negeri Kefamenanu
 - b. SMPN 1 Kefamenanu
 - c. SMA BU NU Bumiayu

Semarang, 20 Juni 2025

Tri Nasihatul Hasanah
NIM. 1808046001