



TUGAS AKHIR - SS 091324

**PEMODELAN KONSENTRASI PARTIKEL DEBU (PM_{10})
PADA PENCEMARAN UDARA DI KOTA SURABAYA
DENGAN METODE *GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY
WEIGHTED REGRESSION***

KURNIASARI AISYIAH
NRP 1310 100 045

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

Dosen Co- Pembimbing
Dr. Drs. I Nyoman Latra, M.S

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



TUGAS AKHIR - SS 091324

**PEMODELAN KONSENTRASI PARTIKEL DEBU (PM_{10})
PADA PENCEMARAN UDARA DI KOTA SURABAYA
DENGAN METODE *GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY
WEIGHTED REGRESSION***

KURNIASARI AISYIAH
NRP 1310 100 045

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

Dosen Co- Pembimbing
Dr. Drs. I Nyoman Latra, M.S

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - SS 091324

**MODELING OF DUST PARTICLE CONCENTRATION
(PM₁₀) ON AIR POLLUTION IN SURABAYA CITY
USING *GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY
WEIGHTED REGRESSION***

KURNIASARI AISYIAH
NRP 1310 100 045

Supervisor
Dr. Sutikno, S.Si, M.Si

Co- Supervisor
Dr. Drs. I Nyoman Latra, M.S

DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin. Puji syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan anugerah dan keajaiban-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

“Pemodelan Konsentrasi Partikel Debu (PM₁₀) pada Pencemaran Udara di Kota Surabaya dengan Metode *Geographically-Temporally Weighted Regression*”

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan moril maupun materil dari berbagai pihak. Dengan ketulusan sepenuh hati penulis ucapkan terima kasih pada :

1. Wanita terhebat sepanjang masa, Bunda Wiwit Kurniatina, yang selalu memberikan dukungan tanpa syarat, Bapak Wartono dan Adek Norma Amalia yang diam-diam namun sangat perhatian. Serta keluarga besar yang luar biasa.
2. Bapak Sutikno dan Bapak I Nyoman Latra yang telah menjadi dosen pembimbing sekaligus ‘ayah’ yang selalu memberikan motivasi, inspirasi, dan ide dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Ibu Sri Pingit dan Ibu Santi Wulan selaku dosen penguji yang dengan sabar menjadi ‘ibu’ dalam memberikan perbaikan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
4. Bapak Heri Kuswanto selaku dosen wali yang banyak memberikan teladan dan Ibu Ismaini selaku dosen yang senantiasa memberikan pengajaran dan perhatian pada perkembangan prestasi penulis di bidang karya ilmiah.
5. Yusuf Eko Hari Prasetyo, sahabat terbaik yang selalu ada dan siap sedia. Kamu luar biasa!
6. Penghuni istimewa kos ‘Crystal Jaya’, Putri Ika Wahyu, Nafiatun Nisa, Nurul Komari, dan Lela Devi yang selalu berjuang bersama meraih 110. Kita akhirnya sarjana.

7. Achmad Choiruddin, saudara ter-keren satu kota. *Merci beaucoup* atas segala hal yang diberikan: inspirasi dan mimpi. Kita bertemu di Perancis!
8. *Les Bons Amis de Institut Français Indonesia (IFI)* : Fiki, Ghalih, Maria, Daniela, Tessa, Bimo, Ali, dan Masayu, atas kehangatan persaudaraan yang diciptakan. Ayo raih benua biru! *Les Bons Professeurs : Madame Wea dan Monsieur Eri*, yang terus memotivasi tanpa henti.
9. Pejuang PKM *Grand Hook*, Reynaldi Wisnu, Sedy Erlinda, Irwan Permadi. Kita berkreasi dengan meneliti.
10. Keluarga Karya Salemba Empat (KSE) yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta kesempatan bertemu dengan rekan-rekan *XL Future Leaders The Scholarship* se-Indonesia.
11. Sarana berkontribusi, berbagi, berinovasi dan jalan-jalan, Ikatan Himpunan Mahasiswa Statistika Indonesia (IHMSI) dan *Mangrove Rhizophora Chitecture (MRaC)*.
12. Keluarga $\Sigma 21$, Statistika ITS 2010, angkatan pembeda yang selalu garang dan *AMAZING*.
13. Adik-adik 2013, 2012, dan 2011. Ditunggu prestasi dan mimpi besarnya, gaungkan (lagi nama besar) Statistika ITS !

Penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan keilmuan bagi siapapun. Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Agustus 2014

Penulis

**PEMODELAN KONSENTRASI PARTIKEL DEBU
(PM₁₀) PADA PENCEMARAN UDARA
DI KOTA SURABAYA DENGAN METODE
GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY WEIGHTED
REGRESSION**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :


KURNIASARI AISYIAH

NRP. 1310 100 045

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. **Dr. Sutikno, S.Si, M.Si**
NIP. 19710313 199702 1 001
2. **Dr. Drs. I Nyoman Latra, MS**
NIP. 19511130 197901 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS


Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, AGUSTUS 2014

**PEMODELAN KONSENTRASI PARTIKEL DEBU (PM_{10})
PADA PENCEMARAN UDARA DI KOTA SURABAYA
DENGAN METODE *GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY
WEIGHTED REGRESSION***

Nama Mahasiswa : Kurniasari Aisyiah
NRP : 1310 100 045
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Sutikno, S.Si, M.Si
Dosen Co-Pembimbing : Dr. Drs. I Nyoman Latra, M.S

Abstrak

*Konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya menempati urutan pertama di Jawa Timur. Hal ini karena aktifitas penduduk Kota Surabaya yang tinggi menyebabkan polusi udara. Partikel debu (PM_{10}) merupakan salah satu polutan yang apabila terhisap langsung ke dalam paru-paru dan mengendap di alveoli dapat membahayakan sistem pernafasan. Dalam pemantauan kualitas udara, seringkali peralatan pengukur konsentrasi partikel debu (PM_{10}) mengalami kerusakan, sehingga data polutan tersebut tidak terukur atau tidak tersedia (missing). Mengingat pentingnya data tersebut, maka perlu dilakukan pendugaan data konsentrasi partikel debu (PM_{10}) pada lokasi yang tidak terukur. Salah satu metode yang digunakan adalah *Geographically-Temporally Weighted Regression (GTWR)* untuk memprediksi konsentrasi partikel debu (PM_{10}) dengan menggunakan parameter meteorologi. Konsentrasi partikel debu bergantung pada lokasi dan waktu. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kondisi pencemaran udara di Kota Surabaya pada tahun 2010 masih dinyatakan baik, artinya bernilai di bawah ambang batas. Hasil prediksi dengan metode *GTWR* lebih akurat daripada regresi nonspasial. *GTWR* dapat mengakomodasi adanya pengaruh heterogenitas spasial dan temporal pada konsentrasi partikel debu (PM_{10}).*

Kata Kunci : *Partikel debu (PM_{10}), Regresi, Spasial, Temporal*

**MODELING OF DUST PARTICLE CONCENTRATION
(PM₁₀) ON AIR POLLUTION IN SURABAYA CITY
USING *GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY WEIGHTED
REGRESSION***

Name : Kurniasari Aisyiah
NRP : 1310 100 045
Department : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. Sutikno, S.Si, M.Si
Co Supervisor : Dr. Drs. I Nyoman Latra, M.S

Abstract

The concentration of dust particles (PM₁₀) in Surabaya is the first ranks in East Java. This is because the activity of the population of Surabaya which causes air pollution. Dust particles (PM₁₀) is one pollutant that when inhaled directly into the lungs and settles in the alveoli may be harmful to the respiratory system. In air quality monitoring, measuring equipment concentration of dust particles (PM₁₀) is often broken, so the data is not measured pollutant or not available (missing). Given the importance of these data, it is necessary to estimate the concentration data of dust particles (PM₁₀) in locations that are not measurable. One method used is Geographically-Temporally Weighted Regression (GTWR) to predict the concentration of dust particles (PM₁₀) using meteorological parameters. The concentration of dust particles depends on location and time. The study concluded that the condition of the air pollution in the city of Surabaya in 2010 was declared good, meaning valued below the threshold. The results of the prediction method GTWR is more accurate than the regression non-spatial. GTWR can accommodate the influence of spatial and temporal heterogeneity in the concentration of dust particles (PM₁₀).

Keywords : *Dust particle (PM₁₀), Regression, Spatial, Temporal*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Regresi Linier	5
2.1.1 Pengujian Hipotesis Model Regresi	6
2.1.2 Pengujian Asumsi Residual Model Regresi.....	7
2.2 Uji Heterogenitas	8
2.3 <i>Geographically-Temporally Weighted Regression</i>	9
2.3.1 Algoritma Metode Iteratif Estimasi Parameter τ	12
2.3.2 Algoritma Metode Iteratif Estimasi Parameter μ dan λ .	13
2.4 Kriteria Kebaikan Model.....	14
2.5 Pencemaran Udara	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Lokasi Penelitian	17
3.2 Variabel Penelitiandan Struktur Data.....	18
3.3 Metode Analisis Data.....	19

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskripsi Partikel Debu (PM_{10}) dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi.....	21
4.2	Identifikasi Pola Hubungan Partikel Debu (PM_{10}) dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi	34
4.3	Pengujian Multikolinearitas.....	36
4.4	Pemodelan Partikel Debu (PM_{10}) Menggunakan Regresi Linier	37
4.5	Pengujian Asumsi Residual Regresi Linier	39
4.6	Pengujian Heterogenitas Spasial dan Temporal	40
4.7	Pemodelan Partikel Debu (PM_{10}) Menggunakan <i>Geographically-Temporally Weighted Regression</i>	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	48

DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	----

LAMPIRAN	51
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Analisis Variansi.....	6
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	18
Tabel 3.2	Struktur Data Penelitian.....	18
Tabel 4.1	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun PM, HUM, TEMP, dan FF Bulanan di Kota Surabaya 2010.....	31
Tabel 4.2	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun PM, HUM, TEMP, dan FF Musiman di Kota Surabaya 2010.....	31
Tabel 4.3	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 per Bulan.....	32
Tabel 4.4	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 per Musim.....	32
Tabel 4.5	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 Berdasarkan Lokasi per Bulan.....	33
Tabel 4.6	Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimun Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 Berdasarkan Lokasi per Musim.....	34
Tabel 4.7	Koefisien Korelasi antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor pada Data Bulanan.....	36
Tabel 4.8	Koefisien Korelasi antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor pada Data Musiman.....	36
Tabel 4.9	Nilai VIF Variabel Prediktor pada Data Bulanan ...	36
Tabel 4.10	Nilai VIF Variabel Prediktor pada Data Musiman..	36
Tabel 4.11	Analisis Varians Regresi Linier pada Data Bulanan	37
Tabel 4.12	Analisis Varians Regresi Linier pada Data Musiman	37

Tabel 4.13	Estimasi dan Pengujian Parameter Model Regresi Linier pada Data Bulanan	37
Tabel 4.14	Estimasi dan Pengujian Parameter Model Regresi Linier pada Data Musiman	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Jarak Spasial-Temporal.....	12
Gambar 3.1	Titik Pengamatan Kualitas Udara Kota Surabaya	17
Gambar 3.2	Diagram Metode Analisis.....	18
Gambar 4.1	Plot antara Variabel PM dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan Januari dan Agustus.....	22
Gambar 4.2	Plot antara Variabel HUM dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan Januari dan Agustus.....	23
Gambar 4.3	Plot antara Variabel TEMP dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan Januari dan Agustus.....	24
Gambar 4.4	Plot antara Variabel FF dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan Januari dan Agustus.....	25
Gambar 4.5	Plot antara Variabel PM dan waktu Harian bulan Januari dan Agustus	26
Gambar 4.6	Plot antara Variabel HUM dan waktu Harian bulan Januari dan Agustus	27
Gambar 4.7	Plot antara Variabel TEMP dan waktu Harian bulan Januari dan Agustus.....	28
Gambar 4.8	Plot antara Variabel FF dan waktu Harian bulan Januari dan Agustus	29
Gambar 4.9	Plot antara Variabel PM, HUM, TEMP, dan FF dengan waktu Bulanan	30
Gambar 4.10	Diagram Pencar antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor pada Data Bulanan.....	34
Gambar 4.11	Diagram Pencar antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor pada Data Musiman	35
Gambar 4.12	<i>Boxplot</i> Partikel Debu Berdasarkan Waktu dan Lokasi pada Data Bulanan.....	40
Gambar 4.13	<i>Boxplot</i> Partikel Debu Berdasarkan Waktu dan Lokasi pada Data Musiman	41

Gambar 4.14 Iterasi Estimasi Parameter τ pada Data Bulanan..	42
Gambar 4.14 Iterasi Estimasi Parameter τ pada Data Musiman	43
Gambar 4.16 Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ pada Data Bulanan	44
Gambar 4.17 Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ pada Data Musiman.....	44



PEMERINTAH KOTA SURABAYA
BADAN KESATUAN BANGSA, POLITIK DAN PERLINDUNGAN MASYARAKAT

Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 2 - 4 Telp. (031) 5473284, Fax. 5343000

SURABAYA (60272)

REKOMENDASI PENELITIAN

Nomor : 070 / 4966 / 1436.7.3 / 2014

MENUNJUK : SURAT INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
NOMOR 0612/IT2 1.1.3/KM.05.00/2014
TANGGAL 14 April 2014
PERIHAL Permohonan Ijin Memperoleh Data Untuk Tugas Akhir

DASAR : 1. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2011 Tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di Lingkungan Kementerian Dalam Negeri dan Pemerintahan Daerah
2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 Tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian.
3. Perda Kota Surabaya Nomor 8 Tahun 2008 Tentang Organisasi Perangkat Daerah Kota Surabaya.
4. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 54 Tahun 2010 Tentang Rincian Tugas dan Fungsi Lembaga Teknis Kota Surabaya.

Dengan ini menyatakan tidak keberatan memberi ijin untuk melaksanakan Penelitian / Pengabdian Masyarakat kepada :

Nama KURNIASARI AISYIAH
Alamat Jl. Jatisari No. 46 RT 05 RW 06 Pepelegi Waru Sidoarjo
Pekerjaan Mahasiswa Jurusan Statistika FMIPA - ITS Surabaya
Tema / Judul ESTIMASI KONSENTRASI PARTIKEL DEBU (PM10) PADA PENCEMARAN UDARA DI KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN METODE SPATIAL-TEMPORAL WEIGHTED REGRESSION (STWR)
Tempat / Lokasi KOTA SURABAYA (Badan Lingkungan Hidup)
Tanggal (Waktu) 2 (Dua) Bulan TMT Surat dikeluarkan
Pengikut

Syarat – syarat ketentuan sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan harus sesuai dengan surat permohonan, dan yang bersangkutan harus mentaati ketentuan / peraturan yang berlaku dimana dilakukan Kegiatan / Penelitian.
2. Penelitian yang dilaksanakan tidak boleh menimbulkan keresahan dimasyarakat, disintegrasi bangsa atau keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia
3. Yang bersangkutan sebelum dan sesudah melakukan Penelitian / Kegiatan harap melaporkan pelaksanaan dan hasilnya kepada Dinas / Instansi yang bersangkutan.
4. Surat Keterangan ini akan dicabut / tidak berlaku apabila yang bersangkutan tidak memenuhi syarat / ketentuan seperti tersebut diatas

Surabaya, 15 April 2014

a.n. KEPALA BADAN
Sekretaris



ABDUL HAKIM, SH., M.Si.

Pembina Tk. I

NIP 19620304 198703 1 017

Tembusan :

- Yth. 1. Kepala Badan Lingkungan Hidup Surabaya
2. Ketua Jurusan Statistika FMIPA - ITS Surabaya
3. Yang bersangkutan

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Adanya peningkatan pada komunikasi, inovasi, dan transportasi merupakan dampak positif globalisasi. Namun, secara bersamaan globalisasi turut memberikan dampak pada siklus ekologis berupa polusi. Salah satu polusi pada lingkungan hidup adalah polusi udara. Polusi atau pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Sementara udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (PP Nomor 41 Tahun 1999).

Berdasarkan Baku Mutu Udara Ambien Nasional terdapat 9 jenis polutan dengan nilai baku mutu yakni Sulfur Dioksida (SO_2) 0,1 ppm tiap pengukuran 24 jam, Karbon Monoksida (CO) 20 ppm tiap pengukuran 24 jam, Nitrogen Dioksida (NO_2) 0,05 ppm tiap pengukuran 24 jam, Oksidan (O_3) 0,1 ppm tiap pengukuran 1 jam, partikel $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) 150 mg/m^3 tiap pengukuran 24 jam, partikel $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) 65 ug/Nm^3 tiap pengukuran 24 jam, TSP 230 ug/Nm^3 tiap pengukuran 24 jam, Timah Hitam (Pb) 2 ug/Nm^3 tiap pengukuran 24 jam, dan Debu Jatuh 10 $\text{ton}/\text{km}^2/30\text{hari}$. Jika kadarnya melebihi nilai baku mutu maka udara ambien dinyatakan tercemar.

Salah satu polutan yang menyebabkan polusi adalah partikel debu (PM_{10}). Uji toksikologi dapat memberikan hasil bahwa partikel debu (PM_{10}) yang terhisap langsung ke dalam paru-paru dan mengendap di alveoli dapat membahayakan sistem pernafasan manusia (Kusminingrum dan Gunawan, 2008).

Konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya menempati urutan tertinggi di Jawa Timur (BLH, 2011). Dibandingkan dengan kadar O_3 , SO_2 , dan CO, partikel debu (PM_{10}) memiliki konsentrasi maksimum yang lebih tinggi di area Kota Surabaya (Chamidha, 2004). Peralatan yang digunakan untuk mengukur adalah *Hi-Vol* dengan metode *Gravimetric*. Seringkali peralatan tersebut mengalami kerusakan sehingga konsentrasi partikel debu (PM_{10}) tidak dapat diketahui. Namun, mesin pada Unit Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SUF) masih dapat mengukur parameter meteorologi seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin. Untuk itu diperlukan pemodelan untuk memprediksi konsentrasi partikel debu (PM_{10}) dengan menggunakan parameter meteorologi.

Penelitian yang membahas pencemaran udara di Kota Surabaya dilakukan oleh Putri (2013) yang mengestimasi Nitrogen Dioksida (NO_2) dan Karbon Monoksida (CO) dengan metode interpolasi cokriging. Karakteristik lokasi dan sumber polutan menyebabkan konsentrasi polutan memiliki perbedaan di setiap lokasinya. Selain perbedaan pengaruh lokasi, adanya perbedaan musim diperkirakan memberikan pengaruh pada konsentrasi polutan. Choiruddin (2013) meneliti kadar BOD Kali Surabaya menggunakan metode *Geographically-Temporally Weighted Regression* (GTWR) dan menyimpulkan bahwa terdapat efek heterogen spasial dan temporal. Penelitian lain dilakukan oleh Huang, Wu, dan Barry (2010) menggunakan metode GTWR untuk memodelkan variasi harga rumah di Calgary, Canada. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa terdapat pengaruh heterogenitas spasial dan temporal terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi partikel debu (PM_{10}). Sehingga metode GTWR digunakan untuk mengakomodasi adanya pengaruh heterogenitas spasial dan temporal pada konsentrasi partikel debu (PM_{10}).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana deskripsi karakteristik kondisi pencemaran udara di Kota Surabaya berdasarkan konsentrasi partikel debu (PM_{10}) ?
2. Bagaimana pemodelan konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya dengan metode GTWR?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan kondisi pencemaran udara di Kota Surabaya berdasarkan konsentrasi partikel debu (PM_{10}).
2. Mendapatkan model konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya dengan metode GTWR.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada pemerintah Kota Surabaya mengenai pemodelan faktor yang mempengaruhi pencemaran udara di Kota Surabaya berdasarkan adanya heterogenitas spasial dan temporal pada konsentrasi partikel debu (PM_{10}).
2. Menambah pengetahuan dan mengembangkan wawasan mengenai metode GTWR yang diaplikasikan pada bidang lingkungan. Sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada data kualitas udara ambien yakni partikel debu (PM_{10}), kelembaban, suhu, kecepatan angin pada tiga lokasi yakni Taman Prestasi, Gayungan, dan Gebang Putih yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya tahun 2010 yang dimodelkan dengan metode GTWR.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas konsep dasar mengenai metode regresi secara umum dan metode regresi dengan pembobot yang mengakomodasi keberagaman secara spasial dan temporal. Selain itu juga membahas konsep umum mengenai pencemaran udara.

2.1. Regresi Linier

Analisis regresi linier merupakan suatu metode untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor secara linier (Draper dan Smith, 1998). Persamaan umum untuk model regresi linier adalah sebagai berikut.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i$$

Dalam bentuk matriks, persamaan umum model regresi linier adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

dengan,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{bmatrix}; \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix};$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}; \quad \begin{array}{l} n = \text{jumlah data} \\ p = \text{jumlah prediktor} \end{array}$$

dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) untuk meminimumkan jumlah kuadrat error, maka didapatkan estimator parameter $\boldsymbol{\beta}$ yakni $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$.

2.1.1. Pengujian Hipotesis Model Regresi

Pengujian hipotesis secara serentak dilakukan untuk mengetahui kesesuaian model. Tabel 2.1 menjelaskan nilai perhitungan pada analisis varians pada model regresi.

Tabel 2.1 Analisis Varians

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (DF)	Rata-rata Kuadrat (MS)	F
Regresi	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	p	$\frac{SSR}{p}$	$\frac{MSR}{MSE}$
Error	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$n - (p + 1)$	$\frac{SSE}{n - (p + 1)}$	
Total	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	$n - 1$		

Hipotesis pada pengujian serentak adalah sebagai berikut.

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang diperoleh melalui perhitungan nilai F yang tercantum pada Tabel 2.1 dan daerah kritis yakni tolak H_0 apabila $F > F_{\alpha;p;(n-p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Jika diperoleh keputusan tolak H_0 , maka dapat disimpulkan bahwa terdapat minimal satu parameter β yang signifikan terhadap respon. Kemudian dilakukan pengujian secara parsial untuk mengetahui parameter β yang signifikan terhadap respon dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang diperoleh melalui perhitungan nilai t ditunjukkan pada persamaan (2.1).

$$t = \frac{b_k}{s} \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (2.1)$$

Daerah kritis pada pengujian secara parsial yakni tolak H_0 apabila $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, (n-p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Jika diperoleh keputusan tolak H_0 , maka dapat disimpulkan bahwa β_k signifikan terhadap respon.

2.1.2. Pengujian Asumsi Residual Model Regresi

Pada analisis regresi terdapat beberapa asumsi residual yang harus dipenuhi yakni residual berdistribusi normal, identik, dan independen. Pengujian asumsi distribusi normal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} H_0 &: F_n(e) = F_0(e) \\ &(\text{residual mengikuti distribusi normal}) \\ H_1 &: F_n(e) \neq F_0(e) \\ &(\text{residual tidak mengikuti distribusi normal}) \end{aligned}$$

Statistik uji yang digunakan, diperoleh melalui perhitungan nilai $D = \sup |F_n(e) - F_0(e)|$ dan daerah kritis yakni tolak H_0 apabila $|D| > D_{\alpha; n}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Untuk pengujian asumsi identik menggunakan uji *Glejser*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} H_0 &: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \\ &(\text{residual bersifat identik}) \\ H_1 &: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 ; i = 1, 2, \dots, n \\ &(\text{residual tidak bersifat identik}) \end{aligned}$$

Statistik uji yang digunakan, diperoleh dari perhitungan nilai $F = \frac{(\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2) / (p)}{(\sum_{i=1}^n (|e_i| - |\hat{e}_i|)^2) / (n-p-1)}$. Pengujian memberikan keputusan tolak H_0 apabila nilai $F > F_{\alpha; p; (n-p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Untuk pengujian asumsi independen menggunakan uji *Durbin-Watson*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0 : \rho = 0$ (residual bersifat independen)

$H_1 : \rho \neq 0$ (residual tidak bersifat independen)

Statistik uji yang diperoleh melalui perhitungan nilai d yakni sebagai berikut.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Pengujian akan memberikan keputusan tolak H_0 apabila nilai $d < d_{L,\alpha}$ atau $d > 4d_{U,\alpha}$.

Adanya multikolinearitas yakni terdapat korelasi antar variabel prediktor menyebabkan kesalahan pada pendugaan parameter dalam pemodelan regresi linier. Untuk mengetahui adanya multikolinearitas dilakukan dengan uji *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai *VIF* didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut.

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antara variabel prediktor X_j dan variabel prediktor yang lain. Apabila nilai *VIF* lebih besar dari 10, maka dinyatakan adanya multikolinearitas.

2.2. Uji Heterogenitas

Untuk mengetahui adanya heterogenitas spasial maka dilakukan pengujian menggunakan uji *Breusch-Pagan*. Sedangkan untuk mengetahui adanya heterogenitas temporal dilakukan dengan menggambarkan data menggunakan *boxplot*.

Hipotesis yang digunakan pada uji *Breusch-Pagan* adalah sebagai berikut.

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

(homoskedastisitas)

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 ; i = 1, 2, \dots, n$$

(heteroskedastisitas)

Statistik uji yang diperoleh melalui perhitungan nilai *BP* sebagai berikut.

$$BP = \frac{1}{2} \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f}$$

yang mana nilai vektor \mathbf{f} adalah $f_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$. Nilai e_i adalah *least square residual* untuk observasi ke- i dan \mathbf{Z} merupakan matriks berukuran $n \times (p + 1)$ dengan elemen vektor yang sudah dinormal-standarkan untuk setiap observasi. Pengujian akan memberikan keputusan tolak H_0 apabila $BP > \chi^2_{\alpha; (p+1)}$.

Boxplot digunakan untuk membandingkan karakter distribusi nilai data secara individual atau kelompok kategori dari suatu variabel serta untuk menangkap adanya data yang *outlier*.

2.3. *Geographically-Temporally Weighted Regression*

Geographically-Temporally Weighted Regression (GTWR) merupakan metode pengembangan dari *Geographically Weighted Regression* yang mengakomodasi adanya heterogenitas secara spasial (lokasi) dan secara temporal (waktu) (Huang, dkk, 2010). Persamaan umum untuk model GTWR adalah sebagai berikut.

$$Y_i = \beta_0(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, \mathbf{t}_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, \mathbf{t}_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

Pada model p adalah jumlah variabel prediktor dan i menunjukkan observasi atau pengamatan. Estimasi nilai parameter didapatkan dari perhitungan pada persamaan (2.2).

$$\widehat{\beta}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, t_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, t_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, t_i) \mathbf{Y} \quad (2.2)$$

yang mana $\mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i, t_i) = \text{diag}(\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in})$ dengan n adalah jumlah data observasi. Elemen diagonal α_{ij} ($1 \leq j \leq n$) adalah fungsi jarak ruang (u, v) dan waktu dari (t) sesuai dengan pembobotan pada regresi yang berdekatan dengan titik pengamatan i . Dalam mengestimasi parameter hal penting yang harus dilakukan adalah mendefinisikan dan mengukur kedekatan spasial dan temporal. Semakin dekat titik yang diamati dengan titik i , maka koordinat memiliki pengaruh yang lebih besar pada estimasi parameter.

Besar pembobotan ditentukan menggunakan fungsi *kernel gaussian* karena menghasilkan hasil yang lebih halus dan standar error yang lebih kecil pada estimasi parameter (Fotheringham, dkk, 2002). Fungsi jarak berdasarkan fungsi *kernel gaussian* yang digunakan pada pemodelan GTWR adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{ij} = \exp\left(-\frac{(d^{ST}_{ij})^2}{h_{ST}^2}\right)$$

dengan d_{ij} merupakan jarak antara titik i dan titik j yang diperoleh dari fungsi jarak *euclidean* yakni $(d_{ij}^T)^2 = (t_i - t_j)^2$ dan $(d_{ij}^S)^2 = (u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2$. Dan h adalah parameter non negatif untuk penghalus atau biasa disebut *bandwith*. Sistem koordinat spasial-temporal dalam 3 dimensi menjelaskan data observasi yang memiliki kedekatan dengan titik i . Adanya perbedaan skala secara spasial dan temporal maka sistem koordinat yang digunakan adalah *ellipsoidal*.

Pada Gambar 2.1 dijelaskan bahwa fungsi jarak spasial-temporal dibentuk melalui kombinasi fungsi jarak spasial (d^S) dan fungsi jarak temporal (d^T). Maka kombinasi fungsi jarak spasial-temporal ditunjukkan pada persamaan (2.3).

$$(d^{ST})^2 = \lambda(d^S)^2 + \mu(d^T)^2 \quad (2.3)$$

dengan λ dan μ menyatakan faktor skala penyeimbang perbedaan efek yang digunakan untuk mengukur jarak spasial dan temporal. Menurut Huang, dkk (2010) dengan mensubstitusikan fungsi jarak *eulclidean* maka persamaan (2.3) menjadi sebagai berikut.

$$(d^{ST}_{ij})^2 = \lambda \left[(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 \right] + \mu (t_i - t_j)^2 \quad (2.4)$$

Kemudian dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) pada fungsi jarak *kernel gaussian* maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \alpha_{ij} &= \exp \left(-\frac{(d^{ST}_{ij})^2}{h_{ST}^2} \right) \\ &= \exp \left\{ -\left(\frac{\lambda [(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2] + \mu (t_i - t_j)^2}{h_{ST}^2} \right) \right\} \\ &= \exp \left\{ -\left(\frac{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}{h_S^2} + \frac{(t_i - t_j)^2}{h_T^2} \right) \right\} \\ &= \exp \left\{ -\left(\frac{(d^S_{ij})^2}{h_S^2} + \frac{(d^T_{ij})^2}{h_T^2} \right) \right\} \\ &= \exp \left\{ -\frac{(d^S_{ij})^2}{h_S^2} \right\} \times \exp \left\{ -\frac{(d^T_{ij})^2}{h_T^2} \right\} \\ &= \alpha^S_{ij} \times \alpha^T_{ij} \end{aligned}$$

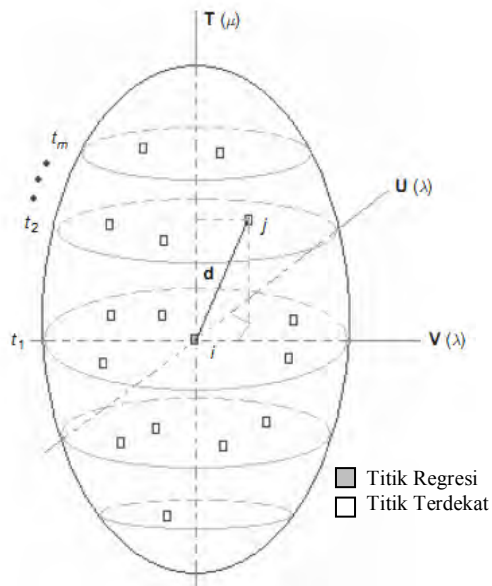
dengan h_{ST}^2 adalah parameter *bandwith* spasial temporal dengan $h_S^2 = h_{ST}^2/\lambda$ merupakan parameter *bandwith* spasial dan $h_T^2 = h_{ST}^2/\mu$ merupakan parameter *bandwith* temporal. Dimisalkan τ merupakan parameter rasio μ/λ dengan $\lambda \neq 0$ maka persamaan (2.4) dibagi dengan λ untuk memunculkan parameter τ sehingga dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut.

$$\frac{(d^{ST}_{ij})^2}{\lambda} = (u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 + \tau (t_i - t_j)^2 \quad (2.5)$$

Parameter τ didapatkan melalui metode optimasi koefisien determinasi (R^2) secara iteratif. Sehingga estimasi parameter τ

dapat menghasilkan R^2 yang maksimum. Parameter τ digunakan untuk memperbesar atau memperkecil efek jarak temporal terhadap efek jarak spasial. Kemudian estimasi parameter μ dan λ didapatkan melalui metode iteratif berdasarkan estimasi parameter τ yang menghasilkan nilai R^2 maksimum.

Untuk penentuan *bandwith* spasial temporal dapat diinisiasi dengan menggunakan *bandwith* spasial yang ditentukan oleh peneliti dengan *trial-error*.



Gambar 2.1 Ilustrasi Jarak Spasial-Temporal
(Sumber : Huang, dkk, 2010)

2.3.1. Algoritma Metode Iteratif Estimasi Parameter τ

Langkah-langkah mendapatkan parameter τ melalui metode iteratif adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai awal τ yakni $\tau_0 = 0.025$

2. Mendapatkan nilai jarak *euclidian* yang diperoleh dari persamaan (2.5)
3. Menghitung nilai fungsi jarak pembobot yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$K_{ij} = \exp\left(-\frac{(d^{ST}_{ij})^2/\lambda}{h_s^2}\right)$$

4. Mendapatkan nilai estimasi β dengan menggunakan matriks pembobot yang diperoleh dari langkah (3)
5. Melakukan perhitungan *Sum Square Error (SSE)* dan *Sum Square Total (SST)*
6. Memperoleh nilai koefisien determinasi (R^2)
7. Melakukan iterasi pada langkah (2) hingga (6) dengan nilai $\tau_{s+1} = s \times \tau_s$ dimana $s = 0,1,2, \dots, 99$
8. Mendapatkan nilai parameter τ dengan memilih estimasi dengan R^2 optimum

2.3.2. Algoritma Metode Iteratif Estimasi Parameter μ dan λ

Langkah-langkah mendapatkan parameter μ dan λ melalui metode iteratif adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai awal μ dan λ yakni 0.01 dikalikan pembanding yang didapatkan dari parameter τ
2. Mendapatkan nilai jarak *euclidian* yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$(d^{ST}_{ij})^2 = \lambda \left[\lambda \left((u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 \right) + \mu (t_i - t_j)^2 \right]$$

3. Menghitung nilai fungsi jarak pembobot yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$V_{ij} = \exp\left(-\frac{(d^{ST}_{ij})^2}{h_s^2}\right)$$

4. Mendapatkan nilai estimasi β dengan menggunakan matriks pembobot yang diperoleh dari langkah (3)
5. Melakukan perhitungan *Sum Square Error (SSE)* dan *Sum Square Total (SST)*
6. Memperoleh nilai koefisien determinasi (R^2)
7. Melakukan iterasi pada langkah (2) hingga (6) dengan nilai $\mu_{s+1} = s \times \mu_s$ dan $\lambda_{s+1} = s \times \lambda_s$ dimana $s = 0,1,2, \dots, 99$
8. Mendapatkan nilai parameter μ dan λ dengan memilih estimasi dengan R^2 optimum

2.4. Kriteria Kebaikan Model

Kriteria kebaikan model yang digunakan adalah kriteria koefisien determinasi (R^2) dan *Mean Square Error (MSE)*. Kriteria R^2 merupakan metode menemukan himpunan variabel prediktor terbaik dalam memprediksi variabel respon melalui model regresi. Model terbaik ditunjukkan dengan nilai R^2 yang paling tinggi untuk setiap unit variabel prediktor dipertimbangkan dalam model. Formulasi perhitungan koefisien determinasi (R^2) adalah sebagai berikut.

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

Sedangkan *Mean Square Error (MSE)* digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesalahan berdasarkan nilai residual pada model yang satu dan dibandingkan dengan model yang lainnya.

2.5. Pencemaran Udara

Udara dinyatakan tercemar apabila mengandung polutan yang kadarnya melebihi nilai baku mutu. Berdasarkan Baku Mutu Udara Ambien Nasional terdapat 9 jenis polutan dengan nilai baku mutu yakni Sulfur Dioksida (SO_2) 0,1 ppm tiap pengukuran 24 jam, Karbon Monoksida (CO) 20 ppm tiap pengukuran 24 jam, Nitrogen Dioksida (NO_2) 0,05 ppm tiap pengukuran 24 jam, Oksidan (O_3) 0,1 ppm tiap pengukuran 1 jam, partikel $\leq 10 \mu m$

(PM₁₀) 150 mg/m³ tiap pengukuran 24 jam, partikel $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}) 65 ug/Nm³ tiap pengukuran 24 jam, TSP 230 ug/Nm³ tiap pengukuran 24 jam, Timah Hitam (Pb) 2 ug/Nm³ tiap pengukuran 24 jam, dan Debu Jatuh 10 ton/km²/30hari. Polusi atau dapat disebut pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu. Sementara udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Partikel debu (PM₁₀) merupakan salah satu jenis polutan yang dihasilkan oleh kendaraan di kota besar sebesar 42% (*World Bank*, 1994). Kota Surabaya memiliki konsentrasi partikel debu (PM₁₀) paling tinggi dibandingkan konsentrasi O₃, SO₂, dan CO. Konsentrasi partikel debu (PM₁₀) paling tinggi dihasilkan pada antara jam 06.30-09.00 pada pagi hari dan 16.00-18.00 di Kota Surabaya. Hal itu dapat disebabkan karena waktu tersebut merupakan waktu peningkatan jumlah kendaraan di jalan yang disebabkan keberangkatan dan kepulangan jam kerja (Chamida, 2004). Zusana, Jaroslav, Miroslav, dan Vitezslav (2008) menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi konsentrasi partikel debu (PM₁₀) adalah suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin. Artinya perbedaan tempat atau adanya heterogenitas secara spasial memberikan pengaruh pada konsentrasi partikel debu (PM₁₀).

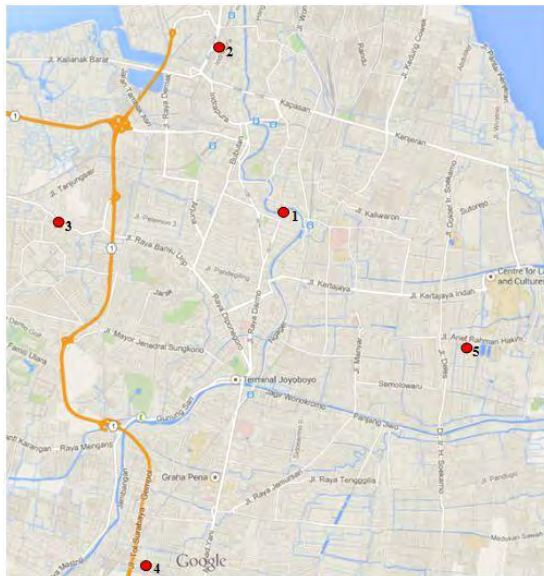
Selain itu Chaloulakou, Kassomenos, Spyrellis, Demokritou, dan Kaourakis (2002) juga menyebutkan bahwa musim juga memberikan pengaruh pada konsentrasi partikel debu (PM₁₀). Surabaya merupakan wilayah dengan pengelompokan musim hujan terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari. Peralihan musim hujan menuju musim kemarau terjadi pada bulan Maret, April, Mei, dan Juni. Musim Kemarau terjadi pada bulan Juli, Agustus, dan September. Dan peralihan musim

kemarau menuju musim hujan terjadi pada bulan Oktober dan November (Aldrian, 2001). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi partikel debu (PM_{10}) memiliki heterogenitas secara temporal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data dan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder mengenai kualitas udara ambien di Kota Surabaya pada tahun 2010 yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya. Terdapat 5 titik pengamatan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 merupakan lokasi penempatan stasiun pemantauan kualitas udara ambien (SUF). Lima titik tersebut adalah : Taman Prestasi di Jalan Ketabang Kali (1), Perak Timur di Jalan Selanggor (2), di Jalan Sukomanunggal (3), Gayungan di Jalan Raya Pagesangan (4), dan Gebang Putih di Jalan Arif Rachman Hakim (5). Namun pada penelitian ini hanya menggunakan tiga titik pengamatan yakni SUF 1 Taman Prestasi, SUF 4 Gayungan, dan SUF 5 Gebang Putih.



Gambar 3.1 Titik Pengamatan Kualitas Udara di Kota Surabaya

3.2. Variabel Penelitian dan Struktur Data

Variabel yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Kategori Variabel		Variabel	Satuan
Respon (dependen)	Y	Partikel Debu (PM ₁₀)	µg/m ³
	X ₁	Kelembaban	Persen
Prediktor (independen)	X ₂	Suhu	Derajat celcius (°C)
	X ₃	Kecepatan Angin	m/s

Struktur data yang digunakan disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

Variabel Y	Variabel X ₁	Variabel X ₂	Variabel X ₃	Lintang	Bujur	Waktu
Y ₁₁	X ₁₁₁	X ₁₁₂	X ₁₁₃	u_1	v_1	t_1
Y ₁₂	X ₁₂₁	X ₁₂₂	X ₁₂₃	u_1	v_1	t_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Y _{1q}	X _{1q1}	X _{1q2}	X _{1q3}	u_1	v_1	t_q
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Y ₂₁	X ₂₁₁	X ₂₁₂	X ₂₁₃	u_2	v_2	t_1
Y ₂₂	X ₂₂₁	X ₂₂₂	X ₂₂₃	u_2	v_2	t_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Y _{2q}	X _{2q1}	X _{2q2}	X _{2q3}	u_2	v_2	t_q
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Y ₃₁	X ₃₁₁	X ₃₁₂	X ₃₁₃	u_3	v_3	t_1
Y ₃₂	X ₃₂₁	X ₃₂₂	X ₃₂₃	u_3	v_3	t_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Y _{iq}	X _{iq1}	X _{iq2}	X _{iq3}	u_i	v_i	t_q

Lokasi : $i = 1,2,3$

Waktu : $q = 1,2,3,4,5,6,8,9,10,11$ (untuk data bulanan)

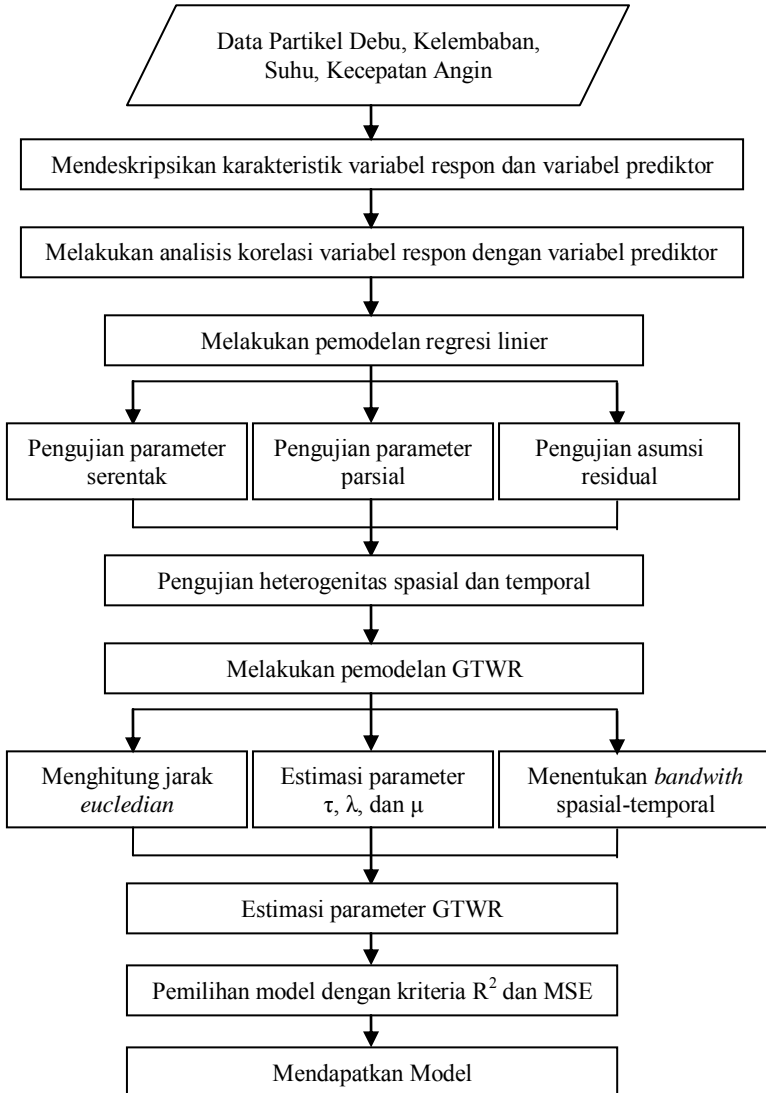
$q = 1,2,3,4$ (untuk data musiman)

3.3. Metode Analisis Data

Langkah-langkah dalam menganalisis data penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan tiap variabel untuk mengetahui karakteristik kondisi pencemaran udara di Kota Surabaya.
2. Mengidentifikasi pola hubungan konsentrasi partikel debu (PM_{10}) dengan variabel prediktor menggunakan analisis korelasi dan diagram pencar.
3. Melakukan pemodelan regresi linier berganda yang meliputi :
 - a. Estimasi parameter.
 - b. Pengujian serentak parameter regresi.
 - c. Pengujian parsial parameter regresi.
 - d. Pengujian asumsi residual model regresi identik, independen, berdistribusi normal (IIDN) dan uji multikolinearitas.
4. Melakukan uji heterogenitas spasial dan heterogenitas temporal.
5. Melakukan pemodelan *Geographically-Temporally Weighted Regression* (GTWR) yang meliputi :
 - a. Menghitung jarak *euclidean* pada koordinat (u_i, v_i, t_i) .
 - b. Mendapatkan estimasi parameter τ optimum secara iteratif dengan nilai awal $\tau_0 = 0.025$ dan $h_{ST} = h_S$ atau *bandwith* spasial, dengan membandingkan nilai R^2 .
 - c. Mendapatkan estimasi parameter μ dan λ .
 - d. Menentukan *bandwith* spasial-temporal (h_{ST}).
 - e. Menghitung matriks pembobot model GTWR dengan fungsi *kernel gaussian*.
 - f. Estimasi parameter GTWR.
 - g. Pengujian asumsi residual model regresi identik, independen, berdistribusi normal (IIDN).

Prosedur analisis data yang ditampilkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode Analisis

BAB IV

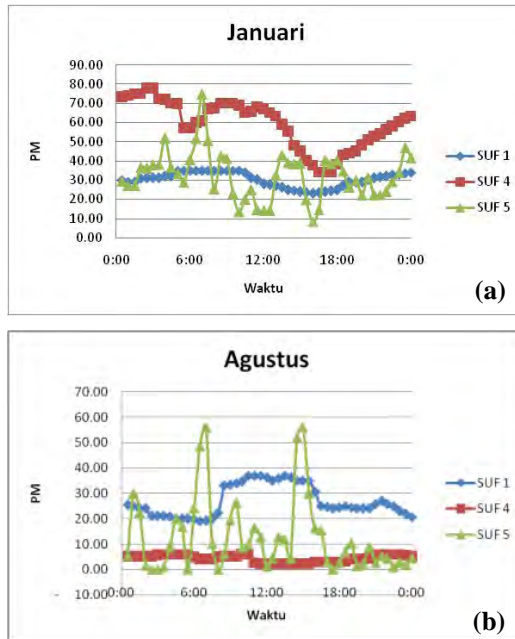
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas deskripsi dan pemodelan konsentrasi partikel debu (PM) sebagai variabel respon dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi yakni kelembaban (*humidity* : HUM), suhu (*temperature* : TEMP), dan kecepatan angin (*wind velocity* : FF). Pemodelan dilakukan dalam dua tahap yakni pemodelan menggunakan metode regresi linier berganda dan metode *Geographically-Temporally Weighted Regression* (GTWR). Pemodelan regresi linier dan GTWR dilakukan pada dua jenis data yakni : bulanan dan musiman.

4.1. Deskripsi Partikel Debu (PM₁₀) dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

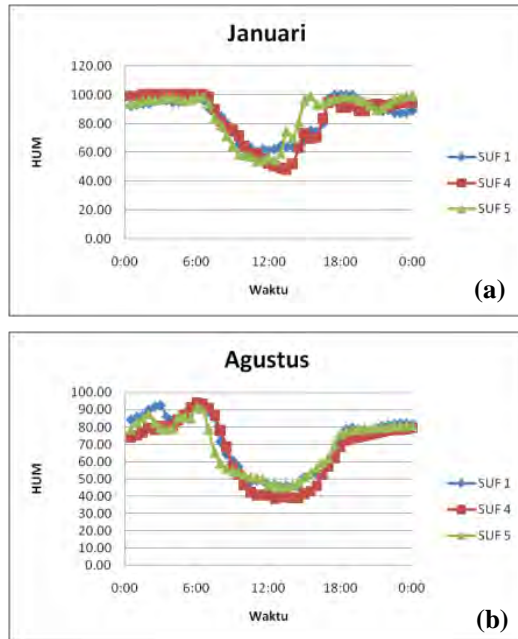
Sebelum melakukan pemodelan regresi antara variabel prediktor dan variabel respon, terlebih dahulu dilakukan analisis deskriptif. Variabel PM, HUM, TEMP dan FF di tiap lokasi SUF (Stasiun Unit Pemantauan Kualitas Udara) diukur setiap 30 menit dan informasi ditampilkan pada papan data *display* setiap pukul 15.00 WIB. Oleh karena itu dalam satu hari terdapat 48 data tiap variabel yang tercatat pada tiap SUF dan 1 data yang ditampilkan pada papan data *display*. Kemudian data dideskripsikan untuk mengetahui pola variabel dalam satu hari.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi partikel debu pada tanggal 31 bulan Januari cenderung berbeda pada tiap lokasi. Pada SUF 5 konsentrasi partikel debu lebih beragam sedangkan SUF 1 menunjukkan konsentrasi partikel debu yang cenderung stabil. Sementara pada tanggal 31 bulan Agustus, SUF 5 masih menunjukkan konsentrasi partikel debu yang beragam sedangkan SUF 4 menunjukkan konsentrasi partikel debu yang cenderung stabil. Pada SUF 5 konsentrasi partikel debu cenderung tinggi pada jam 09.00-17.00. Hal ini dimungkinkan karena waktu tersebut merupakan waktu dengan aktifitas masyarakat yang cukup padat di wilayah kota.



Gambar 4.1 Plot antara Variabel PM dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan (a) Januari dan (b) Agustus

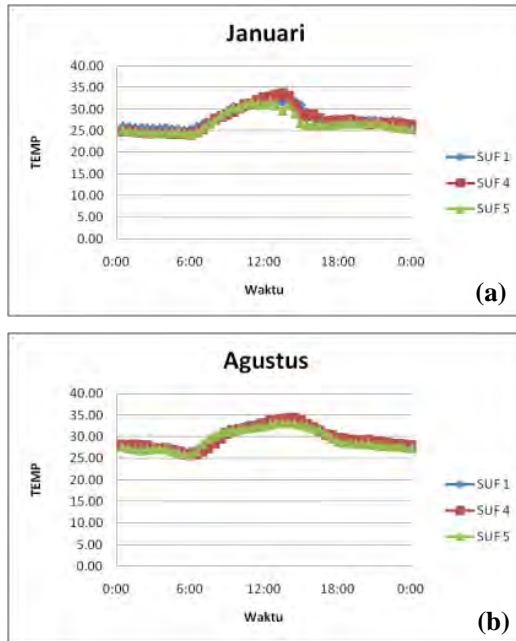
Gambar 4.2 menunjukkan persentase kelembaban pada tanggal 31 bulan Januari dan bulan Agustus memiliki pola yang sama dan nilai yang cenderung sama pada ketiga lokasi. Pola tersebut menunjukkan bahwa nilai kelembaban cenderung rendah pada jam 10.00 hingga 14.00. Hal ini dikarenakan waktu tersebut merupakan waktu siang pada kondisi panas matahari lebih terasa sehingga kelembaban menjadi menurun. Selain itu, pada bulan Januari rata-rata kelembaban lebih tinggi daripada bulan Agustus. Hal ini dimungkinkan karena bulan Januari merupakan musim penghujan sehingga persentase kelembaban udara bernilai lebih tinggi.



Gambar 4.2 Plot antara Variabel HUM dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.3 menunjukkan kondisi suhu pada tanggal 31 bulan Januari dan bulan Agustus memiliki pola yang sama dan nilai yang cenderung sama pada ketiga lokasi. Pola tersebut menunjukkan bahwa nilai suhu cenderung tinggi pada jam 10.00 hingga 14.00. Hal ini dikarenakan waktu tersebut merupakan waktu siang dengan kondisi panas matahari lebih terasa, sehingga suhu udara menjadi meningkat. Pola variabel TEMP atau suhu dalam satu hari merupakan kebalikan dari pola HUM atau kelembaban. Hal tersebut menunjukkan bahwa antara suhu dan kelembaban memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik. Artinya, pada waktu siang hari yakni berkisar antara pukul 10.00 sampai dengan pukul 14.00 kondisi terik matahari menyebabkan kondisi suhu udara menjadi

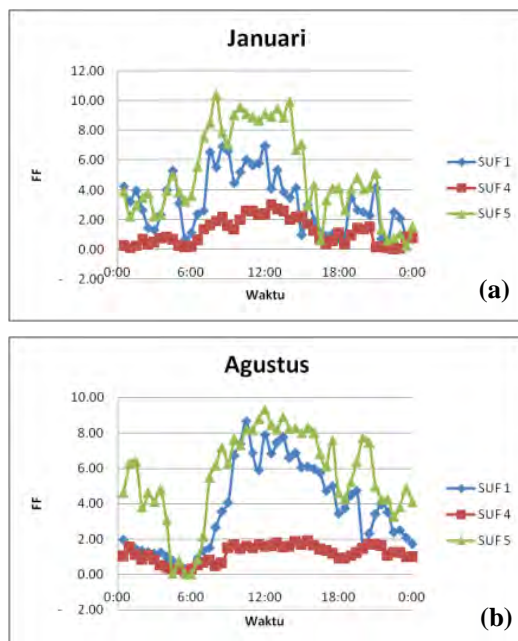
meningkat (tinggi) yang kemudian menjadikan persentase kelembaban udara pada waktu yang sama menjadi menurun (rendah).



Gambar 4.3 Plot antara Variabel TEMP dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kecepatan angin pada tanggal 31 bulan Januari dan bulan Agustus cenderung berbeda pada tiap lokasi. Pada SUF 1 dan 5 kecepatan angin cenderung lebih beragam. SUF 5 memiliki nilai kecepatan angin yang paling tinggi dikarenakan lokasi SUF 5 dekat dengan wilayah pesisir yang dimungkinkan secara geografis menyebabkan kecepatan angin menjadi tinggi. Kondisi kecepatan angin cenderung tinggi terjadi pada pukul 10.00 hingga 14.00. Hal ini dikarenakan pada

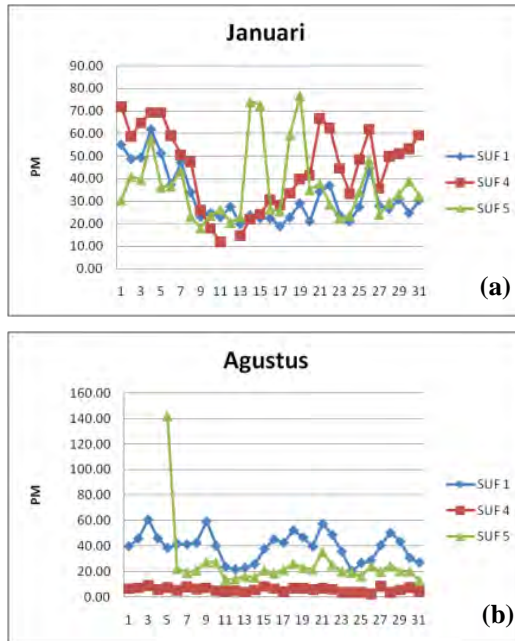
waktu siang hari angin bergerak lebih cepat daripada waktu malam hari.



Gambar 4.4 Plot antara Variabel FF dan waktu per 30 menit pada tanggal 31 bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Setelah mengetahui karakteristik variabel PM, HUM, TEMP, dan FF dalam satu hari (24 jam). Selanjutnya data keempat variabel dirata-rata menjadi data harian karena tidak semua hari memiliki data lengkap sebanyak 48 data pada tiap variabel. Hal ini dimungkinkan karena alat *Gravimetric* sering kali mengalami kerusakan sehingga tidak dapat mengukur konsentrasi partikel debu pada saat tertentu. Namun, alat ukur parameter meteorologi juga kadang kala mengalami kerusakan sehingga tidak dapat mengukur persentase kelembaban udara, suhu udara, dan kecepatan angin. Untuk itu diperlukan deskripsi

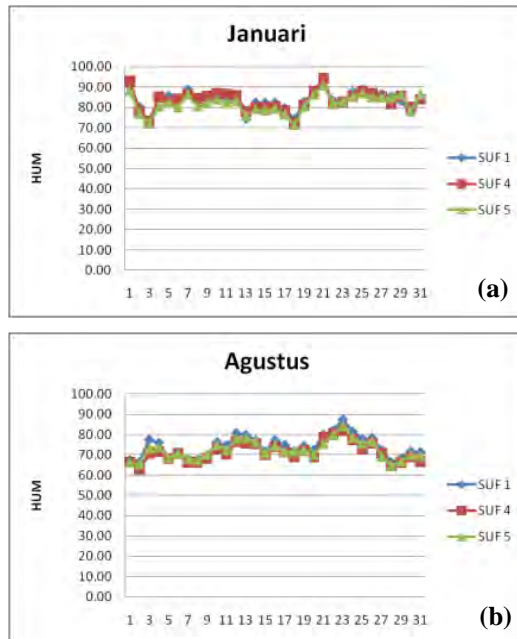
karakteristik data dalam bentuk harian guna mengatasi hal tersebut, sekaligus mengidentifikasi konsentrasi partikel debu dan parameter meteorologi. Informasi tersebut ditampilkan pada papan data *display* dengan periode harian.



Gambar 4.5 Plot antara Variabel PM dan waktu Harian bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi partikel debu pada bulan Januari cenderung sama dan beragam sedangkan pada bulan Agustus cenderung berbeda dan tidak beragam. Pada tanggal 1 hingga 4 bulan Agustus, SUF 5 tidak mengukur konsentrasi partikel debu. Hal ini dikarenakan *Gravimetric* mengalami kerusakan sehingga dimungkinkan menyebabkan pada tanggal 5 bernilai sangat tinggi. Selain itu, pada bulan Agustus SUF 1 memiliki nilai konsentrasi partikel debu paling tinggi. Hal

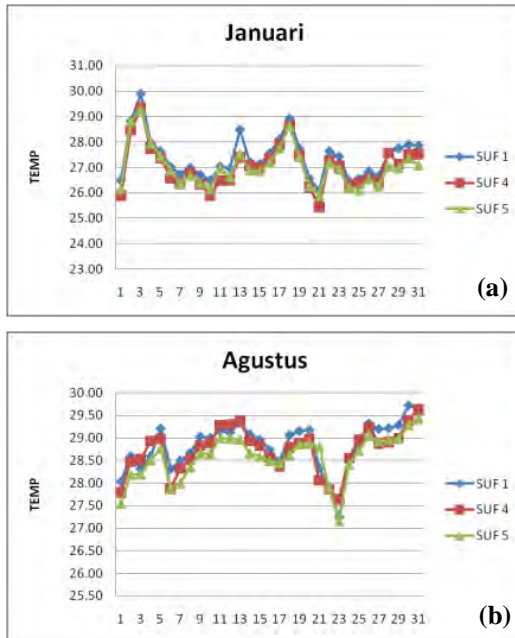
ini dikarenakan SUF 1 merupakan wilayah kota dengan aktivitas manusia dan lalu lintas padat yang kemudian menyebabkan tingginya konsentrasi partikel debu. Sementara pada SUF 4 memiliki nilai konsentrasi partikel debu yang cenderung paling rendah dibandingkan SUF 1 dan SUF 5 yang dikarenakan berada di wilayah pemukiman berupa perumahan.



Gambar 4.6 Plot antara Variabel HUM dan waktu Harian bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.6 menunjukkan persentase kelembaban pada bulan Januari dan bulan Agustus memiliki pola dan nilai yang cenderung sama pada ketiga lokasi. Hal ini menjelaskan bahwa rata-rata persentase kelembaban harian dalam satu bulan cenderung konstan atau tidak berubah. Artinya, perbedaan hari tidak begitu memberikan pengaruh pada perubahan persentase

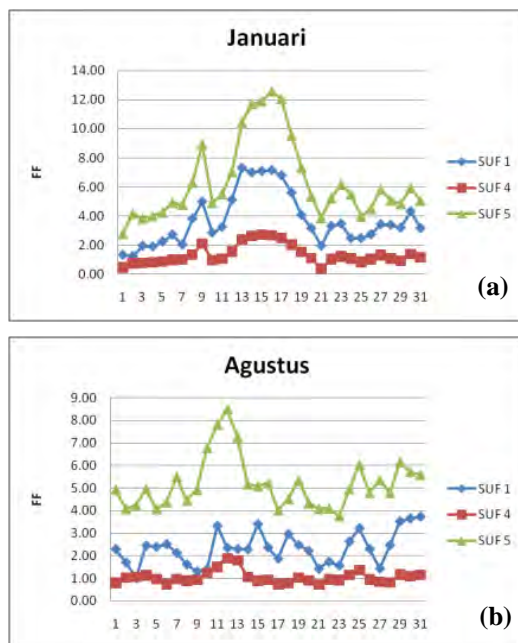
kelembaban. Namun berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pada bulan Januari rata-rata kelembaban lebih tinggi daripada bulan Agustus. Hal ini dimungkinkan karena bulan Januari merupakan musim hujan, sehingga persentase kelembaban udara bernilai lebih tinggi daripada bulan Agustus yang merupakan musim kemarau.



Gambar 4.7 Plot antara Variabel TEMP dan waktu Harian bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kondisi suhu udara pada bulan Januari dan bulan Agustus di ketiga SUF cenderung sama. Pada tanggal 6 hingga 15 di bulan Januari suhu cenderung rendah, sedangkan di bulan Agustus cenderung tinggi. Hal ini dimungkinkan karena bulan Januari merupakan musim hujan, sehingga kondisi suhu udara bernilai lebih rendah daripada bulan

Agustus yang merupakan musim kemarau. Namun pola kondisi suhu udara pada bulan Januari dan bulan Agustus sama-sama mengalami peningkatan menuju akhir bulan (minggu keempat).



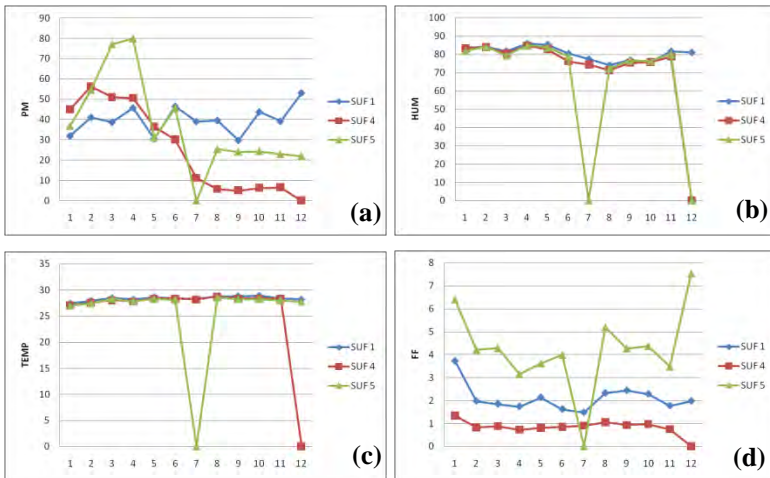
Gambar 4.8 Plot antara Variabel FF dan waktu Harian bulan (a) Januari dan (b) Agustus

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa kecepatan angin pada bulan Januari dan Agustus cenderung memiliki pola yang sama namun bernilai berbeda pada tiap SUF. Kecepatan angin pada tanggal 13 hingga 18 (minggu ketiga) pada bulan Januari maupun bulan Agustus cenderung tinggi.

Karena data variabel PM, HUM, TEMP, dan FF dalam satu bulan (31 hari) terdapat data yang kosong atau tidak tercatat sehingga menjadi tidak lengkap, maka data harian tersebut dirata-rata menjadi data bulanan yang kemudian dilakukan analisis

deskripsi untuk mengetahui karakteristik kondisi pencemaran udara ditinjau berdasarkan bulan.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa partikel debu (a) dan kecepatan angin (d) cenderung berbeda dan beragam pada tiap lokasi (SUF). Sementara kelembaban (b) dan suhu (c) cenderung sama pada tiap SUF. Namun, masih terdapat data yang bernilai 0 yakni variabel PM, TEMP, dan FF yang terjadi pada bulan Juli di SUF 5 dan bulan Desember di SUF 4, sedangkan variabel HUM terjadi pada bulan Juli di SUF 5 dan bulan Desember di SUF 4 dan SUF 5. Apabila dalam satu bulan terdapat variabel yang bernilai 0, maka dalam satu bulan tersebut tidak dilakukan pengukuran kondisi udara ambien.



Gambar 4.9 Plot antara Variabel (a)PM (b)HUM (c)TEMP (d)FF dengan waktu Bulanan

Untuk itu dalam pemodelan konsentrasi partikel debu menggunakan dua jenis data yakni data bulanan (dengan menghilangkan data bulan Juli dan Desember pada seluruh variabel) dan data musiman yang diperoleh dengan mengelompokkan (rata-rata) data bulanan pada musim-musim yang terjadi selama satu tahun. Terdapat 4 musim yakni musim

hujan yang terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari, musim peralihan hujan-kemarau terjadi pada bulan Maret, April, Mei, dan Juni, musim kemarau yang terjadi pada bulan Juli, Agustus, dan September, dan musim peralihan kemarau-hujan yang terjadi pada bulan Oktober dan November. Untuk data bulanan terdapat sebanyak 30 data (10 bulan pada 3 lokasi), sedangkan data musiman terdapat sebanyak 12 data (4 musim pada 3 lokasi).

Tabel 4.1 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum PM, HUM, TEMP, dan FF Bulanan di Kota Surabaya 2010

Variabel	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
PM (mg/m^3)	36.71	18.20	5.10	79.91
HUM (%)	80.02	4.13	71.30	85.80
TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	28.16	0.50	27.03	28.92
FF (m/s)	2.47	1.55	0.73	6.40

Tabel 4.2 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum PM, HUM, TEMP, dan FF Musiman di Kota Surabaya 2010

Variabel	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
PM (mg/m^3)	34.90	16.21	6.45	58.39
HUM (%)	79.51	3.58	73.69	83.68
TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	28.13	0.48	27.22	28.68
FF (m/s)	2.50	1.27	0.819	5.30

Tabel 4.1 dan 4.2 menjelaskan bahwa konsentrasi partikel debu pada saat bulanan dan musiman memiliki nilai rata-rata yang lebih rendah dari indeks standart pencemaran udara ambien yakni sebesar $150 \text{ mg}/\text{m}^3$. Hal ini menyatakan bahwa konsentrasi partikel debu di Kota Surabaya dinyatakan baik. Konsentrasi partikel debu memiliki nilai standar deviasi yang cenderung lebih tinggi atau lebih beragam dibandingkan dengan ketiga variabel prediktor. Selain itu, data bulanan menunjukkan nilai rata-rata,

standar deviasi, minimum dan maksimum yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan data musiman. Hal ini dimungkinkan karena jumlah data bulanan lebih banyak dibandingkan dengan data musiman.

Tabel 4.3 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 per Bulan

Bulan	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Januari (1)	37.89	6.57	31.93	44.94
Februari (2)	50.63	8.34	41.05	56.26
Maret (3)	55.60	19.60	38.70	77.10
April (4)	58.70	18.50	45.70	79.90
Mei (5)	32.68	3.27	30.56	36.45
Juni (6)	40.70	9.19	30.10	46.43
Agustus (8)	23.58	16.99	5.74	39.57
September (9)	19.62	12.90	5.10	29.75
Oktober (10)	24.80	18.70	6.30	43.80
November (11)	22.91	16.28	6.61	39.17

Tabel 4.4 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 per Musim

Musim	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Hujan (Bulan 12, 1, 2)	46.10	4.31	42.01	50.60
Hujan-Kemarau (Bulan 3, 4, 5, 6)	46.91	9.98	40.33	58.39
Kemarau (Bulan 7, 8, 9)	22.73	14.49	7.34	36.11
Kemarau-Hujan (Bulan 10, 11)	23.90	17.5	6.50	41.50

Rata-rata konsentrasi partikel debu cenderung tinggi dan nilai standar deviasi yang cenderung rendah terjadi pada bulan

Januari hingga bulan Juni atau pada musim hujan dan peralihan hujan-kemarau (Tabel 4.3 dan 4.4). Hal ini menunjukkan bahwa peralihan musim atau biasa disebut musim pancaroba menyebabkan penyebaran konsentrasi partikel debu yang tinggi menjadi lebih cepat. Sementara konsentrasi partikel debu memiliki nilai rata-rata cenderung lebih rendah dan nilai standar deviasi yang cenderung tinggi pada bulan Agustus hingga bulan November atau pada musim kemarau dan peralihan kemarau-hujan. Artinya, pada 6 bulan pertama tahun 2010 konsentrasi partikel debu cenderung lebih beragam dibandingkan bulan 6 bulan kedua tahun 2010.

Tabel 4.5 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 Berdasarkan Lokasi per Bulan

Lokasi	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
SUF 1 Taman Prestasi	38.65	6.08	29.75	46.43
SUF 4 Gayungan	29.30	21.41	5.10	56.26
SUF 5 Gebang Putih	42.17	21.75	22.95	79.91

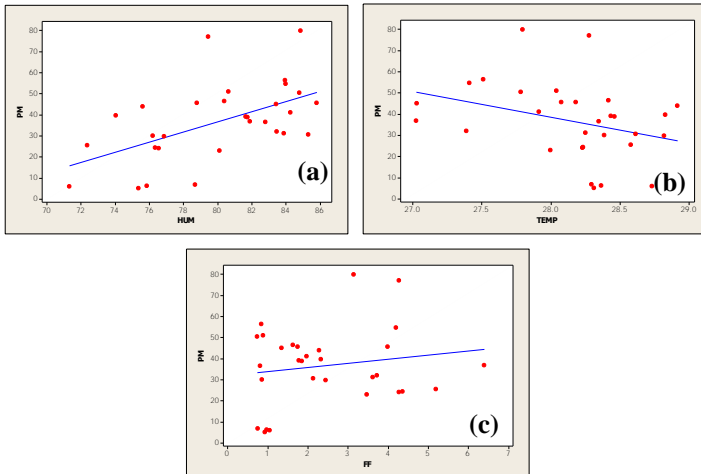
Rata-rata konsentrasi partikel debu di SUF 1 dan SUF 5 cenderung lebih tinggi (Tabel 4.5 dan 4.6). Hal ini dikarenakan SUF 1 berada di jalan Ketabang Kali yang merupakan wilayah pusat kota, perkantoran, dan pemukiman dan SUF 5 berada di jalan Arif Rahman Hakim yang merupakan wilayah pemukiman, perkantoran, dan kampus. Kedua lokasi tersebut merupakan lokasi yang cenderung memiliki aktifitas yang padat dan konstan setiap waktunya. Sementara pada lokasi SUF 4 merupakan wilayah pemukiman dengan intensitas aktifitas yang cenderung lebih beragam di setiap waktunya sehingga memiliki nilai rata-rata dan standar deviasi yang cenderung rendah.

Tabel 4.6 Nilai Rataan, Standar Deviasi, Minimum, dan Maksimum Variabel PM (mg/m^3) di Kota Surabaya 2010 Berdasarkan Lokasi per Musim

Lokasi	Rataan	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
SUF 1 Taman Prestasi	39.98	2.67	36.11	42.01
SUF 4 Gayungan	26.60	23.00	6.50	50.60
SUF 5 Gebang Putih	38.12	16.90	23.65	58.39

4.2. Identifikasi Pola Hubungan Partikel Debu (PM_{10}) dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

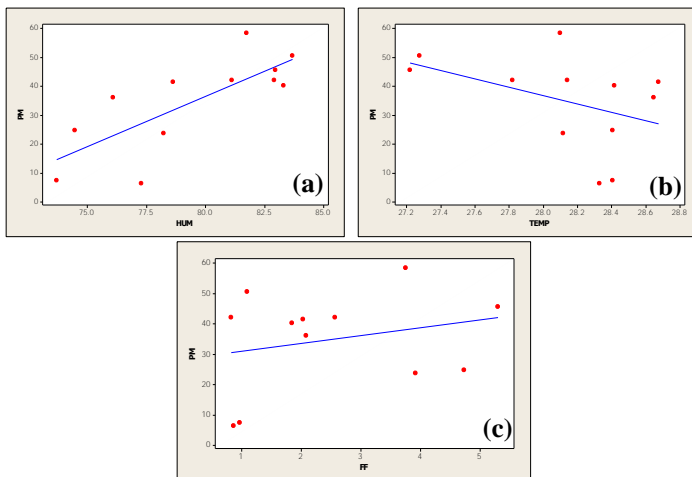
Dalam mengidentifikasi pola hubungan antara partikel debu dan variabel prediktor dilakukan dengan dua cara yakni menggunakan diagram pencar untuk mengetahui pola hubungan secara visual dan nilai korelasi untuk mengetahui pola hubungan secara teoritis.



Gambar 4.10 Diagram Pencar antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor, (a)Kelembaban (b)Suhu (c)Kecepatan Angin pada Data Bulanan

Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan bahwa kelembaban dan kecepatan angin memiliki hubungan yang positif terhadap

partikel debu. Sementara suhu memiliki hubungan negatif terhadap partikel debu. Artinya, semakin rendah suhu atau semakin dingin kondisi suatu tempat maka menyebabkan konsentrasi partikel debu menjadi semakin kecil. Pola hubungan antara variabel respon yakni partikel debu dan variabel prediktor yakni kelembaban, suhu, dan kecepatan angin memberikan hasil yang tidak berbeda baik pada data bulanan maupun data musiman.



Gambar 4.11 Diagram Pencar antara Partikel Debu dan Variabel Prediktor, (a)Kelembaban (b)Suhu (c)Kecepatan Angin pada Data Musiman

Untuk mengidentifikasi pola hubungan lebih lanjut dilakukan dengan analisis korelasi. Sehingga dapat diketahui variabel prediktor yang memiliki pola hubungan signifikan terhadap partikel debu. Tabel 4.7 dan 4.8 menunjukkan bahwa suhu memiliki korelasi yang signifikan pada taraf 0.2 (α) dan kelembaban memiliki korelasi yang signifikan pada taraf 0.05 (α). Sementara kecepatan angin tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan partikel debu. Namun ketiga variabel prediktor

tetap digunakan dalam pemodelan karena didasarkan pada penelitian Zusana, dkk pada tahun 2008.

Tabel 4.7 Koefisien Korelasi antara Partikel Debu dengan Variabel Prediktor pada Data Bulanan

	Kelembaban (HUM)	Suhu (TEMP)	Kecepatan Angin (FF)
Nilai Korelasi	0.547	-0.332	0.168
<i>p-value</i>	0.002	0.073	0.374

Tabel 4.8 Koefisien Korelasi antara Partikel Debu dengan Variabel Prediktor pada Data Musiman

	Kelembaban (HUM)	Suhu (TEMP)	Kecepatan Angin (FF)
Nilai Korelasi	0.769	-0.467	0.247
<i>p-value</i>	0.003	0.167	0.438

4.3. Pengujian Multikolinearitas

Setelah melakukan identifikasi pola hubungan, selanjutnya dilakukan pengujian multikolinearitas antar variabel prediktor.

Tabel 4.9 Nilai VIF tiap Variabel Prediktor pada Data Bulanan

HUM	TEMP	FF
1.642	1.745	1.137

Pada data bulanan maupun data musiman (Tabel 4.9 dan 4.10) menunjukkan bahwa seluruh variabel prediktor memiliki nilai kurang dari 10. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kasus multikolinearitas antar variabel prediktor.

Tabel 4.10 Nilai VIF tiap Variabel Prediktor pada Data Musiman

HUM	TEMP	FF
1.829	1.970	1.116

4.4. Pemodelan Partikel Debu (PM₁₀) Menggunakan Regresi Linier

Sebelum melakukan pemodelan regresi menggunakan pembobot spasial dan waktu, terlebih dahulu dilakukan pemodelan menggunakan metode regresi linier berganda atau disebut juga regresi global untuk bentuk pemodelan tanpa memperhatikan efek heterogenitas secara spasial dan secara temporal pada data bulanan dan data musiman.

Tabel 4.11 Analisis Varians Model Regresi Linier pada Data Bulanan

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (DF)	Rata-rata Kuadrat (MS)	F	<i>P-value</i>
Regresi	3280.5	3	1093.5	4.50	0.011
Error	6322.4	26	243.2		
Total	9602.9	29			

Tabel 4.12 Analisis Varians Model Regresi Linier pada Data Musiman

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (DF)	Rata-rata Kuadrat (MS)	F	<i>P-value</i>
Regresi	1934.7	3	644.9	5.41	0.025
Error	954.2	8	119.3		
Total	2888.9	11			

Tabel 4.1 dan 4.12 memberikan kesimpulan yang sama yakni dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0.05 didapatkan *p-value* kurang dari taraf signifikansi. Dengan menggunakan nilai statistik uji F yang menunjukkan lebih besar dari F_{tabel} . Hal tersebut menyatakan bahwa terdapat minimal satu parameter β variabel prediktor yang berpengaruh pada konsentrasi partikel debu dalam model regresi linier.

Tabel 4.13 Estimasi dan Pengujian Parameter Model Regresi Linier

Prediktor	Estimasi Parameter	T Hitung	<i>P-value</i>
<i>Constant</i>	-265.80	-0.98	0.334
HUM	2.67	2.97	0.006
TEMP	2.94	0.38	0.707
FF	2.56	1.28	0.210

Tabel 4.14 Estimasi dan Pengujian Parameter Model Regresi Linier

Prediktor	Estimasi Parameter	T Hitung	<i>P-value</i>
<i>Constant</i>	-551.80	-1.58	0.152
HUM	4.19	3.37	0.010
TEMP	8.76	0.90	0.392
FF	2.82	1.27	0.239

Setelah diketahui bahwa terdapat minimal satu parameter β variabel prediktor yang berpengaruh pada konsentrasi partikel debu, kemudian dilakukan pengujian parsial untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap konsentrasi partikel debu pada model regresi linier. Pada taraf signifikansi (α) sebesar 0.05, Tabel 4.13 dan 4.14 menunjukkan hasil yang sama yakni variabel prediktor yang memiliki *p-value* kurang dari taraf signifikansi adalah kelembaban. Artinya, persentase kelembaban memberikan pengaruh yang signifikan pada konsentrasi partikel debu dalam model regresi linier. Persentase kelembaban yang meningkat akan memberikan dampak peningkatan pada konsentrasi partikel debu. Hal ini dikarenakan semakin tinggi tingkat kelembaban maka penyebaran partikel debu di udara akan bertahan semakin lama, sehingga konsentrasi partikel debu di udara menjadi semakin tinggi. Nilai estimasi parameter suhu dan kecepatan angin yang bernilai positif menyimpulkan bahwa semakin tinggi suhu udara atau semakin panas kondisi udara dan angin yang berhembus lebih cepat akan menyebabkan penyebaran partikel debu di udara juga semakin tinggi. Berikut adalah model regresi linier yang didapatkan pada data bulanan :

$$\hat{y} = -265.80 + 2.67x_1 + 2.94x_2 + 2.56x_3 \quad (4.1)$$

Persamaan (4.1) menjelaskan bahwa setiap peningkatan 1 satuan pada kelembaban, suhu, dan kecepatan angin dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu sebesar 2.67, 2.94, dan 2.56 mg/m³.

Sementara model regresi linier yang didapatkan pada data musiman adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -551.80 + 4.19x_1 + 8.76x_2 + 2.82x_3 \quad (4.2)$$

Persamaan (4.2) menjelaskan bahwa setiap peningkatan 1 satuan pada kelembaban, suhu, dan kecepatan angin dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu sebesar 4.19, 8.76, dan 2.82 mg/m³.

Model regresi linier pada data bulanan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang menjelaskan variabilitas konsentrasi partikel debu sebesar 34.2%. Sisanya sebesar 65.8% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan kedalam model. Nilai MSE yang didapatkan sebesar 243.2. Sementara data musiman menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang menjelaskan variabilitas konsentrasi partikel debu sebesar 67%. Sisanya sebesar 33% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan kedalam model. Nilai MSE yang didapatkan sebesar 119.3. Dalam pemodelan regresi linier berganda, data musiman menghasilkan model yang lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan data bulanan.

4.5. Pengujian Asumsi Residual Regresi Linier

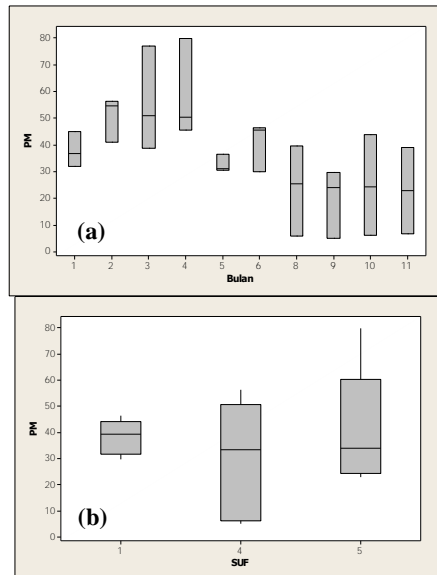
Terdapat asumsi residual yang harus dipenuhi dalam pemodelan regresi linier berganda yakni bersifat identik, independen, dan berdistribusi normal. Pada data bulanan dengan uji *Glejser* didapatkan *p-value* sebesar 0.910, sedangkan pada data musiman didapatkan *p-value* sebesar 0.602. Hal tersebut menyatakan bahwa residual pemodelan pada data bulanan maupun musiman telah memenuhi asumsi bersifat identik dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0.05.

Kemudian pengujian berdistribusi normal pada data bulanan dan musiman dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan hasil *p-value* lebih dari 0.15 (Lampiran 5). Hal tersebut menyatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi berdistribusi normal dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0.05. Kemudian dengan jumlah variabel prediktor sebanyak 3, jumlah

data sebanyak 30 untuk data bulanan dan data sebanyak 12 untuk data musiman, dan taraf signifikansi 0.05 didapatkan nilai *Durbin-Watson* yakni dL 1.21 dan $dL < 0.82$. Nilai statistik pengujian *Durbin-Watson* pada data bulanan 1.25 dan pada data musiman sebesar 1.567. Hal tersebut menyatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi bersifat independen. Secara keseluruhan residual telah memenuhi asumsi pemodelan regresi.

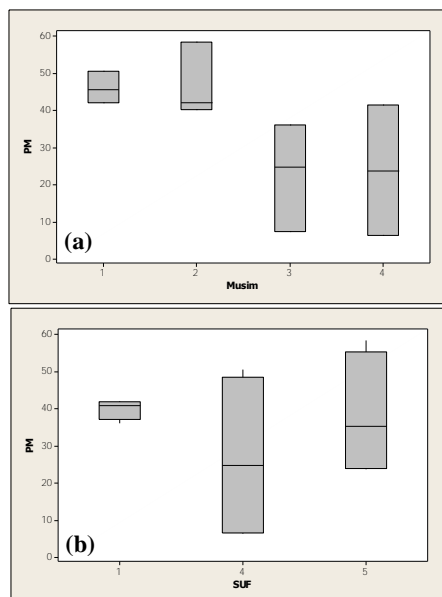
4.6. Pengujian Heterogenitas Spasial dan Temporal

Selanjutnya dilakukan pengujian *Breusch-Pagan* untuk mengetahui adanya kasus heterogenitas spasial. Hasil pengujian pada data bulanan memberikan nilai 1.640 dengan *p-value* sebesar 0.6503, sedangkan pada data musiman memberikan nilai 1.765 dengan *p-value* sebesar 0.6225.



Gambar 4.12 *Boxplot* Partikel Debu Berdasarkan (a)Waktu dan (b)Lokasi pada Data Bulanan

Karena p -value lebih dari taraf signifikansi (α) sebesar 0.05, maka hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat kasus heterogenitas spasial. Artinya, lokasi atau titik pengamatan yang berbeda cenderung tidak memberikan perbedaan variasi pada konsentrasi partikel debu.



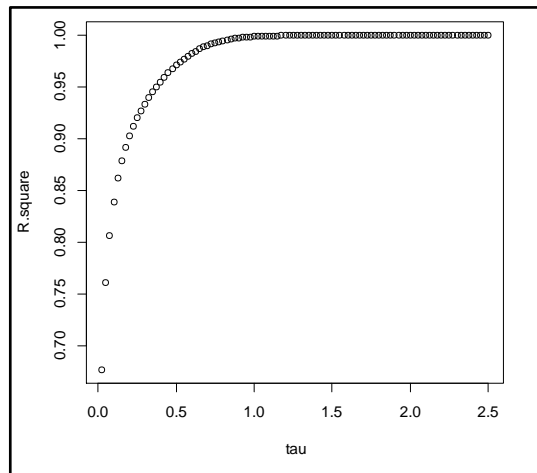
Gambar 4.13 *Boxplot* Partikel Debu Berdasarkan (a)Waktu dan (b)Lokasi Data Musiman

Kemudian dengan menggunakan *boxplot*, perbedaan lokasi cenderung tidak berbeda. Namun tiap lokasi memiliki tingkat variasi yang sangat berbeda (Gambar 4.12.b dan 4.13.b). SUF 1 memiliki tingkat variasi yang rendah dikarenakan aktifitas manusia (lalu lintas pusat kota, perkantoran, pemukiman) yang cenderung konstan. Sementara variasi konsentrasi partikel debu berdasarkan waktu pengukuran menunjukkan hasil yang cenderung berbeda. Gambar 4.12.a menunjukkan bahwa

perbedaan 4 bulan pertama dengan bulan berikutnya dan pada Gambar 4.13.a menunjukkan perbedaan 2 musim pertama dengan musim berikutnya mengindikasikan adanya keberagaman yang tinggi pada konsentrasi partikel debu antar waktu pengukuran mengindikasikan adanya kasus heterogen temporal.

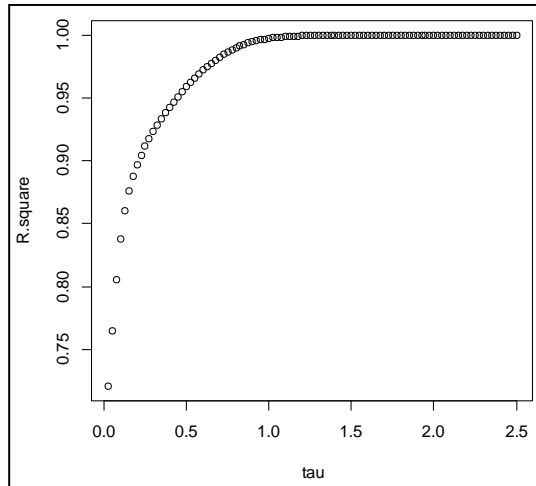
4.7. Pemodelan Partikel Debu (PM_{10}) Menggunakan *Geographically-Temporally Weighted Regression* (GTWR)

Dalam pemodelan konsentrasi partikel debu dengan menggunakan metode GTWR dilakukan perhitungan matriks pembobot yang dapat mengakomodasi adanya heterogenitas secara spasial maupun temporal. Sebelum mendapatkan matriks pembobot, dilakukan perhitungan matriks jarak *euclidean* dengan melakukan estimasi pada parameter τ dengan menggunakan program R (Lampiran 15). Estimasi parameter τ dilakukan secara iteratif sebanyak 100 kali dengan nilai awal 0.025 dan nilai *bandwidth* spasial (h_s) sebesar 0.481.



Gambar 4.14 Iterasi Estimasi Parameter τ pada Data Bulanan

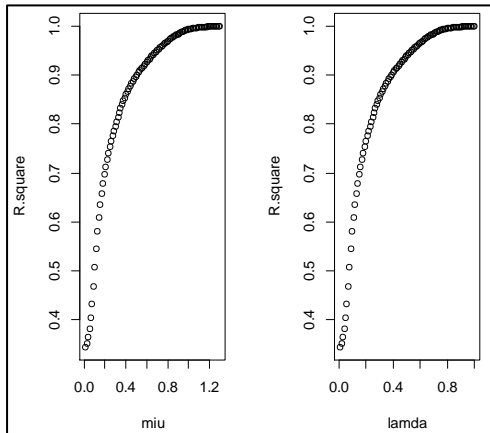
Gambar 4.14 menunjukkan hasil iterasi estimasi parameter τ yang optimum adalah 1.3 dengan nilai R^2 sebesar 0.9998 (Lampiran 6). Nilai τ digunakan untuk mengetahui perbandingan antara μ dan λ . Selanjutnya dilakukan proses estimasi parameter λ dan μ secara iteratif dengan nilai awal λ sebesar 0.01 dan μ sebesar 0.013.



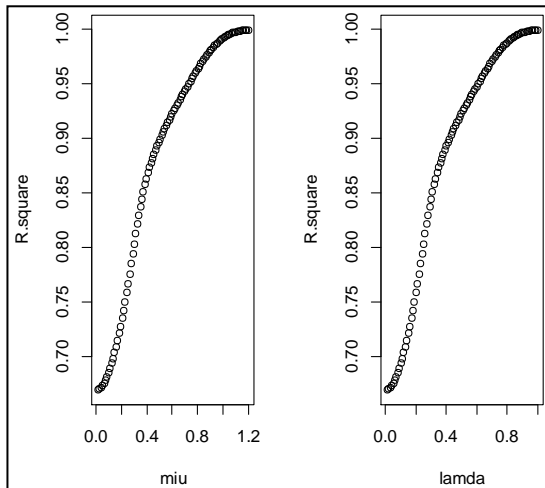
Gambar 4.15 Iterasi Estimasi Parameter τ pada Data Musiman

Sementara Gambar 4.15 menunjukkan hasil iterasi estimasi parameter τ yang optimum adalah 1.2 dengan nilai R^2 sebesar 0.99941 (Lampiran 6). Kemudian dilakukan proses estimasi parameter λ dan μ secara iteratif dengan nilai awal λ sebesar 0.01 dan μ sebesar 0.012.

Gambar 4.16 menunjukkan hasil iterasi estimasi parameter λ dan μ yang optimum adalah 0.44 dan 0.57 dengan nilai R^2 sebesar 0.91984 (Lampiran 7). Setelah mendapatkan nilai estimasi parameter λ dan μ , maka didapatkan nilai *bandwidth* spasial-temporal (h_{st}) sebesar 0.31906. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan matriks pembobot untuk pemodelan data bulanan.



Gambar 4.16 Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ pada Data Bulanan



Gambar 4.17 Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ pada Data Musiman

Gambar 4.17 menunjukkan hasil iterasi estimasi parameter λ dan μ yang optimum adalah 0.46 dan 0.54 dengan nilai R^2 sebesar 0.90869 (Lampiran 7). Setelah mendapatkan

nilai estimasi parameter λ dan μ , maka didapatkan nilai *bandwidth* spasial-temporal (h_{st}) sebesar 0.32623. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan matriks pembobot untuk pemodelan data musiman.

Kemudian dilakukan estimasi parameter β untuk mendapatkan nilai prediksi konsentrasi partikel debu. Pada pemodelan menggunakan data bulanan didapatkan 30 model, sedangkan dengan menggunakan data musiman didapatkan 12 model. Persamaan model GTWR lokasi SUF 1 Taman Prestasi pada bulan Januari adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 425.028 - 2.601x_1 - 5.900x_2 - 2.641x_3 \quad (4.3)$$

Persamaan (4.3) menjelaskan bahwa setiap penurunan 1 satuan pada persentase kelembaban, suhu, dan kecepatan angin dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu sebesar 2.601, 5.9, dan 2.641 mg/m^3 .

Sementara persamaan model GTWR lokasi SUF 1 Taman Prestasi pada musim hujan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 473.684 - 1.995x_1 - 9.379x_2 - 1.284x_3 \quad (4.4)$$

Persamaan (4.4) menjelaskan bahwa setiap penurunan 1 satuan pada persentase kelembaban, suhu, dan kecepatan angin dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu sebesar 1.995, 9.379, dan 1.284 mg/m^3 .

Untuk keseluruhan nilai parameter untuk model data bulanan dan data musiman ditampilkan pada Lampiran 8. Nilai prediksi dan residual menggunakan metode GTWR ditampilkan pada Lampiran 11 dan 12. Perbedaan nilai parameter pada satu lokasi mengindikasikan bahwa efek heterogen temporal memberikan pengaruh yang lebih besar pada pemodelan. Sehingga selanjutnya dalam memodelkan konsentrasi partikel debu di Kota Surabaya perlu melakukan pendefinisian secara khusus dalam perhitungan

matriks pembobot. Pada pemodelan GTWR data bulanan didapatkan nilai R^2 sebesar 0.97937 dan MSE sebesar 6.603. Sementara pemodelan GTWR pada data musiman didapatkan nilai R^2 sebesar 0.96415 dan MSE sebesar 8.631. Nilai R^2 GTWR yang lebih besar daripada nilai R^2 regresi linier dan nilai MSE yang jauh lebih rendah memberikan kesimpulan bahwa metode GTWR menghasilkan model dan nilai prediksi yang lebih akurat dibandingkan menggunakan metode regresi linier. Sehingga ketika unit pemantau kualitas udara mengalami kerusakan, didapatkan prediksi nilai konsentrasi partikel debu yang lebih optimal dengan menggunakan metode GTWR.

Pengujian residual dari pemodelan GTWR juga harus memenuhi asumsi yakni bersifat identik, independen, dan berdistribusi normal. Pada data bulanan dengan uji *Glejser* didapatkan *p-value* sebesar 0.172, sedangkan pada data musiman didapatkan *p-value* sebesar 0.128. Hal tersebut menyatakan bahwa residual pemodelan pada data bulanan maupun musiman telah memenuhi asumsi bersifat identik dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0.05. Untuk pengujian berdistribusi normal pada data bulanan dan musiman dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan hasil *p-value* lebih dari 0.15 (Lampiran 9). Hal tersebut menyatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi berdistribusi normal dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0.05. Kemudian dengan jumlah variabel prediktor sebanyak 3, jumlah data sebanyak 30 untuk data bulanan dan data sebanyak 12 untuk data musiman, dan taraf signifikansi 0.05 didapatkan nilai *Durbin-Watson* yakni dL 1.21 dan $dL < 0.82$. Nilai statistik pengujian *Durbin-Watson* pada data bulanan 1.84 dan pada data musiman sebesar 2.133. Hal tersebut menyatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi bersifat independen. Secara keseluruhan residual telah memenuhi asumsi pada pemodelan GTWR.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya pada tahun 2010 bernilai di bawah indeks standart pencemaran udara ambien, sehingga kondisi udara ambien Kota Surabaya dinyatakan baik berdasarkan konsentrasi partikel debu (PM_{10}). Pada bulan Januari hingga bulan Juni yakni pada saat musim hujan dan peralihan hujan-kemarau rata-rata konsentrasi partikel debu cenderung tinggi dan konstan (tidak beragam). Sementara pada bulan Agustus hingga bulan November yakni saat musim kemarau dan peralihan kemarau-hujan rata-rata konsentrasi partikel debu cenderung rendah dan beragam. Taman Prestasi (SUF 1) dan Gebang Putih (SUF 5) memiliki nilai rataaan yang cenderung tinggi karena merupakan lokasi padat aktifitas karena merupakan wilayah pusat kota, pemukiman, perkantoran, dan kampus. Sementara Gayungan (SUF 4) memiliki nilai rataaan yang cenderung rendah karena hanya merupakan wilayah pemukiman berupa perumahan.
2. Berdasarkan kriteria R^2 dan *Mean Square Error* (MSE), pemodelan menggunakan metode GTWR memberikan hasil yang lebih akurat daripada metode regresi linier berganda dalam memprediksi konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya. Perbedaan parameter konsentrasi partikel debu (PM_{10}) berbeda di tiap lokasi dan waktu menunjukkan bahwa terdapat efek heterogen secara spasial dan temporal. Efek heterogen secara temporal memberikan pengaruh yang lebih besar pada pemodelan konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya.

5.2. Saran

Untuk melakukan perbaikan dalam pemodelan konsentrasi partikel debu (PM_{10}) di Kota Surabaya, berikut adalah saran yang diberikan pada penelitian selanjutnya.

1. Melakukan kajian mengenai validitas data yang diperoleh dari pengukuran pada jenis data lingkungan.
2. Melakukan kajian mengenai statistik uji heterogenitas spasial dan temporal secara serempak.
3. Melakukan kajian mengenai perbedaan penggunaan fungsi pembobotan agar dapat memberikan hasil yang optimum pada pemodelan GTWR.
4. Menggunakan data minimal dua tahun agar dapat melakukan validasi model GTWR.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., (2001). Pembagian Iklim Indonesia Berdasarkan Pola Curah Hujan Dengan Metode “*Double Correlation*”. Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 2, 1, 11-18.
- [BLH] Badan Lingkungan Hidup. (2011). Laporan Status Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur. Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.
- Chaloulakou, A., Kassomenos, P., Spyrellis, N., Demokritou, P., dan Koutrakis P. (2002). *Measurement of PM₁₀ and PM_{2.5} particle concentration in Athens, Greece. Atmospheric Environment*, 37, 649-660.
- Chamidha. (2004). *Policy For Air Pollution Control Strategy By Using The Air Pollutant Dispersion Model (PM₁₀) In Surabaya*. Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, Surabaya.
- Choiruddin, A. (2013). Pemodelan Indikator Pencemar Biological Oxygen Demand di Kali Surabaya Menggunakan Pendekatan Spatial-Temporal Weighted Regression. *Skripsi Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Draper, N.R, dan Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis, Second Edition*. Canada : John Wiley & Sons, Inc.
- Fotheringham, A.S., Brusdon, C., dan Charlton, M. (2002). *Geographically weigted regression Chichester*. United Kingdom : John Wiley and Sons.
- Huang, B., Wu, B., dan Barry, M. (2010). *Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house price. International Journal of Geographical Information Science*, 24, 383-401.

- Kusminingrum, N., dan Gunawan, G. (2008). Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali. Pusat Penelitian dan Pembangunan Jalan dan Jembatan.
- Putri, D. S. (2013). Estimasi Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO_2) dan Karbon Monoksida (CO) di Udara Surabaya Menggunakan Interpolasi Cokriging. *Skripsi* Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- World Bank. (1994). *Indonesia Environment and Development*, Washington DC, hal 67-93.
- Zuzana, H., Jaroslav, M., Miroslav, K., dan Vitezslav, V. (2008). *Identification of factor affecting air pollution by dust aerosol PM_{10} in Brno City, Czech Republic. Atmospheric Environment*, 42, 8661-8673.

BIODATA PENULIS



Penulis, Kurniasari Aisyiah, atau yang biasa dikenal dengan nama panggilan 'IIS', lahir di Sidoarjo, 4 Oktober 1992. Anak pertama dari dua bersaudara yang menempuh pendidikan di SDN Medaeng 3 (1999-2005) , SMP 1 Sidoarjo (2005-2008), dan SMA 3 Sidoarjo (2008-2010). Dan melanjutkan pendidikan di Kampus Perjuangan Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan Statistika melalui jalur PMDK. Kegemaran penulis akan bidang penelitian memberikan kesempatan penulis meraih berbagai prestasi di bidang karya tulis tingkat nasional dan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM).

Penulis menghabiskan masa perkuliahan dengan aktif menjadi bagian dari *Mangrove Rhizophora Chitecture* (MRaC), Ikatan Himpunan Mahasiswa Statistika Indonesia (IHMSI), BEM ITS, dan BEM FMIPA ITS. Selain itu penulis sangat bangga menjadi bagian dari keluarga Karya Salemba Empat (KSE) yang memberikan kesempatan bertemu rekan-rekan di XL Future Leader The Scholarship pada tahun 2013. Mimpi besar dapat menyentuh menara baja terbesar di dunia, Eiffel, di Perancis, membuat penulis berjuang penuh mempelajari bahasa 'Français' di Institut Français Indonesia pada tahun 2014.

Segala saran dan kritik yang membangun selalu penulis harapkan untuk kebaikan ke depannya. Penulis dapat dihubungi melalui email aisyiah.kurniasari@gmail.com.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Data Udara Ambien Kota Surabaya Tahun 2010 Berdasarkan Bulan dan Lokasi Stasiun Kualitas Udara (SUF)	51
LAMPIRAN 2	Data Udara Ambien Kota Surabaya Tahun 2010 Berdasarkan Musim dan Lokasi Stasiun Kualitas Udara (SUF)	53
LAMPIRAN 3	Output <i>Minitab</i> : Regresi Linier Berganda, Uji Multikolinearitas, dan Uji <i>Durbin-Watson</i> : Asumsi Independen pada Residual Model Regresi Linier Berganda.	54
LAMPIRAN 4	Uji <i>Glejser</i> : Asumsi Identik pada Residual Model Regresi Linier Berganda.....	56
LAMPIRAN 5	Uji Kenormalan <i>Kolmogorov-Smirnov</i> pada Residual Model Regresi Linier Berganda	58
LAMPIRAN 6	Hasil Iterasi Estimasi Parameter τ	59
LAMPIRAN 7	Hasil Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ	63
LAMPIRAN 8	Parameter Beta pada Pemodelan GTWR pada Data Bulanan	67
LAMPIRAN 9	Parameter Beta pada Pemodelan GTWR pada Data Musiman	69
LAMPIRAN 10	Uji <i>Glejser</i> : Asumsi Identik pada Residual Model GTWR.....	70
LAMPIRAN 11	Nilai Prediksi dan Residual Pemodelan GTWR pada Data Bulanan.....	72
LAMPIRAN 12	Nilai Prediksi dan Residual Pemodelan GTWR pada Data Musiman	74
LAMPIRAN 13	Matriks Pembobot Pemodelan GTWR pada Data Bulanan.....	75

LAMPIRAN 14	Matriks Pembobot Pemodelan GTWR pada Data Musiman	79
LAMPIRAN 15	Syntax Pemodelan <i>Spatial-Temporal Weighted Regression</i> Menggunakan Program R.....	80

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Udara Ambien Kota Surabaya Tahun 2010 Berdasarkan Bulan dan Lokasi Stasiun Kualitas Udara (SUF)

SUF	Bulan	Lintang	Bujur	PM	HUM	TEMP	FF
1	1	7.261	112.745	31.934	83.466	27.390	3.726
1	2	7.261	112.745	41.050	84.264	27.912	1.974
1	3	7.261	112.745	38.652	81.741	28.461	1.849
1	4	7.261	112.745	45.677	85.804	28.180	1.739
1	5	7.261	112.745	30.558	85.296	28.612	2.137
1	6	7.261	112.745	46.435	80.404	28.418	1.623
1	8	7.261	112.745	39.568	74.055	28.829	2.328
1	9	7.261	112.745	29.746	76.861	28.818	2.438
1	10	7.261	112.745	43.753	75.612	28.916	2.287
1	11	7.261	112.745	39.174	81.645	28.436	1.776
4	1	7.339	112.716	44.936	83.414	27.032	1.346
4	2	7.339	112.716	56.257	83.951	27.514	0.834
4	3	7.339	112.716	50.962	80.625	28.041	0.884
4	4	7.339	112.716	50.518	84.788	27.785	0.729
4	5	7.339	112.716	36.445	82.812	28.349	0.811
4	6	7.339	112.716	30.099	76.217	28.385	0.852
4	8	7.339	112.716	5.739	71.302	28.731	1.047
4	9	7.339	112.716	5.100	75.350	28.311	0.933
4	10	7.339	112.716	6.295	75.861	28.365	0.972
4	11	7.339	112.716	6.607	78.688	28.296	0.749
5	1	7.283	112.788	36.810	81.906	27.027	6.399
5	2	7.283	112.788	54.587	84.002	27.411	4.204
5	3	7.283	112.788	77.055	79.438	28.279	4.272

SUF	Bulan	Lintang	Bujur	PM	HUM	TEMP	FF
5	4	7.283	112.788	79.915	84.873	27.794	3.147
5	5	7.283	112.788	31.029	83.876	28.251	3.616
5	6	7.283	112.788	45.568	78.802	28.078	3.984
5	8	7.283	112.788	25.439	72.372	28.579	5.195
5	9	7.283	112.788	24.012	76.562	28.231	4.267
5	10	7.283	112.788	24.346	76.338	28.235	4.365
5	11	7.283	112.788	22.946	80.119	28.000	3.476

Lokasi : 1 = Taman Prestasi
4 = Gayungan
5 = Gebang Putih

4 = Bulan April

5 = Bulan Mei

6 = Bulan Juni

8 = Bulan Agustus

9 = Bulan September

10 = Bulan Oktober

11 = Bulan November

Waktu : 1 = Bulan Januari
2 = Bulan Februari
3 = Bulan Maret

Lampiran 2. Data Udara Ambien Kota Surabaya Tahun 2010
Berdasarkan Musim dan Lokasi Stasiun Kualitas
Udara (SUF)

SUF	Waktu	Lintang	Bujur	PM	HUM	TEMP	FF
1	1	7.261	112.745	42.014	82.900	27.821	2.561
1	2	7.261	112.745	40.330	83.311	28.418	1.837
1	3	7.261	112.745	36.112	76.092	28.648	2.084
1	4	7.261	112.745	41.464	78.628	28.676	2.031
4	1	7.339	112.716	50.597	83.683	27.273	1.090
4	2	7.339	112.716	42.006	81.110	28.140	0.819
4	3	7.339	112.716	7.343	73.692	28.405	0.962
4	4	7.339	112.716	6.451	77.275	28.331	0.860
5	1	7.283	112.788	45.698	82.954	27.219	5.302
5	2	7.283	112.788	58.392	81.747	28.101	3.755
5	3	7.283	112.788	24.726	74.467	28.405	4.731
5	4	7.283	112.788	23.646	78.229	28.117	3.920

Lokasi : 1 = Taman Prestasi
4 = Gayungan
5 = Gebang Putih

Waktu : 1 = Musim Hujan
2 = Musim Hujan-Kemarau
3 = Musim Kemarau
4 = Musim Kemarau-Hujan

Lampiran 3. Output *Minitab* : Regresi Linier Berganda, Uji Multikolinearitas, dan Uji *Durbin-Watson* : Asumsi Independen pada Residual Model Regresi Linier Berganda.

➤ **Data Bulanan**

Regression Analysis: PM versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$PM = - 266 + 2.67 \text{ HUM} + 2.94 \text{ TEMP} + 2.56 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-265.8	270.1	-0.98	0.334	
HUM	2.6678	0.8982	2.97	0.006	1.642
TEMP	2.940	7.728	0.38	0.707	1.745
FF	2.562	1.994	1.28	0.210	1.137

S = 15.5939 R-Sq = 34.2% R-Sq(adj) = 26.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	3280.5	1093.5	4.50	0.011
Residual Error	26	6322.4	243.2		
Total	29	9602.9			

Source	DF	Seq SS
HUM	1	2878.0
TEMP	1	1.1
FF	1	401.4

Durbin-Watson statistic = 1.25250

➤ **Data Musiman**

Regression Analysis: PM versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$PM = - 552 + 4.19 \text{ HUM} + 8.76 \text{ TEMP} + 2.82 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-551.8	348.5	-1.58	0.152	
HUM	4.190	1.243	3.37	0.010	1.829
TEMP	8.764	9.688	0.90	0.392	1.970
FF	2.821	2.216	1.27	0.239	1.116

S = 10.9212 R-Sq = 67.0% R-Sq(adj) = 54.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1934.7	644.9	5.41	0.025
Residual Error	8	954.2	119.3		
Total	11	2888.9			

Source	DF	Seq SS
HUM	1	1708.5
TEMP	1	32.9
FF	1	193.3

Durbin-Watson statistic = 1.56733

Lampiran 4. Uji *Glejser* : Asumsi Identik pada Residual Model Regresi Linier Berganda.

➤ Data Bulanan

Regression Analysis: abs versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$\text{abs} = -60 + 0.308 \text{ HUM} + 1.60 \text{ TEMP} + 0.64 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-59.7	157.4	-0.38	0.708
HUM	0.3082	0.5233	0.59	0.561
TEMP	1.604	4.503	0.36	0.724
FF	0.643	1.162	0.55	0.585

S = 9.08544 R-Sq = 2.0% R-Sq(adj) = 0.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	44.36	14.79	0.18	0.910
Residual Error	26	2146.18	82.55		
Total	29	2190.53			

Source	DF	Seq SS
HUM	1	16.49
TEMP	1	2.57
FF	1	25.30

➤ Data Musiman

Regression Analysis: c versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$c = -142 + 0.547 \text{ HUM} + 3.82 \text{ TEMP} - 0.601 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-141.7	152.8	-0.93	0.381	
HUM	0.5473	0.5452	1.00	0.345	1.829
TEMP	3.820	4.249	0.90	0.395	1.970
FF	-0.6007	0.9718	-0.62	0.554	1.116

S = 4.79013 R-Sq = 19.7% R-Sq(adj) = 0.0%

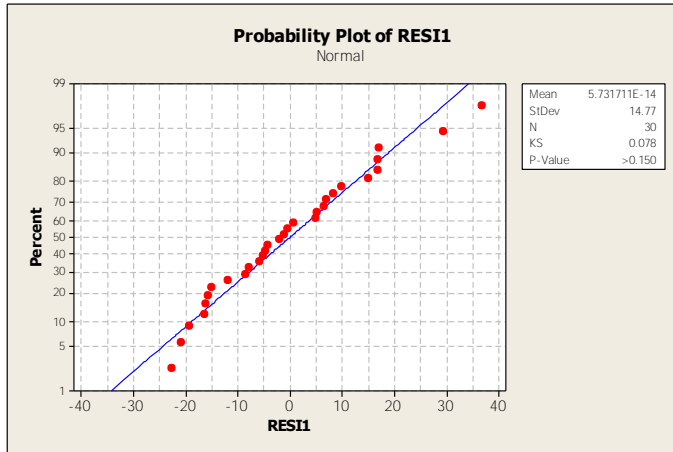
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	45.11	15.04	0.66	0.602
Residual Error	8	183.56	22.95		
Total	11	228.67			

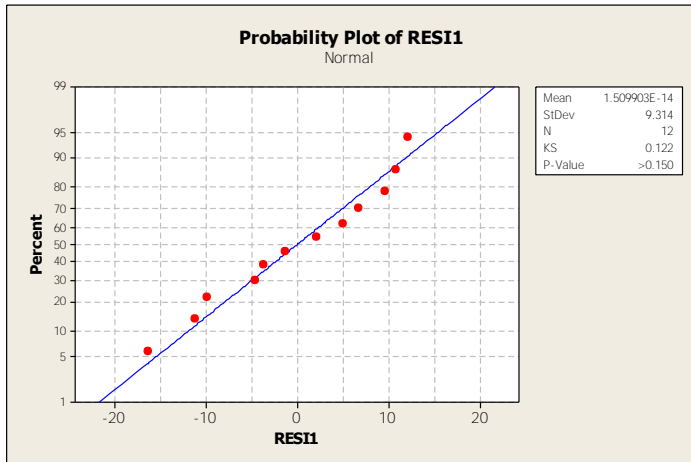
Source	DF	Seq SS
HUM	1	5.61
TEMP	1	30.73
FF	1	8.77

Lampiran 5. Uji Kenormalan *Kolmogorov-Smirnov* pada Residual Model Regresi Linier Berganda

➤ Data Musiman



➤ Data Musiman



Lampiran 6. Hasil Iterasi Estimasi Parameter τ

➤ Data Musiman

No	τ	R^2
1	0.025	0.677648
2	0.05	0.761809
3	0.075	0.806906
4	0.1	0.839004
5	0.125	0.862115
6	0.15	0.879144
7	0.175	0.892340
8	0.2	0.903101
9	0.225	0.912237
10	0.25	0.920221
11	0.275	0.927347
12	0.3	0.933809
13	0.325	0.939739
14	0.35	0.945229
15	0.375	0.950337
16	0.4	0.955103
17	0.425	0.959549
18	0.45	0.963690
19	0.475	0.967534
20	0.5	0.971090
21	0.525	0.974363
22	0.55	0.977363
23	0.575	0.980098
24	0.6	0.982579
25	0.625	0.984816

No	τ	R^2
26	0.65	0.986824
27	0.675	0.988615
28	0.7	0.990205
29	0.725	0.991608
30	0.75	0.992839
31	0.775	0.993913
32	0.8	0.994846
33	0.825	0.995652
34	0.85	0.996344
35	0.875	0.996937
36	0.9	0.997441
37	0.925	0.997869
38	0.95	0.998230
39	0.975	0.998533
40	1	0.998788
41	1.025	0.999001
42	1.05	0.999178
43	1.075	0.999325
44	1.1	0.999446
45	1.125	0.999547
46	1.15	0.999630
47	1.175	0.999698
48	1.2	0.999753
49	1.225	0.999799
50	1.25	0.999837

No	τ	R^2
51	1.275	0.999867
52	1.3	0.999892
53	1.325	0.999913
54	1.35	0.999929
55	1.375	0.999943
56	1.4	0.999953
57	1.425	0.999962
58	1.45	0.999970
59	1.475	0.999975
60	1.5	0.999980
61	1.525	0.999984
62	1.55	0.999987
63	1.575	0.999989
64	1.6	0.999992
65	1.625	0.999993
66	1.65	0.999994
67	1.675	0.999996
68	1.7	0.999996
69	1.725	0.999997
70	1.75	0.999998
71	1.775	0.999998
72	1.8	0.999998
73	1.825	0.999999
74	1.85	0.999999
75	1.875	0.999999

No	τ	R^2
76	1.9	0.999999
77	1.925	0.999999
78	1.95	1
79	1.975	1
80	2	1
81	2.025	1
82	2.05	1
83	2.075	1
84	2.1	1
85	2.125	1
86	2.15	1
87	2.175	1
88	2.2	1
89	2.225	1
90	2.25	1
91	2.275	1
92	2.3	1
93	2.325	1
94	2.35	1
95	2.375	1
96	2.4	1
97	2.425	1
98	2.45	1
99	2.475	1
100	2.5	1

➤ **Data Musiman**

No	τ	R^2
1	0.025	0.720737
2	0.05	0.764476
3	0.075	0.805418
4	0.1	0.837995
5	0.125	0.860561
6	0.15	0.876058
7	0.175	0.887531
8	0.2	0.896735
9	0.225	0.904547
10	0.25	0.911419
11	0.275	0.917609
12	0.3	0.923285
13	0.325	0.928561
14	0.35	0.933518
15	0.375	0.938214
16	0.4	0.942688
17	0.425	0.946967
18	0.45	0.951066
19	0.475	0.954995
20	0.5	0.958757
21	0.525	0.962353
22	0.55	0.965778
23	0.575	0.969029
24	0.6	0.972101
25	0.625	0.974988
26	0.65	0.977686

No	τ	R^2
27	0.675	0.980193
28	0.7	0.982506
29	0.725	0.984628
30	0.75	0.986560
31	0.775	0.988308
32	0.8	0.989878
33	0.825	0.991279
34	0.85	0.992521
35	0.875	0.993614
36	0.9	0.994571
37	0.925	0.995404
38	0.95	0.996124
39	0.975	0.996743
40	1	0.997272
41	1.025	0.997723
42	1.05	0.998105
43	1.075	0.998428
44	1.1	0.998699
45	1.125	0.998926
46	1.15	0.999115
47	1.175	0.999272
48	1.2	0.999403
49	1.225	0.999511
50	1.25	0.999600
51	1.275	0.999673
52	1.3	0.999733

No	τ	R^2
53	1.325	0.999783
54	1.35	0.999823
55	1.375	0.999856
56	1.4	0.999883
57	1.425	0.999905
58	1.45	0.999923
59	1.475	0.999938
60	1.5	0.999950
61	1.525	0.999959
62	1.55	0.999967
63	1.575	0.999973
64	1.6	0.999978
65	1.625	0.999983
66	1.65	0.999986
67	1.675	0.999989
68	1.7	0.999991
69	1.725	0.999993
70	1.75	0.999994
71	1.775	0.999995
72	1.8	0.999996
73	1.825	0.999997
74	1.85	0.999997
75	1.875	0.999998
76	1.9	0.999998

No	τ	R^2
77	1.925	0.999999
78	1.95	0.999999
79	1.975	0.999999
80	2	0.999999
81	2.025	0.999999
82	2.05	0.9999995
83	2.075	0.9999996
84	2.1	0.9999997
85	2.125	0.9999998
86	2.15	0.9999998
87	2.175	0.9999998
88	2.2	0.9999999
89	2.225	0.9999999
90	2.25	0.9999999
91	2.275	0.9999999
92	2.3	0.9999999
93	2.325	1
94	2.35	1
95	2.375	1
96	2.4	1
97	2.425	1
98	2.45	1
99	2.475	1
100	2.5	1

Lampiran 7. Hasil Iterasi Estimasi Parameter μ dan λ

➤ Data Bulanan

No	μ	λ	R^2	No	μ	λ	R^2
1	0.013	0.01	0.344182	26	0.338	0.26	0.823490
2	0.026	0.02	0.351732	27	0.351	0.27	0.831886
3	0.039	0.03	0.363988	28	0.364	0.28	0.839825
4	0.052	0.04	0.380997	29	0.377	0.29	0.847296
5	0.065	0.05	0.403429	30	0.39	0.3	0.854304
6	0.078	0.06	0.432285	31	0.403	0.31	0.860865
7	0.091	0.07	0.467570	32	0.416	0.32	0.867006
8	0.104	0.08	0.506737	33	0.429	0.33	0.872760
9	0.117	0.09	0.545331	34	0.442	0.34	0.878164
10	0.13	0.1	0.579939	35	0.455	0.35	0.883256
11	0.143	0.11	0.609738	36	0.468	0.36	0.888072
12	0.156	0.12	0.635507	37	0.481	0.37	0.892643
13	0.169	0.13	0.658234	38	0.494	0.38	0.897001
14	0.182	0.14	0.678553	39	0.507	0.39	0.901169
15	0.195	0.15	0.696789	40	0.52	0.4	0.905170
16	0.208	0.16	0.713146	41	0.533	0.41	0.909023
17	0.221	0.17	0.727844	42	0.546	0.42	0.912744
18	0.234	0.18	0.741153	43	0.559	0.43	0.916347
19	0.247	0.19	0.753367	44	0.572	0.44	0.919842
20	0.26	0.2	0.764760	45	0.585	0.45	0.923242
21	0.273	0.21	0.775550	46	0.598	0.46	0.926553
22	0.286	0.22	0.785883	47	0.611	0.47	0.929784
23	0.299	0.23	0.795837	48	0.624	0.48	0.932942
24	0.312	0.24	0.805435	49	0.637	0.49	0.936032
25	0.325	0.25	0.814662	50	0.65	0.5	0.939060

No	μ	λ	R^2	No	μ	λ	R^2
51	0.663	0.51	0.942027	76	0.988	0.76	0.992823
52	0.676	0.52	0.944938	77	1.001	0.77	0.993694
53	0.689	0.53	0.947793	78	1.014	0.78	0.994482
54	0.702	0.54	0.950593	79	1.027	0.79	0.995192
55	0.715	0.55	0.953337	80	1.04	0.8	0.995828
56	0.728	0.56	0.956023	81	1.053	0.81	0.996395
57	0.741	0.57	0.958649	82	1.066	0.82	0.996898
58	0.754	0.58	0.961211	83	1.079	0.83	0.997342
59	0.767	0.59	0.963706	84	1.092	0.84	0.997731
60	0.78	0.6	0.966130	85	1.105	0.85	0.998072
61	0.793	0.61	0.968479	86	1.118	0.86	0.998368
62	0.806	0.62	0.970749	87	1.131	0.87	0.998624
63	0.819	0.63	0.972937	88	1.144	0.88	0.998844
64	0.832	0.64	0.975038	89	1.157	0.89	0.999033
65	0.845	0.65	0.977049	90	1.17	0.9	0.999194
66	0.858	0.66	0.978968	91	1.183	0.91	0.999330
67	0.871	0.67	0.980791	92	1.196	0.92	0.999446
68	0.884	0.68	0.982518	93	1.209	0.93	0.999543
69	0.897	0.69	0.984147	94	1.222	0.94	0.999625
70	0.91	0.7	0.985677	95	1.235	0.95	0.999693
71	0.923	0.71	0.987108	96	1.248	0.96	0.999749
72	0.936	0.72	0.988441	97	1.261	0.97	0.999796
73	0.949	0.73	0.989677	98	1.274	0.98	0.999835
74	0.962	0.74	0.990818	99	1.287	0.99	0.999866
75	0.975	0.75	0.991865	100	1.3	1	0.999892

➤ **Data Musiman**

No	μ	λ	R^2
1	0.012	0.01	0.669973
2	0.024	0.02	0.670757
3	0.036	0.03	0.672054
4	0.048	0.04	0.673853
5	0.06	0.05	0.676137
6	0.072	0.06	0.678887
7	0.084	0.07	0.682081
8	0.096	0.08	0.6857
9	0.108	0.09	0.689723
10	0.12	0.1	0.694134
11	0.132	0.11	0.698919
12	0.144	0.12	0.70407
13	0.156	0.13	0.709584
14	0.168	0.14	0.715463
15	0.18	0.15	0.721714
16	0.192	0.16	0.728345
17	0.204	0.17	0.735367
18	0.216	0.18	0.742788
19	0.228	0.19	0.750607
20	0.24	0.2	0.758812
21	0.252	0.21	0.76737
22	0.264	0.22	0.776226
23	0.276	0.23	0.785301
24	0.288	0.24	0.794487
25	0.3	0.25	0.803658
26	0.312	0.26	0.812675

No	μ	λ	R^2
27	0.324	0.27	0.821405
28	0.336	0.28	0.829728
29	0.348	0.29	0.837555
30	0.36	0.3	0.844833
31	0.372	0.31	0.851543
32	0.384	0.32	0.857699
33	0.396	0.33	0.86334
34	0.408	0.34	0.868519
35	0.42	0.35	0.873293
36	0.432	0.36	0.877721
37	0.444	0.37	0.881858
38	0.456	0.38	0.885749
39	0.468	0.39	0.889435
40	0.48	0.4	0.892948
41	0.492	0.41	0.896316
42	0.504	0.42	0.899559
43	0.516	0.43	0.902695
44	0.528	0.44	0.905737
45	0.54	0.45	0.908697
46	0.552	0.46	0.911584
47	0.564	0.47	0.914407
48	0.576	0.48	0.917173
49	0.588	0.49	0.919889
50	0.6	0.5	0.92256
51	0.612	0.51	0.925191
52	0.624	0.52	0.927788

No	μ	λ	R^2
53	0.636	0.53	0.930354
54	0.648	0.54	0.932893
55	0.66	0.55	0.935407
56	0.672	0.56	0.9379
57	0.684	0.57	0.940373
58	0.696	0.58	0.942827
59	0.708	0.59	0.945263
60	0.72	0.6	0.94768
61	0.732	0.61	0.950079
62	0.744	0.62	0.952457
63	0.756	0.63	0.954813
64	0.768	0.64	0.957144
65	0.78	0.65	0.959448
66	0.792	0.66	0.961721
67	0.804	0.67	0.96396
68	0.816	0.68	0.966159
69	0.828	0.69	0.968315
70	0.84	0.7	0.970422
71	0.852	0.71	0.972476
72	0.864	0.72	0.974471
73	0.876	0.73	0.976402
74	0.888	0.74	0.978264
75	0.9	0.75	0.980053
76	0.912	0.76	0.981764

No	μ	λ	R^2
77	0.924	0.77	0.983394
78	0.936	0.78	0.984938
79	0.948	0.79	0.986395
80	0.96	0.8	0.987762
81	0.972	0.81	0.989039
82	0.984	0.82	0.990225
83	0.996	0.83	0.99132
84	1.008	0.84	0.992327
85	1.02	0.85	0.993247
86	1.032	0.86	0.994083
87	1.044	0.87	0.994838
88	1.056	0.88	0.995516
89	1.068	0.89	0.996123
90	1.08	0.9	0.996662
91	1.092	0.91	0.997138
92	1.104	0.92	0.997557
93	1.116	0.93	0.997923
94	1.128	0.94	0.998241
95	1.14	0.95	0.998517
96	1.152	0.96	0.998754
97	1.164	0.97	0.998958
98	1.176	0.98	0.999131
99	1.188	0.99	0.999278
100	1.2	1	0.999403

Lampiran 8. Parameter Beta pada Pemodelan GTWR pada Data Bulanan

Lokasi SUF 1 Taman Prestasi

- Bulan Januari (1)

$$\hat{y}_{11} = 425.028 - 2.601x_{111} - 5.900x_{112} - 2.641x_{113}$$

- Bulan Februari (2)

$$\hat{y}_{12} = 695.764 - 3.641x_{121} - 12.244x_{122} - 1.055x_{123}$$

- Bulan Maret (3)

$$\hat{y}_{13} = 1138.43 - 3.710x_{131} - 28.379x_{132} + 7.909x_{133}$$

- Bulan April (4)

$$\hat{y}_{14} = 1404.88 - 1.125x_{141} - 45.513x_{142} + 10.611x_{143}$$

- Bulan Mei (5)

$$\hat{y}_{15} = 915.224 + 0.783x_{151} - 33.158x_{152} - 2.425x_{153}$$

- Bulan Juni (6)

$$\hat{y}_{16} = 62.813 + 1.219x_{161} - 4.379x_{162} + 2.306x_{163}$$

- Bulan Agustus (8)

$$\hat{y}_{18} = -2314.97 + 5.703x_{181} + 66.463x_{182} + 5.526x_{183}$$

- Bulan September (9)

$$\hat{y}_{19} = -989.735 + 1.845x_{191} + 30.040x_{192} + 5.596x_{193}$$

- Bulan Oktober (10)

$$\hat{y}_{110} = -1722.43 + 3.522x_{1101} + 51.298x_{1102} + 6.798x_{1103}$$

- Bulan November (11)

$$\hat{y}_{111} = -2016.32 + 4.651x_{1111} + 58.328x_{1112} + 9.569x_{1113}$$

Lokasi SUF 4 Gayungan

- Bulan Januari (1)

$$\hat{y}_{21} = 427.485 - 2.717x_{211} - 5.631x_{212} - 2.678x_{213}$$

- Bulan Februari (2)

$$\hat{y}_{22} = 693.439 - 3.619x_{221} - 12.224x_{222} - 1.063x_{223}$$

- Bulan Maret (3)

$$\hat{y}_{23} = 1139.29 - 3.706x_{231} - 28.421x_{232} + 7.904x_{233}$$

- Bulan April (4)

$$\hat{y}_{24} = 1403.51 - 1.132x_{241} - 45.443x_{242} + 10.619x_{243}$$

- Bulan Mei (5)

$$\hat{y}_{25} = 912.632 + 0.781x_{251} - 33.063x_{252} - 2.402x_{253}$$

- Bulan Juni (6)

- $$\hat{y}_{26} = 52.412 + 1.217x_{261} - 4.011x_{262} + 2.367x_{263}$$
- Bulan Agustus (8)
- $$\hat{y}_{28} = -2314.16 + 5.713x_{281} + 66.409x_{282} + 5.528x_{283}$$
- Bulan September (9)
- $$\hat{y}_{29} = -990.204 + 1.857x_{291} + 30.024x_{292} + 5.595x_{293}$$
- Bulan Oktober (10)
- $$\hat{y}_{210} = -1721.82 + 3.515x_{2101} + 51.294x_{2102} + 6.800x_{2103}$$
- Bulan November (11)
- $$\hat{y}_{211} = -2016.55 + 4.646x_{2111} + 58.347x_{2112} + 9.574x_{2113}$$

Lokasi SUF 5 Gebang Putih

- Bulan Januari (1)
- $$\hat{y}_{31} = 421.066 - 2.508x_{311} - 6.042x_{312} - 2.612x_{313}$$
- Bulan Februari (2)
- $$\hat{y}_{32} = 694.438 - 3.641x_{321} - 12.196x_{322} - 1.048x_{323}$$
- Bulan Maret (3)
- $$\hat{y}_{33} = 1137.14 - 3.711x_{331} - 28.332x_{332} + 7.908x_{333}$$
- Bulan April (4)
- $$\hat{y}_{34} = 1406.09 - 1.125x_{341} - 45.555x_{342} + 10.609x_{343}$$
- Bulan Mei (5)
- $$\hat{y}_{35} = 917.198 + 0.785x_{351} - 33.233x_{352} - 2.432x_{353}$$
- Bulan Juni (6)
- $$\hat{y}_{36} = 61.543 + 1.214x_{361} - 4.321x_{362} + 2.313x_{363}$$
- Bulan Agustus (8)
- $$\hat{y}_{38} = -2314.6 + 5.705x_{381} + 66.445x_{382} + 5.525x_{383}$$
- Bulan September (9)
- $$\hat{y}_{39} = -989.849 + 1.851x_{391} + 30.029x_{392} + 5.593x_{393}$$
- Bulan Oktober (10)
- $$\hat{y}_{310} = -1722.53 + 3.523x_{3101} + 51.297x_{3102} + 6.798x_{3103}$$
- Bulan November (11)
- $$\hat{y}_{311} = -2016.17 + 4.651x_{3111} + 58.321x_{3112} + 9.568x_{3113}$$

Lampiran 9. Parameter Beta pada Pemodelan GTWR pada Data Musiman

Lokasi SUF 1 Taman Prestasi

- Musim Hujan

$$\hat{y}_{11} = 473.684 - 1.995x_{111} - 9.379x_{112} - 1.284x_{113}$$

- Musim Peralihan Hujan-Kemarau

$$\hat{y}_{12} = 17.174 + 2.32x_{121} - 6.042x_{122} + 3.873x_{123}$$

- Musim Kemarau

$$\hat{y}_{13} = -1541.264 + 4.735x_{131} + 42.11x_{132} + 3.847x_{133}$$

- Musim Peralihan Kemarau-Hujan

$$\hat{y}_{14} = -1892.404 + 3.48x_{141} + 57.334x_{142} + 7.889x_{143}$$

Lokasi SUF 4 Gayungan

- Musim Hujan

$$\hat{y}_{21} = 469.088 - 1.945x_{211} - 9.364x_{212} - 1.28x_{213}$$

- Musim Peralihan Hujan-Kemarau

$$\hat{y}_{22} = 16.949 + 2.333x_{221} - 6.068x_{222} + 3.858x_{223}$$

- Musim Kemarau

$$\hat{y}_{23} = -1540.583 + 4.741x_{231} + 42.07x_{232} + 3.849x_{233}$$

- Musim Peralihan Kemarau-Hujan

$$\hat{y}_{24} = -1892.474 + 3.463x_{241} + 57.381x_{242} + 7.91x_{243}$$

Lokasi SUF 5 Gebang Putih

- Musim Hujan

$$\hat{y}_{31} = 471.62 - 2.009x_{311} - 9.37x_{312} - 1.285x_{313}$$

- Musim Peralihan Hujan-Kemarau

$$\hat{y}_{32} = 15.313 + 2.326x_{321} - 5.993x_{322} + 3.877x_{323}$$

- Musim Kemarau

$$\hat{y}_{33} = -1540.724 + 4.74x_{331} + 42.08x_{332} + 3.846x_{333}$$

- Musim Peralihan Kemarau-Hujan

$$\hat{y}_{34} = -1892.198 + 3.487x_{341} + 57.307x_{342} + 7.895x_{343}$$

Lampiran 10. Uji *Glejser* : Asumsi Identik pada Residual Model GTWR.

➤ Data Bulanan

Regression Analysis: abs(e) versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$\text{abs}(e) = -34.7 + 0.211 \text{ HUM} + 0.699 \text{ TEMP} + 0.058 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-34.73	28.54	-1.22	0.235
HUM	0.21052	0.09491	2.22	0.035
TEMP	0.6991	0.8166	0.86	0.400
FF	0.0583	0.2107	0.28	0.784

S = 1.64774 R-Sq = 17.2% R-Sq(adj) = 7.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	14.640	4.880	1.80	0.172
Residual Error	26	70.591	2.715		
Total	29	85.231			

Source	DF	Seq SS
HUM	1	12.649
TEMP	1	1.783
FF	1	0.208

➤ **Data Musiman**

Regression Analysis: |e| versus HUM, TEMP, FF

The regression equation is

$$|e| = -143 + 0.561 \text{ HUM} + 3.55 \text{ TEMP} + 0.179 \text{ FF}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-142.97	57.91	-2.47	0.039	
HUM	0.5613	0.2066	2.72	0.026	1.829
TEMP	3.554	1.610	2.21	0.058	1.970
FF	0.1791	0.3682	0.49	0.640	1.116

S = 1.81492 R-Sq = 49.0% R-Sq(adj) = 29.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	25.271	8.424	2.56	0.128
Residual Error	8	26.352	3.294		
Total	11	51.623			

Source	DF	Seq SS
HUM	1	9.043
TEMP	1	15.449
FF	1	0.779

Lampiran 11. Nilai Prediksi dan Residual Pemodelan GTWR pada Data Bulanan

SUF	Bulan	\hat{y}	Residual (e)
1	1	36.464	-4.530
1	2	45.120	-4.070
1	3	42.039	-3.387
1	4	44.249	1.428
1	5	28.153	2.406
1	6	40.178	6.257
1	8	36.346	3.221
1	9	31.471	-1.726
1	10	42.737	1.016
1	11	39.011	0.164
4	1	45.012	-0.076
4	2	52.372	3.885
4	3	50.484	0.479
4	4	52.651	-2.133
4	5	38.115	-1.670
4	6	33.365	-3.266
4	8	7.034	-1.295
4	9	5.047	0.053
4	10	6.423	-0.128
4	11	7.264	-0.657
5	1	35.612	1.198
5	2	49.877	4.710
5	3	74.928	2.127
5	4	77.811	2.104
5	5	35.430	-4.401

SUF	Bulan	\hat{y}	Residual (e)
5	6	45.153	0.415
5	8	25.944	-0.506
5	9	23.529	0.483
5	10	24.506	-0.160
5	11	22.707	0.239

Lokasi : 1 = Taman Prestasi
4 = Gayungan
5 = Gebang Putih

Waktu : 1 = Bulan Januari
2 = Bulan Februari
3 = Bulan Maret
4 = Bulan April
5 = Bulan Mei
6 = Bulan Juni
8 = Bulan Agustus
9 = Bulan September
10 = Bulan Oktober
11 = Bulan November

Lampiran 12. Nilai Prediksi dan Residual Pemodelan GTWR pada Data Musiman

SUF	Waktu	\hat{y}	Residual (e)
1	1	44.0264	-2.0129
1	2	45.9207	-5.5902
1	3	33.4805	2.6320
1	4	41.4028	0.0609
4	1	49.5179	1.0787
4	2	38.5870	3.4191
4	3	7.5360	-0.1930
4	4	7.6266	-1.1756
5	1	46.0465	-0.3481
5	2	51.6501	6.7416
5	3	25.6999	-0.9743
5	4	22.9036	0.7424

Lokasi : 1 = Taman Prestasi
4 = Gayungan
5 = Gebang Putih

Waktu : 1 = Musim Hujan
2 = Musim Hujan-Kemarau
3 = Musim Kemarau
4 = Musim Kemarau-Hujan

Lampiran 13. Matriks Pembobot Pemodelan GTWR pada Data Bulanan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	1	0.0851	0.0001	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0851	1	0.0851	0.0001
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1
0.9870	0.0840	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0840	0.9870	0.0840	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0840	0.9870	0.0840	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0001	0.0840	0.9870	0.0840	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0001	0.0840	0.9870	0.0840	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0840	0.9870	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.9870	0.0840	0.0001	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0840	0.9870	0.0840	0.0001
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0840	0.9870	0.0840
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0840	0.9870
0.9956	0.0847	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0847	0.9956	0.0847	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0847	0.9956	0.0847	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0001	0.0847	0.9956	0.0847	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0001	0.0847	0.9956	0.0847	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0838	0.9844
1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	1	0.0851	0.0001	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0851	1	0.0851	0.0001
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1	0.0851
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0851	1

Lampiran 14. Matriks Pembobot Pemodelan GTWR pada Data Musiman

1	1	0.0 969	0.0 001	0.0 000	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 000	0.9 954	0.0 965	0.0 001	0.0 000
2	0.0 969	1	0.0 969	0.0 001	0.0 956	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 965	0.9 954	0.0 965	0.0 001
3	0.0 001	0.0 969	1	0.0 969	0.0 001	0.0 956	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 965	0.9 954	0.0 965
4	0.0 000	0.0 001	0.0 969	1	0.0 000	0.0 001	0.0 956	0.9 864	0.0 000	0.0 001	0.0 965	0.9 954
5	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 000	1	0.0 969	0.0 001	0.0 000	0.9 837	0.0 953	0.0 001	0.0 000
6	0.0 956	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 969	1	0.0 969	0.0 001	0.0 953	0.9 837	0.0 953	0.0 001
7	0.0 001	0.0 956	0.9 864	0.0 956	0.0 001	0.0 969	1	0.0 969	0.0 001	0.0 953	0.9 837	0.0 953
8	0.0 000	0.0 001	0.0 956	0.9 864	0.0 000	0.0 001	0.0 969	1	0.0 000	0.0 001	0.0 953	0.9 837
9	0.9 954	0.0 965	0.0 001	0.0 000	0.9 837	0.0 953	0.0 001	0.0 000	1	0.0 969	0.0 001	0.0 000
10	0.0 965	0.9 954	0.0 965	0.0 001	0.0 953	0.9 837	0.0 953	0.0 001	0.0 969	1	0.0 969	0.0 001
11	0.0 001	0.0 965	0.9 954	0.0 965	0.0 001	0.0 953	0.9 837	0.0 953	0.0 001	0.0 969	1	0.0 969
12	0.0 000	0.0 001	0.0 965	0.9 954	0.0 000	0.0 001	0.0 953	0.9 837	0.0 000	0.0 001	0.0 969	1

Lampiran 15. Syntax Pemodelan *Spatial-Temporal Weighted Regression* Menggunakan Program R

➤ Data Bulanan

```
library(zoo)
library(RODBC)
library(sp)
library(lattice)
library(foreign)
library(maptools)
library(spgwr)
library(lmtest)
```

#Calling data

```
data=odbcConnectExcel("d:/TA_KurniasariBulanan.xls")
T=sqlFetch(data,"lengkap")
mj=sqlFetch(data,"lb")
mx=sqlFetch(data,"x")
my=sqlFetch(data,"y")
T.lm=lm(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T)
BP=bptest(T.lm)
bw.gauss = gwr.sel(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T,
coords=cbind(T$Lintang, T$Bujur))
gwr1 = gwr(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T,
coords=cbind(T$Lintang, T$Bujur), bandwidth=bw.gauss,
hatmatrix=TRUE)
```

#Defining the variables

```
l=mj[3]
b=mj[4]
t=mj[2]
x=as.matrix(mx)
y=as.matrix(my)
n=length(y)
D = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
B = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
Beta = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
```

```

yhat = matrix(0,ncol=1,nrow=30)
Residual = matrix(0,ncol=1,nrow=30)
yh = matrix(0,ncol=1,nrow=30)
tau= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
mi= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
lam= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
R.sq= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
k = matrix(0,ncol=30,nrow=30)
se = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
sig = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
S = matrix(0,ncol=30,nrow=30)
D1 = matrix(0,ncol=30,nrow=30)
D2 = matrix(0,ncol=30,nrow=30)
I= matrix(0,ncol=30,nrow=30)

```

#Estimasi Parameter « Tau » Menggunakan Metode Iteratif

```

for (s in 1:100)
  {tau[s,1]=s*0.025
  for (i in 1:n)
    {
    for (j in 1:n)
      {k[j,i]= ((l[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-b
[j,])^2)+(tau[s,1]*((t[i,]-t[j,])^2))}
    }
  jarak= exp(-(k/0.481^2))
  for(i in 1:n)
    {v=diag(jarak[i,])
    B[,i]=(solve(t(x)%v%t(x))%t(x)%v%y)
    yhat[i]= x[i,]%B[,i]
    }
  SSE= sum((y-yhat)^2)
  SST=sum((y-mean(y))^2)
  SSR= SST-SSE
  R.sq[s,1]=SSR/SST
  }
R.square=as.vector(R.sq)
Tau=as.vector(tau)
plot(tau,R.square)

```

```

pasang=cbind(tau,R.sq)
write.csv(pasang,file="d:/tau_optimum.csv")

```

#Estimasi Parameter « Miu » dan « Lamda » Menggunakan Metode Iteratif

```

for (s in 1:100)
  {mi[s,1]=13*s*0.001
  lam[s,1]= 10*s*0.001
  for (i in 1:n)
    {
      for (j in 1:n)
        {k[j,i] = ( lam[s,1])*(lam[s,1]*((l[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-
b[j,])^2)+mi[s,1]*(t[i,]-t[j,])^2)}
      }
    jarak= exp(-(k/0.481^2))
    for(i in 1:n)
      {v=diag(jarak[i,])
      B[,i]=(solve(t(x)%*%v%*%x))%*%(t(x)%*%v%*%y)
      yhat[i]= x[i,]%*%B[,i]}
      SSE= sum((y-yhat)^2)
      SST=sum((y-mean(y))^2)
      SSR=SST-SSE
      R.sq[s,1]=SSR/SST
    }
  R.square=as.vector(R.sq)
  miu=as.vector(mi)
  lamda=as.vector(lam)
  par(mfrow=c(1,2))
  plot(miu,R.square)
  plot(lamda,R.square)
  mila=cbind(miu,lamda,R.square)
  write.csv(mila,file="d:/miu_lamda.csv")

```

#Pemodelan STWR

```

for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {k[j,i]=0.44*(0.44*((l[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-b[j,])^2)+0.57*(t[i,]-t[j,])^2)}
    }

```

```

hst=sqrt((0.481^2)* 0.44)
jar= exp(-(k/hst^2))

```

#Estimasi Parameter Beta

```

for(i in 1:n)
  {
    w=diag(jar[i,])
    B[,i]=(solve(t(x)%*%w%*%x))%*%(t(x)%*%w%*%y)
    S[i,]= x[i,]%*%solve(t(x)%*%w%*%x)%*%(t(x)%*%w)
    yhat[i,]=S[i,]%*%y
  }
for (i in 1:n)
  {yhat[i]= x[i,]%*%B[,i]
  Residual[i]=y[i]-yhat[i]}
SSTb=sum((y-mean(y))^2)
SSE= sum((y-yhat)^2)
SSRb=sum((yhat-mean(y))^2)
R.Sq=SSRb/SSTb
  for (i in 1:n)
    {
      for (j in 1:n)
        {if (i==j)
          I[j,i]=1
          else
          I[j,i]=0
        }
    }
RSS=t(y)%*%t((I-S))%*%(I-S)%*%y
D1=(t(I-S))%*%(I-S)
D2=(t(I-S))%*%(I-S)%*%t((I-S))%*%(I-S)
d1=0
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {if (i==j)
        D1[j,i]=D1[j,i]
        else
        D1[j,i]=0
        d1= d1+D1[j,i]
      }
    }

```

```

    }
    }
d2=0
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {if (i==j)
        D2[j,i]=D2[j,i]
        else
        D2[j,i]=0
        d2= d2+D2[j,i]
        }
    }
Df=d1^2/d2
sigma2=sum((y-yh)^2)/Df
for(i in 1:n)
  {w=diag(jar[i,])
var=(solve(t(x)%*%w%*%x)%*%(t(x)%*%w))%*%t(solve(t(x)%*%w
%*%x)%*%(t(x)%*%w))*sigma2
  se[,i]=sqrt(diag(var))
  }
  sig=abs(B/se)

```

#Pengujian Parsial Parameter

```

tabel=qt(0.1, Df)
for (o in 1:n)
  {
    for (p in 1:4)
      {
        if (abs(sig[p,o])> abs(tabel))
          Beta[p,o]=B[p,o]
        else
          Beta[p,o]=0
        }
    }
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:4)
      {

```

```

D[j,i]=se[j,i]*abs(tabel)
    }
    }
Lower = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
Upper = matrix(0,ncol=30,nrow=4)
for (i in 1:n)
    {
        for (j in 1:4)
            {
                if (Beta[j,i]==0)
                Lower[j,i]=Beta[j,i]
                else
                Lower[j,i]=Beta[j,i]-D[j,i]
            }
    }
for (i in 1:n)
    {
        for (j in 1:4)
            {
                if (Beta[j,i]==0)
                Upper[j,i]=Beta[j,i]
                else
                Upper[j,i]=Beta[j,i]+D[j,i]
            }
    }
upper=t(Upper)
lower=t(Upper)

write.csv(Beta,file="d:/Beta.csv")
write.csv(B,file="d:/B.csv")
write.csv(se,file="d:/matrixSE.csv")
write.csv(yhat,file="d:/yhat.csv")
write.csv(jar,file="d:/bobot.csv")
write.csv(sig,file="d:/Thitung.csv")
write.csv(Residual,file="d:/Residual.csv")
write.csv(D,file="d:/CI.csv")
write.csv(upper,file="d:/upper.csv")
write.csv(lower,file="d:/lower.csv")

```

➤ Data Musiman

```
library(zoo)
library(RODBC)
library(sp)
library(lattice)
library(foreign)
library(maptools)
library(spgwr)
library(lmtest)
```

#Calling data

```
data=odbcConnectExcel("d:/TA_Kurniasari.xls")
T=sqlFetch(data,"lengkap")
mj=sqlFetch(data,"lb")
mx=sqlFetch(data,"x")
my=sqlFetch(data,"y")
T.lm=lm(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T)
BP=bptest(T.lm)
bw.gauss = gwr.sel(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T,
coords=cbind(T$Lintang, T$Bujur))
gwr1 = gwr(PM~ HUM+TEMP+FF, data=T,
coords=cbind(T$Lintang, T$Bujur), bandwidth=bw.gauss,
hatmatrix=TRUE)
```

#Defining the variables

```
l=mj[3]
b=mj[4]
t=mj[2]
x=as.matrix(mx)
y=as.matrix(my)
n=length(y)
D = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
B = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
Beta = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
yhat = matrix(0,ncol=1,nrow=12)
Residual = matrix(0,ncol=1,nrow=12)
yh = matrix(0,ncol=1,nrow=12)
tau= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
```



```

mi= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
lam= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
R.sq= matrix(0,ncol=1,nrow=100)
k = matrix(0,ncol=12,nrow=12)
se = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
sig = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
S = matrix(0,ncol=12,nrow=12)
D1 = matrix(0,ncol=12,nrow=12)
D2 = matrix(0,ncol=12,nrow=12)
I= matrix(0,ncol=12,nrow=12)

```

#Estimasi Parameter « Tau » Menggunakan Metode Iteratif

```

for (s in 1:100)
  {tau[s,1]=s*0.025
  for (i in 1:n)
    {
    for (j in 1:n)
      {k[j,i]= ((l[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-b
[j,])^2)+(tau[s,1]*((t[i,]-t[j,])^2))}
    }
  jarak= exp(-(k/0.481^2))
  for(i in 1:n)
    {v=diag(jarak[i,])
    B[,i]=(solve(t(x)%*%v%*%x))%*%(t(x)%*%v%*%y)
    yhat[i]= x[i,]%*%B[,i]
    }
  SSE= sum((y-yhat)^2)
  SST=sum((y-mean(y))^2)
  SSR= SST-SSE
  R.sq[s,1]=SSR/SST
  }
R.square=as.vector(R.sq)
Tau=as.vector(tau)
plot(tau,R.square)
pasang=cbind(tau,R.sq)
write.csv(pasang,file="d:/tau_optimum.csv")

```

#Estimasi Parameter « Miu » dan « Lamda » Menggunakan Metode Iteratif

```
for (s in 1:100)
  {mi[s,1]=12*s*0.001
  lam[s,1]= 10*s*0.001
  for (i in 1:n)
    {
      for (j in 1:n)
        {k[j,i]=( lam[s,1])*(lam[s,1])*((1
[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-b[j,])^2)+mi[s,1]*(t[i,]-t[j,])^2)}
      }
    jarak= exp(-(k/0.481^2))
    for(i in 1:n)
      {v=diag(jarak[i,])
      B[,i]=(solve(t(x)%*%v%*%x))%*%(t(x)%*%v%*%y)
      yhat[i]= x[i,]%*%B[,i]}
      SSE= sum((y-yhat)^2)
      SST=sum((y-mean(y))^2)
      SSR=SST-SSE
      R.sq[s,1]=SSR/SST
    }
  R.square=as.vector(R.sq)
  miu=as.vector(mi)
  lamda=as.vector(lam)
  par(mfrow=c(1,2))
  plot(miu,R.square)
  plot(lamda,R.square)
  mila=cbind(miu,lamda,R.square)
  write.csv(mila,file="d:/miu_lamda.csv")
```

#Pemodelan STWR

```
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {k[j,i]=0.46*(0.46*((l[i,]-l[j,])^2+(b[i,]-b[j,])^2)+0.54*(t[i,]-t[j,])^2)}
    }
  hst=sqrt((0.481^2)* 0.46)
  jar= exp(-(k/hst^2))
```

#Estimasi Parameter Beta

```
for(i in 1:n)
  {
    w=diag(jar[i,])
    B[,i]=(solve(t(x)%*%w%*%x))%*%(t(x)%*%w%*%y)
    S[i,]= x[i,]%*%solve(t(x)%*%w%*%x)%*%(t(x)%*%w)
    yhat[i,]=S[i,]%*%y
  }
for (i in 1:n)
  {yhat[i]= x[i,]%*%B[,i]
  Residual[i]=y[i]-yhat[i]}
SSTb=sum((y-mean(y))^2)
SSE= sum((y-yhat)^2)
SSRb=sum((yhat-mean(y))^2)
R.Sq=SSRb/SSTb
  for (i in 1:n)
    {
      for (j in 1:n)
        {if (i==j)
          I[j,i]=1
          else
            I[j,i]=0
          }
    }
RSS=t(y)%*%t((I-S))%*%(I-S)%*%y
D1=(t(I-S))%*%(I-S)
D2=(t(I-S))%*%(I-S)%*%t((I-S))%*%(I-S)
d1=0
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {if (i==j)
        D1[j,i]=D1[j,i]
        else
          D1[j,i]=0
        d1= d1+D1[j,i]
      }
    }
}
```

```

d2=0
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:n)
      {if (i==j)
        D2[j,i]=D2[j,i]
        else
        D2[j,i]=0
        d2= d2+D2[j,i]
      }
    }
Df=d1^2/d2
sigma2=sum((y-yh)^2)/Df
for(i in 1:n)
  {w=diag(jar[i,])
var=(solve(t(x)%*%w)%*%x)%*%t(x)%*%w)%*%t(solve(t(x)%*%w
%*%x)%*%t(x)%*%w))*sigma2
  se[,i]=sqrt(diag(var))
  }
  sig=abs(B/se)

```

#Pengujian Parsial Parameter

```

tabel=qt(0.1, Df)
for (o in 1:n)
  {
    for (p in 1:4)
      {
        if (abs(sig[p,o])> abs(tabel))
          Beta[p,o]=B[p,o]
        else
          Beta[p,o]=0
        }
    }
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:4)
      {
        D[j,i]=se[j,i]*abs(tabel)
      }
  }

```

```

    }
Lower = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
Upper = matrix(0,ncol=12,nrow=4)
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:4)
      {
        if (Beta[j,i]==0)
          Lower[j,i]=Beta[j,i]
        else
          Lower[j,i]=Beta[j,i]-D[j,i]
      }
  }
for (i in 1:n)
  {
    for (j in 1:4)
      {
        if (Beta[j,i]==0)
          Upper[j,i]=Beta[j,i]
        else
          Upper[j,i]=Beta[j,i]+D[j,i]
      }
  }
upper=t(Upper)
lower=t(Upper)

write.csv(Beta,file="d:/Beta.csv")
write.csv(B,file="d:/B.csv")
write.csv(se,file="d:/matrixSE.csv")
write.csv(yhat,file="d:/yhat.csv")
write.csv(jar,file="d:/bobot.csv")
write.csv(sig,file="d:/Thitung.csv")
write.csv(Residual,file="d:/Residual.csv")
write.csv(D,file="d:/CI.csv")
write.csv(upper,file="d:/upper.csv")
write.csv(lower,file="d:/lower.csv")

```

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)