

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Perumusan Masalah	5
1. 3 Pertanyaan Penelitian.....	6
1. 4 Tujuan Penelitian	6
1. 5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2. 1 Polusi Udara	8
2. 2 Ozon Permukaan (O ₃)	10
2. 3 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien (SPKUA)	13
2. 4 Penginderaan Jauh	16
2. 5 Penginderaan Jauh untuk Kajian Atmosfer	17
2. 6 Citra Sentinel-5P TROPOMI.....	18
2.6.1 Karbon Monoksida (CO).....	20
2.6.2 Nitrogen Dioksida (NO ₂)	21
2.6.3 Sulfur Dioksida (SO ₂)	22
2. 7 Citra MODIS	23
2.7.1 Indeks Vegetasi	25
2.7.2 <i>Land Surface Temperature</i> (LST).....	29

2. 8	Data Partikulat	31
2. 9	<i>Multiple Linear Regression</i> (MLR)	32
2. 10	Pembuatan Model dengan Subset Variabel.....	34
2.9.1	<i>Partial Least Square Regression</i> (PLSR)	34
2.9.2	<i>Stepwise Regression</i>	36
2. 11	Sampel	38
2. 12	Performa Model	38
2.11.1	Normalitas Data	38
2.11.2	Analisis Korelasi	38
2.11.3	Analisis Regresi	39
2.11.4	<i>Leave One Out-Cross Validation</i> (LOO-CV)	40
2.12	Telaah Penelitian Sebelumnya	40
2.13	Kerangka Pemikiran.....	44
2.14	Batasan Operasional	46
BAB III METODE PENELITIAN		48
3.1	Alat dan Bahan Penelitian.....	48
3.3.1	Alat Penelitian.....	48
3.3.2	Bahan Penelitian.....	48
3.2	Lokasi Penelitian	49
3.3	Metode Penelitian.....	52
3.3.1	Pra Pemrosesan Data.....	52
3.3.2	Pengambilan Data PM _{2.5}	53
3.3.3	Pengambilan dan Pembagian Sampel	53
3.3.4	Uji Normalitas Data	54
3.3.5	Analisis Korelasi	54
3.3.6	Pembuatan Model Regresi	55
3.3.7	Uji Validasi	57
3.3.8	Diagram Alir Penelitian	58
3.3.9	Hasil yang Diharapkan.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		60

4.1	Perolehan dan Pemilihan Data	60
4.1.1	Data Pengukuran Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Lapangan	60
4.1.2	Data Vektor	61
4.1.3	Data Polutan dari Sentinel-5P TROPOMI	64
4.1.4	Data Indeks Vegetasi dan LST dari MODIS	74
4.1.5	Peroleh Data Sekunder Polutan PM _{2.5}	86
4.2	Pengolahan Data Statistik	90
4.2.1	Pemodelan dengan R Studio	90
4.2.2	Perbandingan Akurasi Model <i>Stepwise</i> dan <i>Partial Least Square</i>	102
4.2.3	Uji Validasi Model	102
4.3	Pemetaan Distribusi Spasial Ozon Permukaan (O₃)	105
4.4	Analisis Distribusi Spasial Ozon Permukaan (O₃).....	107
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN		129
5.1	Kesimpulan	129
5.2	Saran	129
DAFTAR PUSTAKA		131
LAMPIRAN.....		143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Radius Sensitivitas SPKUA (Pengolahan data, 2023).....	15
Gambar 2. 2 Kurva Pantulan Objek Vegetasi, Air, dan Tanah (Lillesand & Kiefer, 1979)	17
Gambar 2. 3 Diagram Hipotesis	33
Gambar 2. 4 Ilustrasi Ketiga Metode Seleksi Variable dari PLSR (Mehmood et al., 2012)	36
Gambar 2. 5 Skema Kerangka Pemikiran Penelitian	45
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian di Sebagian DKI Jakarta.....	51
Gambar 3. 2 Diagram Alir.....	58
Gambar 4. 1 Data Vektor Batas Administrasi (Pengolahan data, 2023).....	62
Gambar 4. 2 Data Vektor Kelima Titik SPKUA di DKI Jakarta (Pengolahan data, 2023)	63
Gambar 4. 3 Buffer 5 km dari Masing-Masing Titik SPKUA (Pengolahan data, 2023)	64
Gambar 4. 4 Plot Hasil Zonal Statistic Kadar CO dari Citra Sentinel-5P TROPOMI di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023)	69
Gambar 4. 5 Plot Hasil Zonal Statistic Kadar NO ₂ dari Citra Sentinel-5P TROPOMI di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023)	70
Gambar 4. 6 Plot Hasil Zonal Statistic Kadar SO ₂ dari Citra Sentinel-5P TROPOMI di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023)	71
Gambar 4. 7 Perbandingan Kadar CO dari Citra Sentinel-5P TROPOMI Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	72
Gambar 4. 8 Perbandingan Kadar NO ₂ dari Citra Sentinel-5P TROPOMI Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	73
Gambar 4. 9 Perbandingan Kadar SO ₂ dari Citra Sentinel-5P TROPOMI Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	74
Gambar 4. 10 Plot Hasil Zonal Statistic NDVI dari Citra MODIS Terra	80
Gambar 4. 11 Plot Hasil Zonal Statistic EVI dari Citra MODIS Terra di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023).....	81

Gambar 4. 12 Plot Hasil Zonal Statistic SAVI dari Citra MODIS Terra di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023).....	82
Gambar 4. 13 Perbandingan NDVI dari Citra MODIS Terra Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	83
Gambar 4. 14 Perbandingan SAVI dari Citra MODIS Terra Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	84
Gambar 4. 15 Perbandingan EVI dari Citra MODIS Terra Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	84
Gambar 4. 16 Plot Hasil Zonal Statistic LST dari Citra MODIS Terra Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023).....	85
Gambar 4. 17 Perbandingan EVI dari Citra MODIS Terra Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	86
Gambar 4. 18 Plot Hasil Zonal Statistic Kadar PM _{2.5} dari Data Sekunder AOD di Tiap SPKUA (Pengolahan data, 2023)	89
Gambar 4. 19 Perbandingan Kadar PM _{2.5} dari Data Sekunder AOD Tiap SPKUA di Ketiga Tahun (Pengolahan data, 2023).....	90
Gambar 4. 20 Plot Hasil Uji Korelasi Seluruh Variabel (Pengolahan data, 2023)....	94
Gambar 4. 21 Hasil Stepwise dengan Backward Direction (Pengolahan data, 2023)	96
Gambar 4. 22 Variabel yang Terpilih dengan Metode Stepwise (Pengolahan data, 2023)	97
Gambar 4. 23 Summary Hasil Pemodelan dengan Stepwise Regression.....	98
Gambar 4. 24 Summary Hasil Model dengan Partial Least Square Regression (Pengolahan data, 2023).....	100
Gambar 4. 25 Plot RMSE Masing-Masing Variabel Laten hasil pemodelan PLS (Pengolahan data, 2023).....	101
Gambar 4. 26 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Januari (kiri) dan Bulan Februari (kanan) (Pengolahan data, 2023)	108
Gambar 4. 27 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Februari Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	108

Gambar 4. 28 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Maret (Pengolahan data, 2023).....	109
Gambar 4. 29 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Maret Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	110
Gambar 4. 30 Plot Citra (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan April (Pengolahan data, 2023).....	112
Gambar 4. 31 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan April Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	113
Gambar 4. 32 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Mei (Pengolahan data, 2023).....	115
Gambar 4. 33 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Mei Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	115
Gambar 4. 34 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Juni (Pengolahan data, 2023).....	117
Gambar 4. 35 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Juni Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	117
Gambar 4. 36 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Juli (Pengolahan data, 2023).....	118
Gambar 4. 37 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Juli Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	119
Gambar 4. 38 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Agustus (Pengolahan data, 2023).....	120
Gambar 4. 39 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Agustus Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023)	121
Gambar 4. 40 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan September (Pengolahan data, 2023).....	122
Gambar 4. 41 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan September Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023)	122
Gambar 4. 42 Plot Citra Input (NDVI dan SO ₂ tidak digunakan) pada Bulan Oktober (a), November (b), dan Desember (c) (Pengolahan data, 2023)	124

Gambar 4. 43 Hasil Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta pada Bulan Oktober (a), November (b), dan Desember (c) Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023).....	125
Gambar 4. 44 Hasil Akumulasi Estimasi Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023)	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Daerah dan Nasional (Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2021).....	9
Tabel 2. 2 Konversi Nilai Kadar Tiap Parameter ISPU (Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara, 2020)	14
Tabel 2. 3 Detail SPKUA di DKI Jakarta (Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2021)	15
Tabel 2. 4 Sensor Citra Sentinel-5P TROPOMI (European Space Agency, 2020) ...	18
Tabel 2. 5 Karakteristik Citra Sentinel-5P TROPOMI (European Space Agency, 2020)	19
Tabel 2. 6 Resolusi Spektral Sentinel-5P TROPOMI (Levelt et al., 2006)	19
Tabel 2. 7 Produk pada Sentinel-5P TROPOMI Level 2 (Sneep, 2022).....	20
Tabel 2. 8 Spesifikasi Citra Terra MODIS dan Aqua MODIS (NASA, 2016c)	23
Tabel 2. 9 Produk Standar Citra MODIS (NASA, 2016c).....	24
Tabel 2.10 Ketidakpastian Kalibrasi Reflektansi Prediksi Produk Indeks Vegetasi MODIS (Miura, 2000)	26
Tabel 2. 11 Detail Produk Indeks Vegetasi MODIS Terra (NASA, 2016b).....	26
Tabel 2. 12 Detail Produk Surface Reflectance MODIS (NASA, 2016)	27
Tabel 2. 13 Detail Produk MOD11 dari MODIS (NASA, 2016a).....	31
Tabel 2. 14 Interval Nilai R dan Kategorinya (Sugiyono, 2014)	39
Tabel 2. 15 Penelitian Sebelumnya yang Relevan	42
Tabel 3. 1 Bahan Penelitian yang Digunakan untuk Pemodelan.....	49
Tabel 4. 1 Data Kadar Ozon Permukaan (O ₃) dari DLH DKI Jakarta.....	60
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Data Kadar Ozon Permukaan (O ₃)	61
Tabel 4. 3 Titik Koordinat X dan Y Kelima SPKUA DKI Jakarta (Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2021)	63
Tabel 4. 4 Produk dan Band Sentinel-5P TROPOMI yang Digunakan (Dataset Google Earth Engine).....	65
Tabel 4. 5 Plot Citra dari Sentinel-5P TROPOMI (Pengolahan data, 2023).....	66
Tabel 4. 6 Tampilan Citra Indeks Vegetasi dan LST (Pengolahan data, 2023)	76

Tabel 4. 7	Tampilan Data PM _{2.5} di Sebagian DKI Jakarta (Pengolahan data, 2023).	87
Tabel 4. 8	Hasil Uji Normalitas Data Model (Pengolahan data, 2023).....	91
Tabel 4. 9	Hasil Uji Korelasi Seluruh Variabel (Pengolahan data, 2023).....	93
Tabel 4. 10	Perbandingan Hasil Pemodelan Dua Metode (Pengolahan data, 2023)	102
Tabel 4. 11	Hasil Uji Distribusi Normal untuk Data Validasi (Pengolahan data, 2023)	102
Tabel 4. 12	Akurasi Model, Prediksi, dan Validasi untuk Kedua Model (RMSE) (Pengolahan data, 2023).....	104
Tabel 4. 13	Grafik Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di Sebagian DKI Jakarta dan Beberapa Kota Penyangga Tahun 2021 (Pengolahan data, 2023)	106

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Hasil Akhir Distribusi Spasial Kadar Ozon Permukaan di Sebagian DKI Jakarta Tahun 2021	143
Lampiran 2. Peta Distribusi Spasial Kadar Ozon Permukaan (O ₃) di tahun 2021 ..	155
Lampiran 3. <i>Script</i> Google Earth Engine untuk Sentinel-5P TROPOMI	157
a. Karbon Monoksida (CO).....	157
b. Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	158
c. Sulfur Dioksida (SO ₂)	159
Lampiran 4. <i>Script</i> Google Earth Engine untuk MODIS Terra	160
a. <i>Land Surface Temperature</i> (LST)	160
b. <i>Normalized Different Vegetation Index</i> (NDVI)	160
c. <i>Enhance Vegetation Index</i> (EVI)	161
d. <i>Soil Adjust Vegetation Index</i> (SAVI)	162
Lampiran 5. <i>Script</i> R Studio.....	163
Lampiran 6. Data Meteorologi per Bulan di Masing-Masing Stasiun Meteorologi DKI Jakarta Tahun 2021	167
a. Stasiun Meteorologi Kemayoran, Jakarta Pusat.....	167
b. Stasiun Meteorologi Tanjung Priuk, Jakarta Utara	175
Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Ozon Permukaan (O ₃) oleh SPKUA dari DLH DKI Jakarta	184