

TUGAS AKHIR

**POLA DISTRIBUSI KUALITAS UDARA AMBIEN SEBELUM,
SAAT, DAN SETELAH PANDEMI DI KABUPATEN
GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



MUHAMMAD LUTFHY RAMADHAN

20513101

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

POLA DISTRIBUSI KUALITAS UDARA AMBIEN SEBELUM, SAAT, DAN SETELAH PANDEMI DI KABUPATEN GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**MUHAMMAD LUTFHY RAMADHAN
20513101**

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

NIK. 195130102

Tanggal: 25 Oktober 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 25 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**POLA DISTRIBUSI KUALITAS UDARA AMBIEN SEBELUM,
SAAT, DAN SETELAH PANDEMI DI KABUPATEN
GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 23 Oktober 2024

Disusun Oleh:

MUHAMMAD LUTFHY RAMADHAN

20513101

Tim Penguji:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

() 23/10 2024

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

() 24/10 2024

Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Tulisan ini merupakan hasil orisinal dan belum pernah diajukan untuk tujuan mendapatkan gelar akademik di Universitas Islam Indonesia atau lembaga pendidikan tinggi lainnya.
2. Karya ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam tulisan ini, tidak ada penggunaan karya atau pandangan orang lain kecuali jika diakui secara jelas dalam teks dengan menyebutkan nama penulisnya dan mengikutsertakannya dalam daftar pustaka.
4. Program *software* yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di masa mendatang terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 3 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,

A pink rectangular stamp with a QR code border. Inside the stamp, it says 'METERAI ELEKTRONIK 10000' and 'REPUBLIK INDONESIA'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Muhammad Lutfhy Ramadhan

NIM: 20513101

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Pola Distribusi Kualitas Udara Ambien Sebelum, Saat, dan Setelah Pandemi di Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta” dengan baik.

Pada kesempatan kali ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu, mendukung, serta mendoakan saya dalam penyusunan tugas akhir ini, yakni kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Ayah dan Ibu selaku orang tua hebat dan tangguh yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, nasehat, serta doa yang tak pernah putus sehingga penulis selalu bersyukur telah memiliki keluarga yang luar biasa;
3. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan dan semangat serta kritik, saran, dan penilaian sejak penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai;
4. Dosen dan pengajar yang tidak dapat disebutkan semuanya selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat selama proses menempuh pendidikan;
5. Keluarga Merak Jawa dan Keluarga besar Teknik Lingkungan angkatan 2020 yang lahir di masa pandemi *covid-19* walaupun tidak bertatap muka dari awal, terimakasih sudah memberikan kenangan terindah kurang lebih 3,5 tahun;

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Terlepas dari hal tersebut, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan penelitian selanjutnya. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat dibutuhkan agar tugas akhir ini menjadi lebih baik.

Akhir kata, penulis meminta maaf sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang dirugikan oleh penulis akibat ucapan maupun perbuatan penulis yang kurang berkenan secara langsung maupun tidak langsung.

Yogyakarta, 3 Juli 2024

Muhammad Lutfhy Ramadhan

ABSTRAK

MUHAMMAD LUTFHY RAMADHAN.

Pola Distribusi Kualitas Udara Ambien Sebelum, Saat, dan Setelah Pandemi di
Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. Dibimbing oleh NOVIANI IMA
WANTOPUTRI, S.T., M.T.

Indeks Kualitas Udara (IKU) di Kabupaten Gunungkidul pada tahun 2019 dikategorikan Kurang Baik namun, pada saat COVID-19 pada tahun 2020 mengalami penurunan konsentrasi bahan pencemar di Udara dan dikategorikan Baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kualitas udara di Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta, sebelum (2019), saat (2020-2022), dan setelah (2023) pandemi COVID-19. Studi ini dilakukan pada tujuh (7) Kapanewon di Kabupaten Gunungkidul dengan menggunakan data kualitas udara ambien dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul. Analisis dilakukan terhadap nilai dari laporan uji kualitas udara ambien dengan parameter SO_2 , NO_2 , CO, dan TSP, yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku. Pemetaan kualitas udara dilakukan menggunakan *software* QGIS dengan metode *interpolasi Inverse Distance Weighting* (IDW), dan hasilnya diuji validitas untuk mengevaluasi keakuratan metode IDW. Selanjutnya, tingkat kesehatan udara dikategorikan berdasarkan perhitungan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama pandemi COVID-19, polusi udara menurun. Persebaran kualitas udara dipengaruhi oleh lokasi pemantauan, seperti di area pemukiman, industri, perkantoran, komersial, dan transportasi. Oleh karena itu, pemetaan pencemaran udara melalui analisis spasial mempermudah penyajian data untuk setiap parameter yang diuji. Selain itu, hasil uji validitas menunjukkan bahwa metode IDW kurang efektif untuk titik yang berjauhan, dan kondisi kualitas udara di Kabupaten Gunungkidul dinyatakan dalam kategori baik berdasarkan ISPU.

Kata Kunci : Pandemi COVID-19, Inverse Distance Weighting (IDW), Indeks Standar Pencemar Udara Udara (ISPU), Kualitas Udara Ambien.

ABSTRACT

MUHAMMAD LUTFHY RAMADHAN.

The Distribution Pattern of Ambient Air Quality Before, During, and After the Pandemic in Gunungkidul Regency, Yogyakarta. Supervised by NOVIANI IMA WANTOPUTRI, S.T., M.T.

The Air Quality Index (AQI) in Gunungkidul Regency was categorized as Poor in 2019; however, during the COVID-19 pandemic in 2020, there was a decrease in air pollutant concentrations, and the air quality was categorized as Good. This study aims to assess the air quality in Gunungkidul Regency, Yogyakarta, before (2019), during (2020-2022), and after (2023) the COVID-19 pandemic. The study was conducted in seven sub-districts in Gunungkidul Regency using ambient air quality data from the Environmental Agency of Gunungkidul Regency. The analysis was performed on the values from ambient air quality test reports for the parameters SO₂, NO₂, CO, and TSP, which were then compared with the applicable quality standards. Air quality mapping was conducted using QGIS software with the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method, and the results were validated to evaluate the accuracy of the IDW method. Subsequently, air health levels were categorized based on the Air Pollution Standard Index (ISPU). The results showed that during the COVID-19 pandemic, air pollution decreased. The distribution of air quality was influenced by monitoring locations, such as residential areas, industrial zones, offices, commercial areas, and transportation hubs. Therefore, mapping air pollution through spatial analysis facilitated data presentation for each tested parameter. Additionally, the validation results indicated that the IDW method was less effective for distant points, and the air quality in Gunungkidul Regency was categorized as Good according to the ISPU.

Keywords: COVID-19 Pandemic, Inverse Distance Weighting (IDW), Air Pollution Standard Index (ISPU), Ambient Air Quality.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II	7
2.1 Pencemaran Udara.....	7
2.2 Sulfur Dioksida (SO ₂)	10
2.3 Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	10
2.4 Karbon Monoksida (CO).....	11
2.5 Total Suspended Particulate (TSP).....	11
2.6 Baku Mutu Udara Ambien	12
2.7 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	12
2.8 Dampak Pencemaran Kualitas Udara Ambien	15
2.9 Sistem Informasi Geografis dengan Analisis Spasial.....	16
2.10 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III.....	21
3.1 Waktu dan Lokasi.....	21
3.2 Tahapan Penelitian	22
3.3 Pengumpulan Data	23
3.4 Analisis Data	24
3.4.1 Perbandingan dengan Baku Mutu.....	25

3.4.2	Analisis Data Udara Ambien dengan IDW.....	25
3.4.3	Uji Validitas Metode IDW.....	26
3.4.4	Analisis Data ISPU	26
BAB IV		29
4.1	Gambaran Lokasi Penelitian.....	29
4.2	Dampak COVID-19 Terhadap Perubahan Konsentrasi Kualitas Udara	32
4.3	Analisa Nilai Konsentrasi SO ₂ , NO ₂ , CO, dan TSP di Kabupaten Gunungkidul Terhadap Baku Mutu	33
4.3.1	Nilai SO ₂ Terhadap Baku Mutu.....	35
4.3.2	Nilai NO ₂ Terhadap Baku Mutu	36
4.3.3	Nilai CO Terhadap Baku Mutu.....	38
4.3.4	Nilai TSP Terhadap Baku Mutu	39
4.3.5	Faktor Pengaruh Nilai Konsentrasi.....	41
4.4	Pola Persebaran Konsentrasi SO ₂ , NO ₂ , CO, dan TSP di Kabupaten Gunungkidul Menggunakan Metode IDW	46
4.4.1	Pola Persebaran Parameter SO ₂	47
4.4.2	Pola Persebaran Parameter NO ₂	49
4.4.3	Pola Persebaran Parameter CO	51
4.4.4	Pola Persebaran Parameter TSP.....	53
4.5	Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter SO ₂ , NO ₂ , CO, dan TSP....	55
4.5.1	Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter SO ₂	55
4.5.2	Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter NO ₂	56
4.5.3	Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter CO.....	57
4.5.4	Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter TSP	58
4.6	Nilai ISPU Terkait Konsentrasi SO ₂ , NO ₂ , CO, dan TSP di Kabupaten Gunungkidul.....	59
4.6.1	Hasil Nilai ISPU Parameter SO ₂	59
4.6.2	Hasil Nilai ISPU Parameter NO ₂	61
4.6.3	Hasil Nilai ISPU Parameter CO.....	62
BAB V		63
5.1	Kesimpulan.....	63

5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Sampling	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	23
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Analisa Data	24
Gambar 4. 1 Rata-Rata Konsentrasi SO ₂	36
Gambar 4. 2 Rata-Rata Konsentrasi NO ₂	37
Gambar 4. 3 Rata-rata Konsentrasi CO	38
Gambar 4. 4 Rata-Rata Konsentrasi TSP	40
Gambar 4. 5 Pertumbuhan Pepohonan dan Bangunan Melalui Citra Satelit (Lokasi TP-1).....	43
Gambar 4. 6 Jumlah Timbulan Sampah di Kabupaten Gunungkidul Tahun 2019	45
Gambar 4. 7 Pola Persebaran Paramater Sulfur Dioksida (SO ₂).....	48
Gambar 4. 8 Pola Persebaran Paramater Sulfur Dioksida (NO ₂)	50
Gambar 4. 9 Pola Persebaran Paramater Karbon Monoksida (CO)	52
Gambar 4. 10 Pola Persebaran Paramater Total Suspended Partikulat (TSP).....	54
Gambar 4. 11 Uji Validitas Metode IDW Parameter SO ₂	56
Gambar 4. 12 Uji Validitas Metode IDW Parameter NO ₂	57
Gambar 4. 13 Uji Validitas Metode IDW Parameter CO.....	58
Gambar 4. 14 Uji Validitas Metode IDW Parameter TSP	59
Gambar 4. 15 Nilai ISPU Parameter SO ₂ di Kabupaten Gunungkidul.....	60
Gambar 4. 16 Nilai ISPU Parameter NO ₂ di Kabupaten Gunungkidul.....	61
Gambar 4. 17 Nilai ISPU Parameter CO di Kabupaten Gunungkidul	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien	12
Tabel 2. 2 Ambang batas konsentrasi ISPU dalam satuan SI.....	13
Tabel 2. 3 Kategori Angka Dan Warna ISPU	14
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 4. 1 Zonasi Pemantauan Lingkungan	29
Tabel 4. 2 Perbedaan antara Standar Baku Mutu yang lama dan yang baru	33
Tabel 4. 3 Penerapan Baku Mutu berdasarkan Parameter dan Periode Tahun Pengukuran Sampel.....	34
Tabel 4. 4 Data Curah Hujan Kabupaten Gunungkidul (2019-2023)	41
Tabel 4. 5 Jumlah Angkutan Umum Lulus Uji KIR di Kabupaten Gunungkidul	46

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pola Persebaran Parameter SO ₂ Tahun 2019.....	74
Lampiran 2. Pola Persebaran Parameter SO ₂ Tahun 2020.....	75
Lampiran 3. Pola Persebaran Parameter SO ₂ Tahun 2021.....	76
Lampiran 4. Pola Persebaran Parameter SO ₂ Tahun 2022.....	77
Lampiran 5. Pola Persebaran Parameter SO ₂ Tahun 2023.....	78
Lampiran 6. Pola Persebaran Parameter NO ₂ Tahun 2019.....	79
Lampiran 7. Pola Persebaran Parameter NO ₂ Tahun 2020.....	80
Lampiran 8. Pola Persebaran Parameter NO ₂ Tahun 2021.....	81
Lampiran 9. Pola Persebaran Parameter NO ₂ Tahun 2022.....	82
Lampiran 10. Pola Persebaran Parameter NO ₂ Tahun 2023.....	83
Lampiran 11. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2019.....	84
Lampiran 12. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2020.....	85
Lampiran 13. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2021.....	86
Lampiran 14. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2022.....	87
Lampiran 15. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2023.....	88
Lampiran 16. Pola Persebaran Parameter TSP Tahun 2019.....	89
Lampiran 17. Pola Persebaran Parameter TSP Tahun 2020.....	90
Lampiran 18. Pola Persebaran Parameter TSP Tahun 2021.....	91
Lampiran 19. Pola Persebaran Parameter TSP Tahun 2022.....	92
Lampiran 20. Pola Persebaran Parameter TSP Tahun 2023.....	93
Lampiran 21. Uji Validitas Metode IDW Parameter SO ₂	94
Lampiran 22. Uji Validitas Metode IDW Parameter NO ₂	95
Lampiran 23. Uji Validitas Metode IDW Parameter CO.....	96
Lampiran 24. Uji Validitas Metode IDW Parameter TSP.....	97
Lampiran 25. Data Kualitas Udara Ambien Parameter SO ₂	98
Lampiran 26. Data Kualitas Udara Ambien Parameter NO ₂	98
Lampiran 27. Data Kualitas Udara Ambien Parameter CO.....	99
Lampiran 28. Data Kualitas Udara Ambien Parameter TSP.....	99
Lampiran 29. Perhitungan ISPU Parameter SO ₂	100

Lampiran 30. Perhitungan ISPU Parameter NO ₂	100
Lampiran 31. Perhitungan ISPU Parameter CO.....	101
Lampiran 32. Titik Koordinat Lokasi Pemantauan Kualitas Udara.....	102

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virus Corona jenis baru (SARS-CoV2) telah menyebar cepat dan meluas, menjadi isu global dan berdampak pada berbagai sektor kehidupan. World Health Organization (WHO) telah menetapkan virus ini sebagai pandemi global. Pernyataan tersebut membuatnya menjadi masalah serius yang memerlukan perhatian baik dari pemerintah maupun masyarakat di seluruh dunia (Yudan & Akhmad, 2020). Dalam upaya mengatasi penyebaran virus COVID-19, Pemerintah telah mengeluarkan protokol penanganan dan penanggulangan COVID-19. Pada tingkat kabupaten, diterbitkan Keputusan Bupati Gunungkidul Nomor: 126/KPTS/2020 yang menetapkan Status Tanggap Darurat Bencana COVID-19 di Kabupaten Gunungkidul. Selama periode tersebut, Pemerintah Kabupaten Gunungkidul mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk mencegah dan mengatasi dampak negatif, termasuk tindakan seperti penyelamatan, evakuasi, perawatan pasien, isolasi mandiri, perlindungan, manajemen, dan pemulihan bagi korban COVID-19 (Muhammad & Suswanta, 2020). Analisis terhadap kualitas udara selama masa pandemi COVID-19 menjadi subjek perbincangan yang signifikan di berbagai kota global, menunjukkan adanya kecenderungan perubahan positif dalam kualitas udara (Himawan, dkk., 2022).

Perkembangan Kabupaten Gunungkidul yang semakin maju, terutama dalam sektor ekonomi dan pariwisata, berdampak pada peningkatan jumlah kendaraan yang dimiliki oleh penduduk setempat. Akibatnya, tingkat kepadatan lalu lintas di jalan raya mengalami peningkatan signifikan, melibatkan baik kendaraan masyarakat maupun wisatawan yang datang berkunjung. Peningkatan jumlah kendaraan ini juga menyebabkan timbulnya masalah polusi udara di wilayah tersebut. Selain kontribusi dari kendaraan, pabrik-pabrik yang banyak berdiri di daerah tersebut juga turut berperan dalam meningkatkan tingkat pencemaran udara (Putri, 2018). Indeks Kualitas Udara (IKU) di Kabupaten Gunung Kidul pada tahun

2019 mencapai Pengukuran Kinerja (IKU) sebesar 79.46, dikategorikan sebagai kurang baik. Namun, pada tahun 2020, terjadi peningkatan curah hujan dan penerapan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) selama pandemi COVID-19. Hal ini menyebabkan penurunan jumlah kendaraan yang berlalu lalang, sehingga konsentrasi bahan pencemar di udara menurun. Pengukuran Kinerja (IKU) pada tahun 2020 mencapai 93,96, yang diklasifikasikan sebagai cukup baik (LKj IP Gunungkidul, 2021).

Untuk mengetahui indeks kualitas udara ambien dan memberikan informasi kualitas udara ambien di daerah yang belum terdapat lokasi pemantauan berdasarkan cakupan data yang tersedia yaitu tahun 2019 hingga tahun 2023, dilakukan pemetaan sebaran kualitas udara ambien. Proses ini melibatkan perbandingan antara hasil analisis dengan standar Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan pemanfaatan teknologi pemetaan digital melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai solusi yang efektif dalam memahami penyebaran kualitas udara, khususnya di wilayah Kabupaten Gunungkidul. Pendekatan ini diwujudkan dalam bentuk peta distribusi dan grafik. Software QGIS digunakan untuk melakukan pemetaan pencemaran udara dengan menerapkan teknik interpolasi. Dalam konteks ini, interpolasi merujuk pada fungsi atau model matematika yang mengestimasi data yang tidak diketahui berdasarkan data yang telah terukur. Aplikasi QGIS, metode interpolasi yang digunakan adalah Inverse Distance Weighting (IDW), suatu pendekatan deterministik untuk memprediksikan nilai kualitas udara ambien. Pemetaan pencemaran udara memberikan kontribusi dalam penyajian data yang lebih visual dan informatif untuk setiap parameter yang diuji.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Apakah ada perubahan pola persebaran kualitas udara ambien sebelum, saat, dan setelah pandemi COVID-19?
2. Apakah hasil dari interpolasi konsentrasi udara ambien menggunakan metode IDW akurat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang diajukan, tujuan penelitian ini mencakup:

1. Menganalisis pola persebaran kualitas udara ambien sebelum, saat dan setelah diterapkannya penanggulangan pandemi COVID-19.
2. Mengevaluasi keakuratan interpolasi konsentrasi udara ambien menggunakan metode IDW.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini melibatkan:

1. Analisis persebaran kualitas udara ambien di wilayah Kabupaten Gunungkidul, direpresentasikan dalam bentuk persebaran.
2. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian berikutnya, terutama yang terkait dengan kualitas udara ambien.
3. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penyediaan pengetahuan dan pengalaman tambahan bagi peneliti dalam menyelesaikan studi mereka.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini mencakup:

1. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Gunungkidul, dengan 8 titik sampling.

2. Perbandingan data hasil sampling nilai konsentrasi parameter NO₂, SO₂, CO dan TSP di udara bebas pada saat pandemi dan setelah pandemi, diperoleh dari data sekunder.
3. Identifikasi batasan dan perhitungan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dalam satuan SI.
4. Identifikasi batasan dan perhitungan ISPU hanya parameter NO₂, SO₂ dan CO karena parameter TSP tidak termasuk dalam kategori ISPU.
5. Penentuan jumlah lokasi titik pemantauan udara, yaitu delapan titik yang tersebar pada Area Pemukiman, Area Industri, Area Perkantoran, dan Area Transportasi .
6. Pengumpulan data konsentrasi udara melalui laporan hasil uji dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Gunungkidul dalam periode 2019-2023.
7. Pemetaan Inverse Distance Weighting (IDW) terkait dengan distribusi kualitas udara ambien di Kabupaten Gunungkidul menggunakan perangkat lunak QGIS sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 14 tahun 2020 tentang indeks pencemaran udara, dengan metode IDW.
8. Uji Validitas Metode Inverse Distance Weighting (IDW) untuk memastikan keakuratan hasil interpolasi metode IDW.
9. Penggunaan data sekunder terbatas pada periode pemaparan selama 24 jam, sehingga dalam menghitung Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) terdapat keterbatasan data sekunder. Hal ini diperbolehkan berdasarkan Pasal 10 ayat (2) Permen LHK No. 14 tahun 2020, yang memungkinkan hasil penentuan kategori ISPU bagi seluruh parameter sesuai dengan ketentuan pada Pasal 2 ayat (2).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dikatakan bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien tidak sesuai dengan fungsinya.

Pencemaran udara merujuk pada pelepasan substansi pencemar ke atmosfer yang dapat merugikan kesehatan manusia dan lingkungan secara keseluruhan. Menurut World Health Organization (WHO), setiap tahun pencemaran udara menjadi penyebab hampir tujuh juta kematian di seluruh dunia. Sembilan dari sepuluh individu saat ini menghadapi tingkat pencemaran udara yang melampaui pedoman WHO untuk polutan, dan kelompok populasi yang berada di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah cenderung mengalami dampak yang paling signifikan (Mustafa, dkk., 2023).

Klasifikasi bahan pencemaran udara dapat dikelompokkan menjadi dua kategori (Andi, dkk., 2022) :

1. Pencemar primer merupakan substansi pencemar yang dihasilkan secara langsung dari sumber pencemaran udara. Sebagai contoh, karbon monoksida termasuk dalam kategori pencemar udara primer karena berasal dari proses pembakaran.
2. Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk melalui reaksi dari pencemar udara primer di dalam atmosfer. Pembentukan ozon dalam proses fotokimia merupakan contoh dari pencemaran udara sekunder.

Kualitas udara mengalami penurunan hingga mencapai tingkat tertentu, menyebabkan udara di sekitar kita tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik. Sulfur dioksida termasuk salah satu bahan pencemar yang signifikan dalam menyebabkan penurunan kualitas udara. Selain itu, terdapat bahan-bahan lain

seperti debu, NH_3 , Pb, CO, Hidrokarbon, NO_x , dan H_2S yang, baik secara bersamaan maupun secara individu, memiliki potensi bahaya terhadap lingkungan. Dampak dari pencemaran ini melibatkan kesehatan masyarakat, hewan, tanaman, serta material atau benda seperti bangunan dan logam (Joko P. S., 2005).

Munculnya virus baru yang menyebar di seluruh dunia saat ini dikenal sebagai *Coronaviruses* (CoV). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), *Coronaviruses* (CoV) dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan pada manusia. Virus ini secara ilmiah dikenal sebagai COVID-19. Infeksi COVID-19 dapat bervariasi dari gejala flu ringan hingga kondisi yang sangat serius, sebanding bahkan lebih parah dari MERS-CoV dan SARS-CoV (Josés & Rose, 2020). Sejumlah negara menerapkan kebijakan *lockdown* (dikenal sebagai karantina wilayah dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia) guna merestriksi penyebaran virus secara menyeluruh. Namun, mengubah perilaku sosial masyarakat bukanlah tugas yang ringan. Berbagai negara, termasuk yang memiliki keterbatasan, menghadapi tantangan yang kompleks, bahkan negara-negara maju di Eropa dan Amerika Serikat mengalami kesulitan yang signifikan. Kebijakan umum yang menekankan *social and physical distancing* (mengatur jarak fisik antar individu dan menghindari kerumunan) ternyata menjadi suatu hal yang tidak mudah diimplementasikan di kalangan manusia yang telah terbiasa dengan pola perilaku sosial mereka (Muhyiddin, 2020).

Penurunan konsentrasi NO_2 paling signifikan tercatat di Kota Sale, Maroko, berdasarkan perbandingan data sebelum dan sesudah penerapan kebijakan *lockdown*. Terjadi penurunan sebesar 96% dari konsentrasi NO_2 , menurun dari $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menjadi $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Temuan serupa juga terdapat dalam penelitian di Delhi, India, di mana kebijakan *lockdown* (25 Maret - 15 April 2020) menyebabkan penurunan konsentrasi NO_2 sekitar 60% dibandingkan periode sebelum *lockdown* (1 Maret - 24 Maret 2020). Faktor utama penurunan ini adalah penghentian aktivitas dan mobilitas masyarakat yang diakibatkan oleh kebijakan *lockdown*, yang berdampak pada berkurangnya jumlah kendaraan dan, secara langsung, menurunkan konsentrasi NO_2 . Kebijakan *lockdown* selama pandemi COVID-19 terbukti memiliki dampak positif pada konsentrasi NO_2 , dengan penelitian

mencatat penurunan antara 18% hingga 96%. Sejalan dengan temuan ini, penurunan konsentrasi SO₂ juga terjadi selama *lockdown* di India. Dua penelitian yang dilakukan di India menunjukkan penurunan konsentrasi SO₂ selama periode *lockdown*, dengan penelitian di Delhi mencatat penurunan sebesar 19% dibandingkan dengan data sebelum *lockdown*. SO₂ dapat berasal dari berbagai sumber seperti industri, transportasi, dan perumahan, sehingga kebijakan lockdown turut berkontribusi pada penurunan konsentrasi SO₂ (Shofi, 2020).

Penurunan kunjungan wisata mempengaruhi kualitas udara yang ada pada lingkungan Kota Yogyakarta. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya peningkatan kualitas udara ambien di Kota Yogyakarta pada tahun 2020. Hal tersebut ditandai dengan adanya penurunan kadar karbon monoksida (CO) pada udara di lingkungan Kota Yogyakarta. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta terjadi penurunan CO sebesar 12,5%. (Fauzi, 2023).

Pada awal bulan April 2020, konsentrasi TSP menurun karena adanya sosialisasi PSBB dan hujan saat pengambilan sampel. Di Jakarta dan Puncak-Bogor, rata-rata konsentrasi TSP pada tiga periode sampling pertama bulan itu adalah yang terendah, masing-masing 80,08 µg/m³ dan 40,51 µg/m³. Namun, setelah PSBB transisi diberlakukan dua minggu kemudian, konsentrasi TSP kembali meningkat. Informasi tentang konsentrasi TSP adalah penting karena dapat memberikan gambaran tentang kualitas udara dari segi fisik dan kimia (Muharam, dkk., 2021)

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Yogyakarta melaporkan bahwa kualitas udara di Kota Yogyakarta dari Juni hingga Agustus 2023 berada dalam kategori baik hingga sedang dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) di bawah 50. Menurut Intan Dewani, Analis Kebijakan DLH Kota Yogyakarta, peningkatan kualitas udara yang baik hingga sedang ini sebagian besar disebabkan oleh musim kemarau. Ia juga menyatakan bahwa pembakaran sampah menjadi salah satu faktor yang menurunkan kualitas udara. Selain itu, peningkatan debu dan aktivitas transportasi yang terus meningkat di Kota Yogyakarta juga berkontribusi terhadap polusi udara. (Adminwarta, 2023)

2.2 Sulfur Dioksida (SO₂)

Sumber utama sulfur dioksida dalam udara berasal dari residu pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Bahan bakar fosil, yang secara alami mengandung 1-5 persen sulfur, mengalami transformasi menjadi sulfur dioksida selama proses pembakaran. Upaya pemurnian bahan bakar di berbagai bagian dunia telah dimulai untuk mengurangi kandungan sulfur dalam minyak mentahnya. Hal ini terkait dengan ketentuan perdagangan bahan bakar dan standar emisi yang ketat diadopsi oleh negara-negara barat sebagai konsumen utama bahan bakar (Gusti, dkk., 2018).

Efek utama dari polutan SO₂ pada manusia adalah menyebabkan iritasi pada sistem pernafasan. Beberapa studi menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan dapat terjadi ketika konsentrasi SO₂ mencapai 5 ppm atau lebih, bahkan pada individu yang sensitif, iritasi dapat muncul pada konsentrasi 1-2 ppm. SO₂ merupakan polutan berbahaya terutama bagi individu yang memiliki kondisi kronis pada sistem pernafasan dan kardiovaskular. Orang-orang dengan gejala tersebut sangat rentan terhadap paparan SO₂, bahkan pada konsentrasi rendah seperti 0,2 ppm atau lebih (Gusti R. , 2010).

2.3 Nitrogen Dioksida (NO₂)

Mirip dengan transformasi sulfur menjadi sulfur dioksida selama pembakaran bahan bakar, komponen nitrogen juga mengalami perubahan menjadi oksida nitrogen selama proses tersebut. Batu bara banyak digunakan sebagai sumber nitrogen karena minyak memiliki kandungan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan batu bara. Sebagian besar oksida nitrogen dalam udara adalah nitric oxide (NO-), dan lebih dari 90% pembentukannya terjadi melalui reaksi kimia di atmosfer (Gusti, dkk., 2018).

Dampak utama dari NO terhadap lingkungan terlihat dalam pembentukan smog. Gas NO dan NO₂ juga dapat menyebabkan perubahan warna pada serat-serat rayon dan mengakibatkan perubahan warna bahan putih menjadi kuning-kuningan. Konsentrasi NO₂ sebanyak 25 ppm, biasanya berasal dari emisi industri kimia,

dapat merusak berbagai jenis tanaman. Paparan sekitar 4-8 ppm NO₂ selama satu jam dapat menyebabkan kerusakan daun sekitar 5% dari total luasnya. Konsentrasi NO₂ sekitar 0,22 ppm selama periode paparan terus menerus selama 8 bulan dapat menyebabkan penurunan daun pada berbagai jenis tanaman (Ardeniswan, 2012).

2.4 Karbon Monoksida (CO)

Satu dari parameter polusi udara yang sangat berbahaya adalah karbon monoksida (CO). Karbon monoksida adalah gas yang sangat beracun, tanpa warna, tanpa bau, dan tidak memiliki rasa. Karena itu, CO juga dikenal sebagai pembunuh diam atau pembunuh tak terlihat. (Budyono & Afif, 2009)

Karbon monoksida (CO) berdampak buruk bagi kesehatan manusia karena berinteraksi dengan hemoglobin di dalam sel darah merah. Hemoglobin bertanggung jawab untuk mengikat oksigen dan mengirimkannya ke seluruh tubuh yang membutuhkannya. Kenaikan kadar CO dapat mengganggu proses pengikatan oksigen dalam darah karena hemoglobin memiliki afinitas yang 200 kali lebih tinggi terhadap CO daripada oksigen (Sarudji, 2010). CO yang terhirup akan masuk ke dalam aliran darah melalui paru-paru, menghambat suplai oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Sifat racun metabolis CO menyebabkan reaksi metabolik dengan darah, potensial menyebabkan kerusakan pada jantung dan sistem saraf (Ester, 2005).

2.5 Total Suspended Particulate (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikulat udara berukuran kecil seperti debu, asap dengan diameter kurang dari 100 µm. TSP diemisikan dari berbagai sumber antara lain pembangkit listrik, kegiatan konstruksi, insinerasi dan kendaraan (Rochimawati, 2014)

Gangguan TSP terhadap kesehatan diantaranya dapat mengendap dalam sel paru-paru sehingga dapat menimbulkan plek hitam pada paru-paru dan mengganggu fungsinya. Sementara itu, Pb yang terhirup merupakan racun penyerang syaraf yang

dapat menyebabkan gangguan perkembangan otak pada janin anak-anak serta dapat menimbulkan dampak lanjutan seperti tekanan darah tinggi (Gunawan, 2015)

2.6 Baku Mutu Udara Ambien

Baku mutu udara ambien di Indonesia mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Persyaratan kualitas udara ambien di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 µg/m ³	Aktif kontinu Aktif manual
		24 jam	75 µg/m ³	Aktif kontinu
		1 tahun	45 µg/m ³	Aktif kontinu
2.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	Aktif kontinu Aktif manual
		24 jam	65 µg/m ³	Aktif kontinu
		1 tahun	50 µg/m ³	Aktif kontinu
3.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10000 µg/m ³	Aktif kontinu
		8 jam	4000 µg/m ³	Aktif kontinu
4.	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	Aktif manual

*Sumber : Lampiran VII – Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

2.7 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Berdasarkan Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), adalah suatu nilai tanpa satuan yang mencerminkan kondisi kualitas udara di suatu lokasi, berdasarkan dampaknya terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan keberlangsungan makhluk hidup lainnya. ISPU dapat ditentukan dengan mengukur secara langsung konsentrasi udara ambien dari hasil

pengukuran. Berikut Tabel 2.2 menyajikan nilai ambang batas konsentrasi yang digunakan untuk menghitung parameter Indeks Standar Pencemar Udara dengan menggunakan satuan SI.

Tabel 2. 2 Ambang batas konsentrasi ISPU dalam satuan SI

ISPU	24 Jam sulfur dioksida (SO ₂) µg/m ³	24 jam nitrogen dioksida (NO ₂) µg/m ³	24 jam karbon monoksida (CO) µg/m ³
0 – 50	52	80	4000
51 – 100	180	200	8000
101 – 200	400	1130	15000
201 – 300	800	2260	30000
>300	1200	3000	45000

*Sumber : Lampiran I – Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara

Perhitungan ISPU dilakukan dengan mempertimbangkan nilai batas atas, nilai batas bawah, ambang batas atas, ambang batas bawah, dan konsentrasi udara ambien hasil pengukuran. Persamaan matematis untuk menghitung ISPU adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib$$

Keterangan:

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Konsentrasi ambien batas atas (µg/m³)

Xb = Konsentrasi ambien batas bawah (µg/m³)

Xx = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

Untuk menggambarkan kondisi ISPU di suatu daerah, dapat menggunakan kategori ISPU sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.3, sesuai dengan format contoh pelaporan yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020.

Tabel 2. 3 Kategori Angka Dan Warna ISPU

Kategori	Warna	Angka ISPU
Baik	Hijau	0 – 50
Sedang	Biru	51 - 100
Tidak Sehat	Kuning	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 – 300
Berbahaya	Hitam	>300

*Sumber : Lampiran II – Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori ISPU terbagi menjadi lima tingkatan, termasuk kondisi baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya. Kondisi baik menunjukkan kualitas udara yang sangat baik, tidak menimbulkan dampak negatif bagi manusia, hewan, atau tumbuhan. Pada tingkatan ini, disarankan untuk melaksanakan aktivitas di luar dengan sangat baik. Tingkatan sedang menunjukkan bahwa kualitas udara masih dapat diterima bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Tindakan yang dianjurkan melibatkan kelompok sensitif untuk mengurangi aktivitas fisik yang intens atau berkepanjangan. Namun, bagi setiap orang, masih memungkinkan untuk melanjutkan aktivitas di luar. Tingkatan tidak sehat mencerminkan kualitas udara yang dapat memberikan dampak merugikan pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Tindakan yang disarankan untuk kelompok sensitif melibatkan izin untuk melakukan aktivitas di luar dengan mengambil istirahat lebih sering dan melibatkan aktivitas ringan. Selain itu, dianjurkan untuk memantau gejala seperti batuk atau sesak nafas. Penderita asma sebaiknya mengikuti petunjuk kesehatan asma dan

memiliki obat asma tersedia. Bagi penderita penyakit jantung, gejala seperti palpitasi, sesak nafas, atau kelelahan yang tidak biasa dapat mengindikasikan masalah serius. Untuk semua orang, disarankan untuk mengurangi aktivitas fisik yang berlebihan di luar ruangan. Tingkatan sangat tidak sehat mencerminkan kualitas udara yang dapat meningkatkan risiko kesehatan bagi sejumlah segmen populasi yang terpapar. Tindakan yang dianjurkan untuk kelompok sensitif mencakup menghindari seluruh aktivitas di luar dan meningkatkan aktivitas di dalam ruangan atau menyesuaikan jadwal ke waktu dengan kualitas udara yang baik. Bagi setiap orang, disarankan untuk menghindari aktivitas fisik yang berlangsung terlalu lama di luar ruangan, dan pertimbangkan untuk melakukan aktivitas di dalam ruangan. Tingkatan berbahaya mencerminkan kualitas udara yang dapat menyebabkan dampak serius pada kesehatan populasi dan memerlukan penanganan segera. Tindakan yang disarankan untuk kelompok sensitif melibatkan tetap berada di dalam ruangan dan membatasi aktivitas. Bagi setiap orang, dianjurkan untuk menghindari seluruh aktivitas di luar ruangan.

2.8 Dampak Pencemaran Kualitas Udara Ambien

Pada tingkat konsentrasi tertentu, zat-zat pencemar udara dapat menimbulkan dampak langsung pada kesehatan manusia, baik secara akut atau mendadak, kronis atau berkepanjangan, dan dapat menyebabkan gejala yang samar. Mulai dari iritasi saluran pernafasan, iritasi mata, dan reaksi alergi pada kulit hingga risiko terjadinya penyakit seperti kanker paru-paru. Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara secara langsung mempengaruhi kinerja seseorang, mengakibatkan penurunan produktivitas dan menyebabkan kerugian ekonomi jangka panjang, serta menimbulkan masalah sosial ekonomi bagi keluarga dan masyarakat. Dampak negatif polusi udara terhadap kesehatan manusia tidak dapat dipungkiri, baik itu yang terjadi di luar ruangan (*Outdoor Air Pollution*) maupun yang terjadi di dalam ruangan (*Indoor Air Pollution*). Polusi udara di luar ruangan dapat disebabkan oleh emisi bahan pencemar dari industri dan transportasi, sementara polusi di dalam ruangan dapat berasal dari asap rokok dan masalah sirkulasi udara (Afif, 2010).

Pertumbuhan jumlah kendaraan dan perkembangan industri yang pesat telah menyebabkan peningkatan tingkat pencemaran udara di berbagai kota besar di Indonesia. Berdasarkan data dari AQI Indonesia pada tahun 2021, Jakarta mencatat tingkat pencemaran udara tertinggi, sementara Indralaya di Sumatra Selatan memiliki kualitas udara yang paling baik. Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia dapat terlihat pada peningkatan kasus pneumonia. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, kasus pneumonia di Indonesia mengalami peningkatan signifikan dari tahun 2007 hingga 2015, dengan jumlah kasus mencapai puncak tertinggi pada tahun 2014, yakni sebanyak 657.490 kasus. Meskipun belum ada penelitian resmi yang secara eksplisit mengaitkan penyakit pneumonia di Indonesia dengan pencemaran udara, data ini memberikan dasar yang cukup untuk dipertimbangkan (M. Indrian, 2023).

2.9 Sistem Informasi Geografis dengan Analisis Spasial

Pemanfaatan teknologi yang terus berkembang saat ini membawa dampak positif di bidang spasial, salah satunya melalui Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG memungkinkan analisis dan pengolahan data dengan menggunakan perangkat seperti ArcGIS, yang merupakan perangkat lunak dikembangkan oleh ESRI. SIG, yang juga dikenal sebagai GIS (Geographical Information System), adalah suatu perangkat berbasis sistem informasi yang digunakan untuk melakukan representasi digital dan analisis terhadap permukaan geografi bumi (Maulana, 2022). SIG adalah suatu sistem informasi yang dibangun dengan menggunakan basis data yang memiliki referensi spasial atau koordinat geografis (Saefudin & Diki, 2020). SIG merupakan sebuah alat yang efektif dalam pengelolaan data spasial. Dalam SIG, data dipertahankan dalam format digital, meningkatkan kepadatan data dibandingkan dengan peta cetak, tabel, atau format konvensional lainnya. Hal ini mengakibatkan percepatan pekerjaan dan pengurangan biaya yang diperlukan (Sodikin & Erliyan, 2021).

Sistem Informasi Geografis (SIG) sering memanfaatkan metode interpolasi geostatistik, dan salah satu metode yang sangat populer adalah Inverse Distance Weighted (IDW). Metode ini memiliki formulasi yang sederhana, mudah dipahami,

dan dapat diimplementasikan dengan mudah. IDW juga dikenal memberikan hasil yang cukup akurat, sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu (Irfand & Yoszi, 2021).

Metode Inverse Distance Weighting adalah teknik pemetaan data yang menggunakan bobot berdasarkan jarak, di mana bobotnya meningkat seiring dekatnya lokasi target dan berkurang sebaliknya. Bobot ini ditentukan oleh turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi (Mira, dkk., 2021).

2.10 Penelitian Terdahulu

Dasar dari penelitian ini berasal dari studi sebelumnya, termasuk jenis penelitian, teori yang diterapkan, dan teknik metode penelitian yang dijabarkan secara rinci dalam Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Metode	Hasil dan Pembahasan
Caraka RE, Lee Y, Kurniawan R, Herliansyah R, Kaban PA, Nasution BI, Gio PU, Chen RC, Toharudin T, Pardamean B.	Dampak COVID- 19 skala besar pembatasan pada lingkungan dan ekonomi di Indonesia	Data dikumpulkan dari Copernicus Sentinel -5 Prekursor (Sentinel-5P) menggunakan troposfer Pemantauan Instrumen (TROPOMI).	Hasil studi menunjukkan tidak perbedaan yang signifikan dalam CO, HCHO, NO ₂ dan SO ₂ konsentrasi sebelum dan setelah pelaksanaan kegiatan sosial skala besar pembatasan.
Alchamdani, R. Azizah, Lilis Sulistiyorini, Santi Martini, - Mohd Talib Latif	Analisis Dampak Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) pada Polutan Udara Utama di Era Pandemi COVID-19	Penelitian ini menggunakan metode literature review seperti Scopus, Science direct, springer, PubMed, dan google scholar.	Hasil Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) terbukti menurunkan konsentrasi pencemar PM _{2.5} (21.8% - 39%), PM10 (22.9% - 75%), NO ₂ (54.3% - 96%), SO ₂ (7.6% - 215.5%), CO (35% - 64,8%). Penurunan konsentrasi NO ₂ menyebabkan peningkatan konsentrasi O ₃ (15% - 525%) di atmosfer.

Penulis	Judul	Metode	Hasil dan Pembahasan
Umara Firman Fizi, Suradi, Sunaryo, Andriyani Agus, Mizani Achmad.	Analisis Dampak Diterapkan Working from Home saat Pandemi COVID 19 Terhadap Kualitas Udara	Pembatasan kegiatan transportasi dan kegiatan industri dapat menjadi salah satu strategi pengendalian COVID-19 dan pencemaran udara. Sumber pengendalian pencemaran yang tepat akan meningkatkan kualitas udara dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.	Kontribusi utama adalah evaluasi signifikan penurunan rata-rata PM _{2,5} dan PM ₁₀ di bulan Maret 2020 dibandingkan dengan tahun sebelumnya dengan metode Scatter adanya korelasi negatif dengan derajat sedang
S.Rizqiana Ergianzah	Pemetaan Sebaran Kualitas Udara Ambien Kawasan Perkotaan Yogyakarta dengan Parameter SO ₂ , NO ₂ dan CO menggunakan metode IDW dan Kriging.	Pembatasan dengan ISPU dan pemetaan visualisasi geografis menggunakan metode IDW dan Kriging melalui <i>software</i> <i>ArcGis</i> .	Pola persebaran bergerak secara fluktuatif namun cenderung stabil dari tahun 2016-2020. Parameter yang dilakukan perhitungan penjumlahan ISPU dari tahun 2016 dari pemetaan SO ₂ pada rentang (0-50) adalah 93,4%, rentang (51-100) adalah 8,44% dan rentang (100-200) adalah 2,64% dan indeks pencemaran udara terlihat tinggi saat tahun 2018.
Andi Muhammad Najib Mubarak	Pengaruh Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat Pada Masa Pandemi COVID-19 Terhadap Konsentrasi So ₂ , No ₂ , Dan Pm _{2,5} Di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta	Pembatasan dengan ISPU dan pemetaan visualisasi geografis menggunakan metode IDW dan Kriging melalui <i>software</i> <i>ArcGis</i> .	Nilai parameter NO ₂ , SO ₂ , dan PM _{2,5} Pada tahun 2019 yang mengalami penurunan hingga tahun 2021 akibat berkurangnya aktivitas kendaraan sebagai sumber utama membuat nilai tidak melebihi dari baku mutu yang sudah ditentukan.

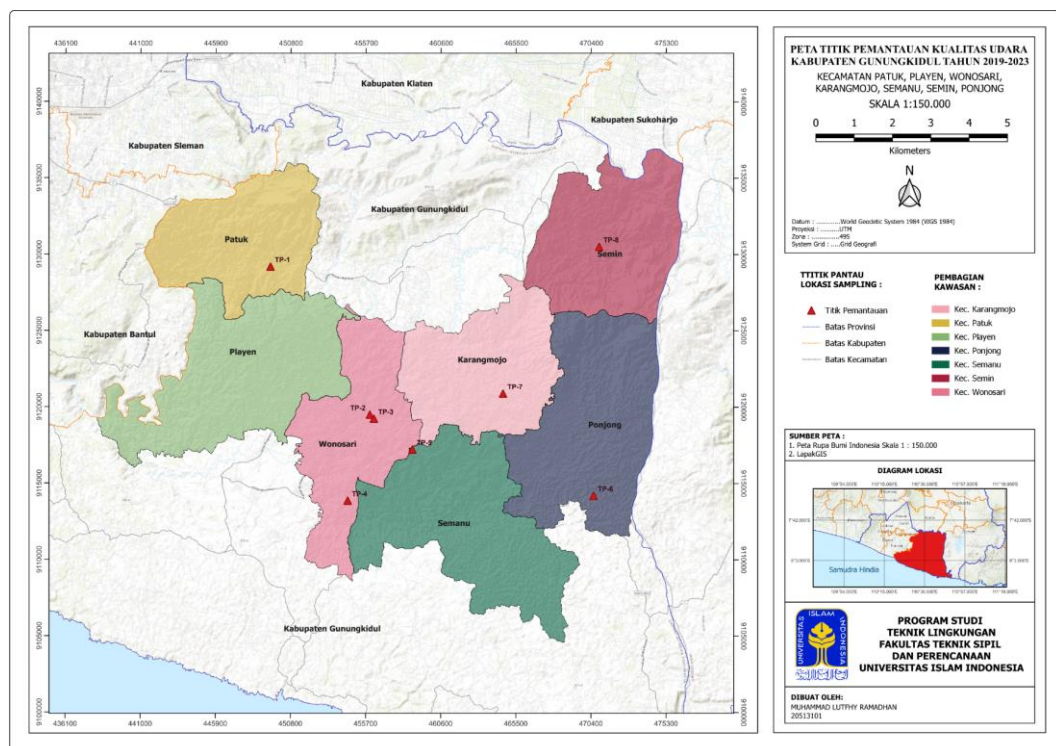
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian berlangsung selama periode tiga bulan, dimulai dari bulan Maret hingga bulan Juni. Penetapan lokasi pemantauan kualitas udara dilakukan berdasarkan evaluasi data yang telah tercatat pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul sebanyak 7 (tujuh) Kapanewon yaitu Kapanewon Patuk, Playen, Wonosari, Karangmojo, Semanu, Semin dan Ponjong dengan 8 (delapan) titik pengambilan sampel. Tujuh Kapanewon tersebut menjadi area yang akan dipetakan karena titik-titik sampling berada di wilayah tersebut, sehingga mewakili area analisis di Kabupaten Gunungkidul.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Sampling

Lokasi sampling mencakup nama wilayah, kode titik sampling, dan koordinat yang ditentukan. Setiap titik sampling memiliki identifikasi unik berupa kode tertentu untuk memudahkan pelacakan dan analisis data.

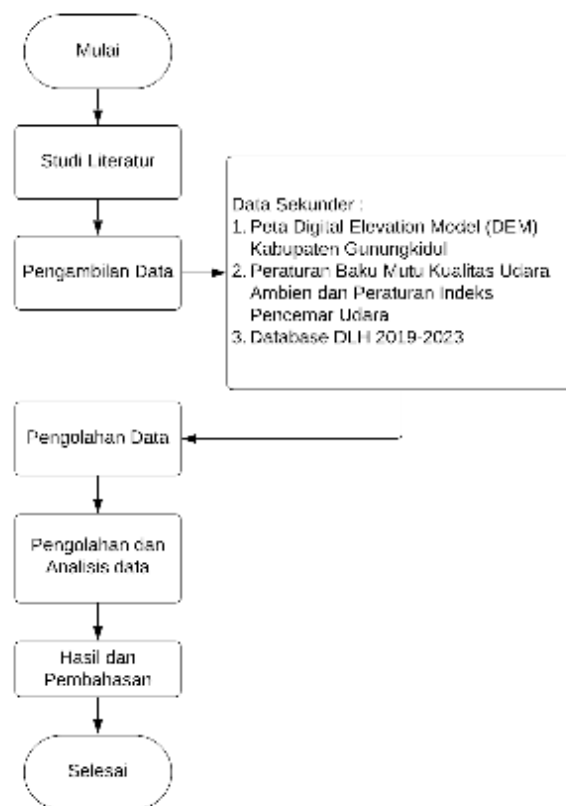
Tabel 3. 1 Sebaran Titik Sampling Berdasarkan Koordinat

Kode	Lokasi Sampling	S	E
TP-1	Pertigaan Sambipitu.	07°52'39.8"	110°32'29.9"
TP-2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	07°57'55.7"	110°36'01.6"
TP-3	Depan Pasar Argosari.	07°58'04.2"	110°36'10.2"
TP-4	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	08°00'59.1"	110°35'14.3"
TP-5	Dekat PT Supersonic Chemical Industry.	07°59'10.0"	110°37'32.2"
TP-6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	08°00'48.5"	110°43'58.5"
TP-7	Perempatan Karangmojo.	07°57'10.8"	110°40'45.5"
TP-8	Depan Pasar Semin.	07°51'57.5"	110°44'10.4"

Berdasarkan laporan kinerja Dinas Lingkungan Hidup, titik pemantauan ditentukan berdasarkan area pemukiman, area industri, area perkantoran, area komersial dan area transportasi. Hal ini menunjukkan bahwa penempatan titik pemantauan didasarkan pada zonasi yang mencakup berbagai jenis aktivitas manusia yang berpotensi memengaruhi kualitas udara.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian kualitas udara dengan mengumpulkan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul tahun 2019-2023 melibatkan analisis parameter NO₂, SO₂, CO dan TSP dibandingkan dengan standar mutu dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan dan Permen LHK No.14 Tahun 2020. Diagram alir tahap penelitian dapat ditemukan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

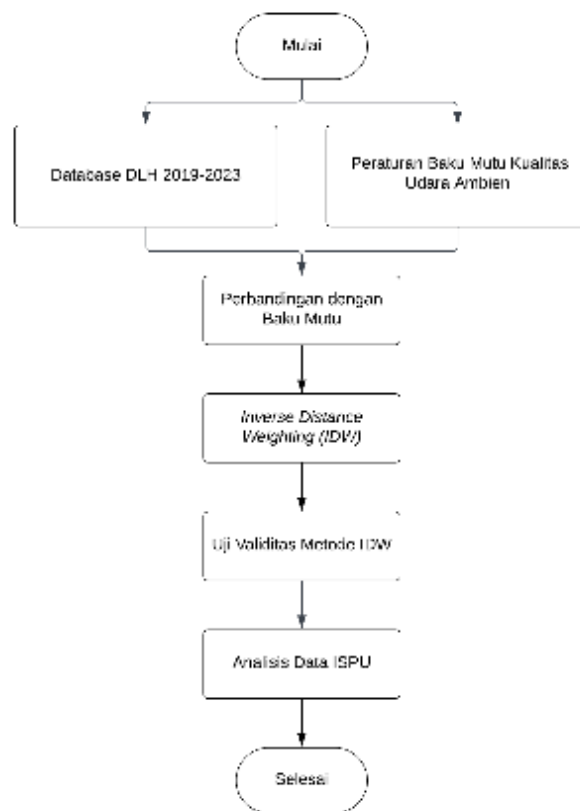
3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahapan yang sangat penting dalam penelitian ini karena data yang terkumpul akan menjadi landasan utama untuk penelitian. Data Sekunder yang diambil adalah laporan hasil uji pemantauan kualitas udara ambien yaitu konsentrasi NO_2 , SO_2 , CO dan TSP dengan titik koordinat lokasi pemantauan kualitas udara ambien tahun 2019-2023 yang diperoleh melalui pemantauan Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul. Adapun data spasial yang digunakan diambil dari Badan Informasi Geospasial yaitu peta administrasi wilayah Kawasan Kabupaten Gunungkidul dengan skala 1:150.000. Berikut langkah-langkah dalam pengumpulan data :

1. Pencarian data parameter kualitas udara ambien di daerah Kabupaten Gunungkidul dengan mengajukan permintaan data ke Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Gunungkidul.
2. Pencarian data terkait titik lokasi sampling kualitas udara di daerah Kabupaten Gunungkidul dengan mengajukan permintaan data ke DLH Kabupaten Gunungkidul.
3. Memasukkan data lokasi titik sampling dan konsentrasi kualitas udara ambien menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

3.4 Analisis Data

Berikut dapat dilihat pada Gambar 3.3 yang digunakan sebagai acuan diagram alir tahapan analisa data yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Analisa Data

3.4.1 Perbandingan dengan Baku Mutu

Data dikumpulkan dari sumber sekunder, kemudian dilakukan pengolahan data secara time series atau pengukuran data dari tahun ke tahun yaitu pada sebelum (tahun 2019), saat (tahun 2020-2022), dan setelah (tahun 2023) pandemi COVID-19. Metode analisis data ini menggunakan analisis deskriptif untuk mengetahui pola persebaran kualitas udara di kabupaten gunungkidul. Analisis data ini dilakukan dengan cara :

1. Membandingkan konsentrasi kualitas udara ambien pada setiap titik sampling terhadap Baku Mutu Kualitas Udara Ambien yang berlaku pada tahun tersebut. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara berlaku pada tahun 2019 hingga 2020, Sedangkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup berlaku pada tahun 2021 hingga 2023.
2. Setelah itu divisualisasikan melalui grafik dan dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara ambien.

3.4.2 Analisis Data Udara Ambien dengan IDW

Setelah melakukan analisis data secara temporal, kemudian untuk mempermudah visualisasi olahan data maka dilakukan pengolahan data secara spasial. Dalam melakukan analisis data tersebut, Perangkat Lunak (Software) yang digunakan dalam penelitian yaitu QGIS 3.26.3. Alat tersebut digunakan dalam pengolahan data interpolasi dengan menggunakan metode IDW. Pengoperasian metode IDW di software QGIS 3.26.3 terdapat pengaturan berupa Distance Coefficient P untuk menentukan radius interpolasi dan menurut Peter M di buku The SAGE Handbook of Spatial Analysis, Nilai Distance Coefficient P yang biasa digunakan = 2. Proses yang dilakukan dalam menganalisa data kualitas udara ambien dengan metode IDW yaitu:

1. Memasukkan data spasial meliputi peta administrasi daerah kabupaten gunungkidul dan titik koordinat lokasi sampling beserta nilai

konsentrasi masing-masing parameter uji dengan menggunakan software QGIS 3.26.3.

2. Kemudian menentukan persebaran kualitas udara ambien daerah Kabupaten Gunungkidul dengan menggunakan metode interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW) yang terdapat pada software QGIS 3.26.3.
3. Setelah itu visualisasi persebaran polutan melalui peta persebaran kualitas udara di daerah Kabupaten Gunungkidul.

3.4.3 Uji Validitas Metode IDW

Berdasarkan penelitian sebelumnya belum terdapat penjelasan terkait keakuratan metode IDW maka dengan itu akan dilakukan Uji Validitas Metode IDW untuk memastikan keakuratan hasil interpolasi IDW nantinya dilakukan dengan perbandingan hasil interpolasi IDW dengan data aslinya, berikut merupakan penjelasan terkait uji validitas:

1. Titik Pemantauan 3 akan dihilangkan kemudian Titik Pemantauan 2 di interpolasi ke Titik Pemantauan 4, kemudian dapat dilihat warna yang dihasilkan dari hasil interpolasi metode IDW apakah sesuai dengan warna yang dihasilkan dari data konsentrasi aslinya.
2. Langkah diatas nantinya akan dilakukan hanya pada 1 tahun, yang memiliki nilai konsentrasi perbedaan yang signifikan dan parameter yang akan di uji coba yaitu SO_2 , NO_2 , CO dan TSP.

3.4.4 Analisis Data ISPU

Selain itu akan dilakukan juga pengukuran kualitas udara di kabupaten gunungkidul secara time series (2019-2023) dan spasial menggunakan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Pada metode analisis data ini menggunakan analisis deskriptif dan analisis spasial. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui persebaran kualitas udara ambien di daerah Kabupaten Gunungkidul dengan membandingkan setiap parameter yang diuji berdasarkan

baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Dalam menyajikan perbandingan setiap parameter dilakukan visualisasi melalui grafik tren setiap tahun dari tiga parameter pencemar. Untuk mengetahui dampak setiap parameter pencemar dikorelasikan dengan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sesuai dengan Permen LHK No.14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Berikut dirumuskan perhitungan ISPU berdasarkan Permen LHK No. 14 Tahun 2020.

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib$$

Keterangan:

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xb = Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xx = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Proses perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) bertujuan untuk menentukan kategori ISPU, yang memiliki dampak yang beragam terhadap lingkungan. Berikut merupakan tahapan proses perhitungan ISPU

1. Proses ini melibatkan penghitungan nilai ISPU berdasarkan data yang diperoleh dari basis data dan perhitungan ISPU hanya pada pengukuran sampel selama 24 jam.
2. Kemudian menetapkan hasil perhitungan ISPU sesuai dengan kategori yang telah ditetapkan sebelumnya.
3. Setelah itu, dampak yang ditimbulkan dapat ditentukan berdasarkan tingkat kualitas udara yang tercermin dari nilai ISPU yang telah dihitung.

4. Nilai ISPU ini dapat dijadikan sebagai panduan bagi masyarakat dalam mengevaluasi kualitas udara ambien di sekitar lokasi tertentu.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Lokasi Penelitian

Lokasi pemantauan kualitas udara dalam laporan kinerja Dinas Lingkungan Hidup ditentukan berdasarkan area pemukiman, industri, perkantoran, transportasi, dan komersial. Ini menunjukkan bahwa penempatan titik pemantauan didasarkan pada zonasi yang mencakup berbagai jenis aktivitas manusia yang dapat mempengaruhi kualitas udara.

Tabel 4. 1 Zonasi Pemantauan Lingkungan

Kode & Lokasi Pemantauan	Foto Lokasi	Keterangan
(TP-1) Pertigaan Sambipitu.		(Area Transportasi) Berada di persimpangan jalan yang menghubungkan ke jalan Nasional III yaitu jl. Sambipitu dengan jl. Jogja-Wonosari.
(TP-2) Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.		(Area Perkantoran) Berada di depan lapangan kantor bupati Kabupaten Gunungkidul dan merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Gunungkidul.

Kode & Lokasi Pemantauan	Foto Lokasi	Keterangan
TP-3 Depan Pasar Argosari.		(Area Komersial) Berada di pusat perbelanjaan Kecamatan Wonosari, Gunungkidul.
TP-4 Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.		(Area Pemukiman) Desa Mulo adalah sebuah pemukiman yang terletak di Kecamatan Wonosari.
TP-5 Dekat PT Supersonic Chemical Industry.		(Area Industri) PT Supersonic Chemical Industry adalah perusahaan yang bergerak sebagai produsen kalsium karbonat. Terletak di Desa Sambirejo, Seamnu, Gunungkidul

Kode & Lokasi Pemantauan	Foto Lokasi	Keterangan
TP-6 Dekat PT Sugih Alamanugroho.		(Area Industri) PT Sugih Alamanugroho adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batugamping. Terletak di Desa Bedoyo, Ponjong, Gunungkidul.
TP-7 Perempatan Karangmojo.		(Area Transportasi) Jalan tersebut menjadi rute utama dari terminal baru Semin menuju jalan Nasional III.
TP-8 Depan Pasar Semin, Gunungkidul.		(Area Komersial) Berada di pusat perbelanjaan Kecamatan Semin, Gunungkidul.

4.2 Dampak COVID-19 Terhadap Perubahan Konsentrasi Kualitas Udara

Kegiatan masyarakat memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara. Contohnya, penggunaan kendaraan bermotor secara masif oleh masyarakat dapat meningkatkan emisi polutan yang pada akhirnya menurunkan kualitas udara. Selain itu, aktivitas industri dan pembakaran sampah oleh masyarakat juga dapat melepaskan berbagai zat berbahaya ke atmosfer, memperburuk kualitas udara di sekitarnya. Namun, dengan adanya sebaran COVID-19, banyak aktivitas masyarakat yang berkurang, seperti mobilitas kendaraan dan operasional industri, yang justru berdampak positif pada penurunan polusi udara di banyak kota.

Pemerintah sehingga menerbitkan beberapa peraturan untuk menanggulangi persebaran virus COVID-19 yaitu Pembatasan Sosial Berskala Besar dalam Rangka Percepatan Penanganan Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) dalam peraturan tersebut dijelaskan untuk mencegah penyebaran COVID-19 dengan meliburkan sekolah dan tempat kerja, pembatasan kegiatan keagamaan, dan atau pembatasan kegiatan di tempat atau fasilitas umum (berlaku pada 31 Maret 2020).

Kemudian diterbitkan kembali Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat Level 4, Level 3, dan Level 2 Corona Virus Disease 2019 di Wilayah Jawa dan Bali dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa Daerah Istimewa Yogyakarta, termasuk Kabupaten Gunungkidul, termasuk dalam kriteria wilayah level 4. Di level ini, kegiatan belajar mengajar dilaksanakan secara daring, sektor non-esensial menerapkan 100% *Work From Home* (WFH), dan sektor esensial menerapkan WFH untuk beberapa bagian (berlaku pada 3 Juli – 25 Juli 2021).

Kemudian terbit lagi Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat Level 3, Level 2, dan Level 1 Corona Virus Disease 2019 di Wilayah Jawa dan Bali, Namun, dalam peraturan tersebut, Daerah Istimewa Yogyakarta ditempatkan pada kriteria level 2, di mana kegiatan belajar mengajar dilakukan dengan tatap muka terbatas serta secara daring. Untuk sektor non-esensial, diterapkan kebijakan 50% *Work From Office* (WFO), sementara sektor esensial memiliki berbagai kebijakan yang berbeda (berlaku pada 31 Januari 2022).

4.3 Analisa Nilai Konsentrasi SO₂, NO₂, CO, dan TSP di Kabupaten Gunungkidul Terhadap Baku Mutu

Data pemantauan Kualitas Udara Ambien tahun 2019-2023 yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul dianalisis berdasarkan masing-masing tahun dan dibandingkan dengan standar baku mutu yang berlaku.

Tabel 4. 2 Perbedaan antara Standar Baku Mutu yang lama dan yang baru

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu PP No 41 Tahun 1999	Baku Mutu PP No 22 Tahun 2021
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	900 µg/m ³	150 µg/m ³
		24 jam	365 µg/m ³	75 µg/m ³
		1 tahun	60 µg/m ³	45 µg/m ³
2.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	400 µg/m ³	200 µg/m ³
		24 jam	150 µg/m ³	65 µg/m ³
		1 tahun	100 µg/m ³	50 µg/m ³
3.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	30000 µg/m ³	10000 µg/m ³
		8 jam	10000 µg/m ³	4000 µg/m ³
4.	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	230 µg/m ³

*Sumber : Lampiran VII – Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan Lampiran VII – Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Pada periode 2019 – 2020, masih digunakan standar baku mutu yang lama sesuai PP No 41 Tahun 1999, sedangkan pada 2021 – 2023 telah beralih ke standar baku mutu yang baru berdasarkan PP No 22 Tahun 2021. Pengukuran sampel uji untuk parameter SO₂ dan NO₂ pada tahun 2019 dilakukan dengan pengambilan sampel selama 1 jam, sementara dari tahun 2020 hingga 2023 pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam. Pengukuran sampel uji untuk parameter CO pada tahun 2019 dilakukan dengan waktu pengambilan sampel selama 1 jam, sedangkan dari tahun 2020 hingga 2023, pengukuran dilakukan dengan pengambilan sampel selama 8 jam. Sementara itu, untuk parameter TSP, pengambilan sampel uji

dilakukan selama 24 jam dari tahun 2019 hingga 2023. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan penggunaan baku mutu berdasarkan parameter dan periode tahun pengukuran sampel :

Tabel 4. 3 Penerapan Baku Mutu berdasarkan Parameter dan Periode Tahun Pengukuran Sampel

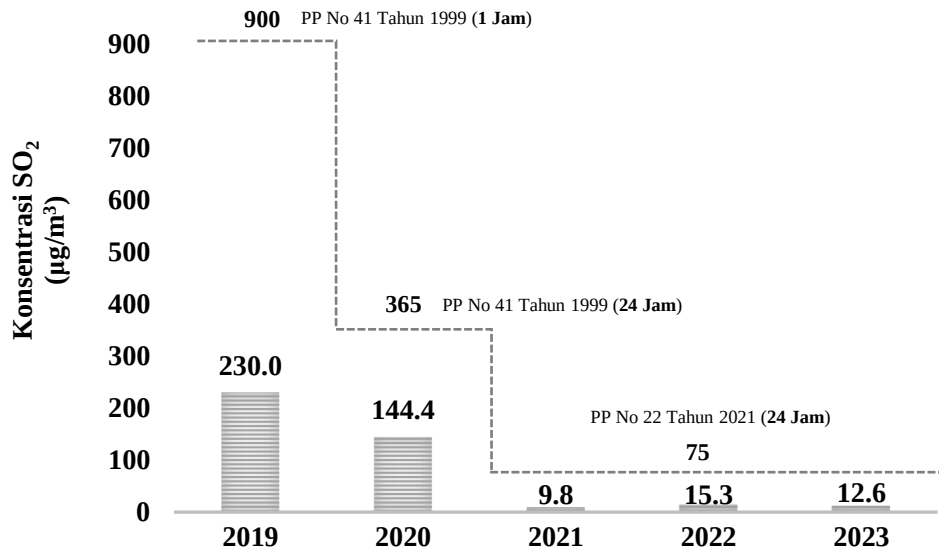
Parameter	PP No 41 Tahun 1999			PP No 22 Tahun 2021		
	1 Jam	8 Jam	24 Jam	1 Jam	8 Jam	24 Jam
Sulfur Dioksida (SO₂)						
- Tahun 2019	✓					
- Tahun 2020		✓				
- Tahun 2021						✓
- Tahun 2022						✓
- Tahun 2023						✓
Nitrogen Dioksida (NO₂)						
- Tahun 2019	✓					
- Tahun 2020		✓				
- Tahun 2021						✓
- Tahun 2022						✓
- Tahun 2023						✓
Karbon Monoksida (CO)						
- Tahun 2019	✓					
- Tahun 2020		✓				
- Tahun 2021						✓
- Tahun 2022						✓
- Tahun 2023						✓

Parameter	PP No 41 Tahun 1999			PP No 22 Tahun 2021		
	1 Jam	8 Jam	24 Jam	1 Jam	8 Jam	24 Jam
Total Suspended Partikula (TSP)						
- Tahun 2019			✓			
- Tahun 2020			✓			
- Tahun 2021						✓
- Tahun 2022						✓
- Tahun 2023						✓

4.3.1 Nilai SO₂ Terhadap Baku Mutu

Sulfur dioksida (SO₂) berasal dari sumber alami dan buatan. Sumber alami meliputi letusan gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroorganisme, dan proses biologis pengurangan sulfat. Sedangkan sumber buatan SO₂ termasuk pembakaran bahan bakar minyak, gas, dan batu bara yang mengandung sulfur tinggi (Slamet, 2009).

Rata-rata konsentrasi SO₂ pada Gambar 4.1 menunjukkan nilai tertinggi pada tahun 2019 dengan nilai 230 µg/m³ sedangkan sampai tahun 2023 rata-rata konsentrasi SO₂ terus menurun hingga mencapai 12.6 µg/m³.



Gambar 4. 1 Rata-Rata Konsentrasi SO₂

Pada hasil pemantauan SO₂ di tahun 2019 memiliki nilai minimum 143.96 µg/m³ dan maksimumnya 288.18 µg/m³. Hasil pemantauan SO₂ tahun 2020 memiliki nilai minimum 105.8 µg/m³ dan maksimumnya 166 µg/m³. Hasil pemantauan SO₂ tahun 2021 memiliki nilai minimum 7.5 µg/m³ dan maksimumnya 11.8 µg/m³. Hasil pemantauan SO₂ tahun 2022 memiliki nilai minimum 13.7 µg/m³ dan maksimumnya 16.4 µg/m³. Hasil Pemantauan SO₂ tahun 2023 memiliki nilai minimum 11 µg/m³ dan maksimumnya 15.3 µg/m³.

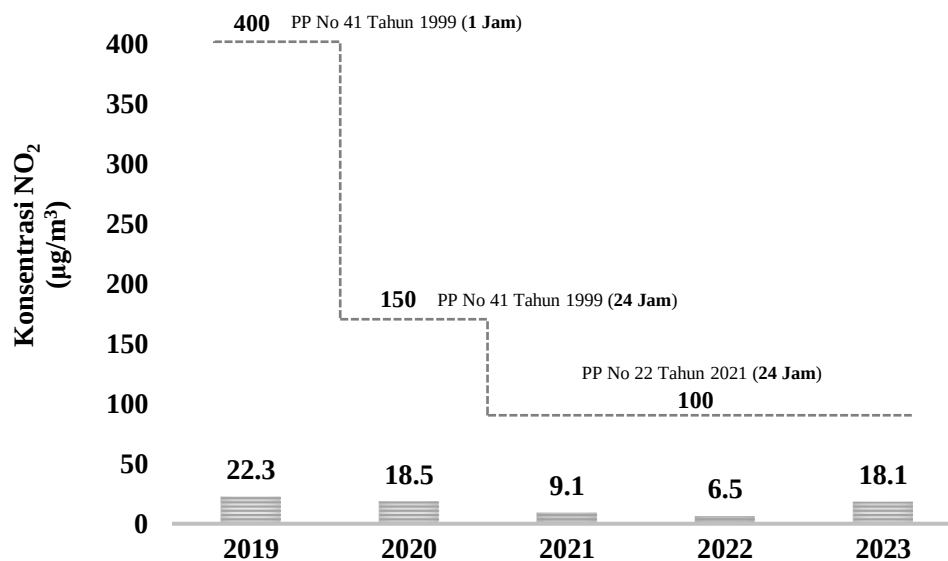
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa sebelum pandemi COVID -19 (tahun 2019), nilai konsentrasi SO₂ tidak melebihi nilai baku mutu standar yang berlaku pada tahun tersebut. Saat pandemi COVID -19 (tahun 2020-2022), konsentrasi SO₂ menurun di bawah standar baku mutu. Setelah pandemi COVID - 19 berakhir (tahun 2023), belum terlihat adanya peningkatan nilai konsentrasi SO₂ di wilayah Kabupaten Gunungkidul.

4.3.2 Nilai NO₂ Terhadap Baku Mutu

Nitrogen Dioksida (NO₂) dapat berasal dari aktivitas manusia yang berkontribusi besar terhadap pencemaran udara oleh gas ini. Sumber utama

pencemaran NO_x akibat aktivitas manusia adalah pembakaran pada suhu tinggi, karena pembentukan gas NO_x di atmosfer sangat dipengaruhi oleh temperatur (Teguh, 2003).

Rata-rata konsentrasi NO₂ pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai tertinggi pada tahun 2019 dengan nilai 22.3 µg/m³ sedangkan sampai tahun 2022 rata-rata konsentrasi NO₂ terus menurun hingga mencapai 6.5 µg/m³, namun kembali meningkat di tahun 2023 dengan nilai konsentrasi 18.1 µg/m³.



Gambar 4. 2 Rata-Rata Konsentrasi NO₂

Pada hasil pemantauan NO₂ di tahun 2019 memiliki nilai minimum 10.22 µg/m³ dan maksimumnya 62.03 µg/m³. Hasil pemantauan NO₂ di tahun 2020 memiliki nilai minimum 16.1 µg/m³ dan maksimumnya 20.8 µg/m³. Hasil pemantauan NO₂ di tahun 2021 memiliki nilai minimum 6.5 µg/m³ dan maksimumnya 11.6 µg/m³. Hasil pemantauan NO₂ di tahun 2022 memiliki nilai minimum 4.9 µg/m³ dan maksimumnya 7.5 µg/m³. Hasil pemantauan di tahun 2023 memiliki nilai minimum 14.2 µg/m³ dan maksimumnya 21.9 µg/m³.

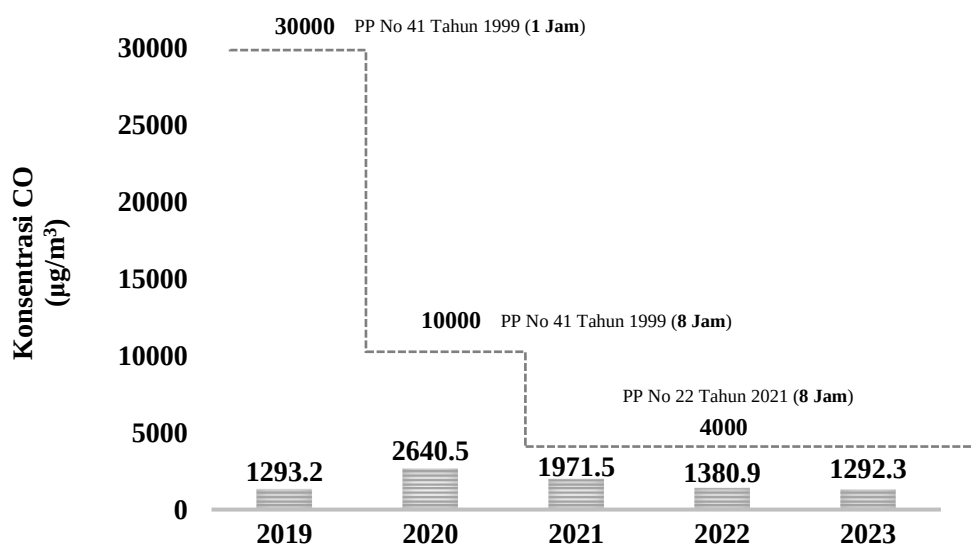
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa sebelum pandemi COVID-19 (tahun 2019), nilai konsentrasi NO₂ tidak melewati nilai baku mutu standar yang berlaku pada

tahun tersebut. Saat pandemi COVID -19 (tahun 2020-2022), konsentrasi NO₂ menurun di bawah standar baku mutu. Namun, setelah pandemi COVID -19 berakhir (tahun 2023), ada peningkatan nilai konsentrasi NO₂ di wilayah Kabupaten Gunungkidul, namun belum melewati ambang batas standar baku mutu.

4.3.3 Nilai CO Terhadap Baku Mutu

Gas Karbon Monoksida (CO) adalah produk dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, yang mengandung atom karbon, dan tidak berwarna serta tidak berbau. Mayoritas gas CO berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara dan merupakan gas buangan yang sangat berbahaya. Di kota-kota besar dengan lalu lintas padat, kadar CO dalam udara cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. Selain itu, CO juga bisa terbentuk dari proses industri dan secara alami, meskipun dalam jumlah yang relatif kecil, dari aktivitas seperti letusan gunung berapi, proses biologis, dan lainnya (Damara, dkk., 2017).

Rata-rata konsentrasi CO pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai tertinggi pada tahun 2020 dengan nilai 2640.5 µg/m³ sedangkan sampai tahun 2023 rata-rata konsentrasi CO terus menurun hingga mencapai 1292.3 µg/m³.



Gambar 4. 3 Rata-rata Konsentrasi CO

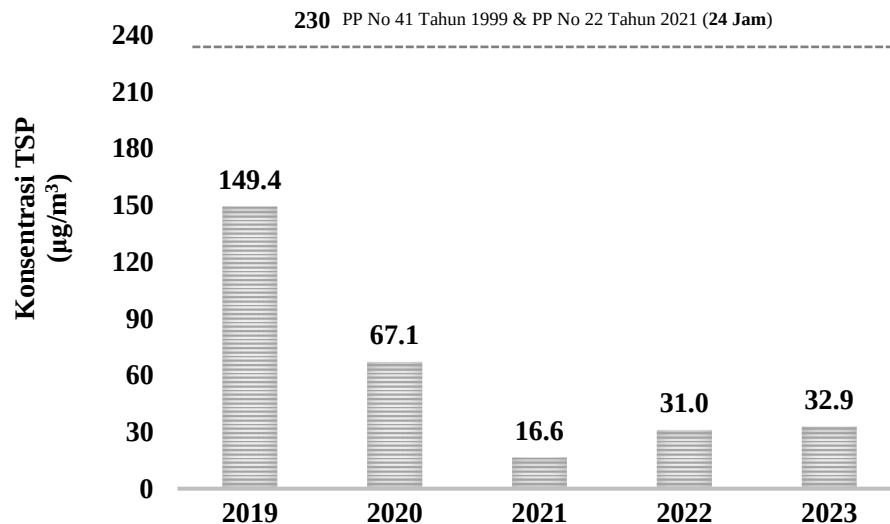
Pada hasil pemantauan CO di tahun 2019 memiliki nilai minimum $680 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya $2112 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan CO tahun 2020 memiliki nilai minimum $2137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya $3028 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan CO tahun 2021 memiliki nilai minimum $1680 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya $2411 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan CO tahun 2022 memiliki nilai minimum $1189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya $1632 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil Pemantauan CO tahun 2023 memiliki nilai minimum $1056 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya $1536 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa sebelum pandemi COVID -19 (tahun 2019), nilai konsentrasi CO lebih rendah dibandingkan nilai konsentrasi CO di tahun 2020 dan konsentrasi masih jauh dari standar baku mutu. Saat pandemi COVID -19 (tahun 2020-2022), konsentrasi CO menurun dari tahun ke tahun di bawah standar baku mutu. Setelah pandemi COVID -19 berakhir (tahun 2023), belum terlihat adanya peningkatan nilai konsentrasi CO di wilayah Kabupaten Gunungkidul.

4.3.4 Nilai TSP Terhadap Baku Mutu

Sumber TSP dapat berasal dari kejadian alami maupun aktivitas manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh kejadian alami umumnya berasal dari debu yang terbawa oleh angin atau abu yang dilepaskan saat gunung berapi meletus. Sementara itu, pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas manusia seringkali berkaitan dengan meningkatnya penggunaan kendaraan, yang terus bertambah setiap tahunnya. TSP akan tetap berada di atmosfer hingga akhirnya terlarut dalam air hujan. Partikel TSP memiliki diameter kurang dari $100 \mu\text{m}$, dan jika konsentrasinya di udara sangat tinggi serta terhirup oleh manusia, hal ini bisa menimbulkan risiko serius bagi kesehatan (Hanifah, 2023).

Rata-rata konsentrasi TSP pada Gambar 4.4 menunjukkan nilai tertinggi pada tahun 2019 dengan nilai $149.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan sampai tahun 2021 rata-rata konsentrasi TSP menurun hingga mencapai $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Kemudian terdapat peningkatan rata-rata konsentrasi TSP dari tahun 2022 hingga 2023, dengan konsentrasi mencapai $32,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 4. 4 Rata-Rata Konsentrasi TSP

Pada hasil pemantauan TSP di tahun 2019 memiliki nilai minimum 73.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya 209.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan TSP tahun 2020 memiliki nilai minimum 13.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya 92.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan TSP tahun 2021 memiliki nilai minimum 16.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya 17.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pemantauan TSP tahun 2022 memiliki nilai minimum 27.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya 35.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil Pemantauan TSP tahun 2023 memiliki nilai minimum 32.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimumnya 35.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa sebelum pandemi COVID-19 (tahun 2019), nilai konsentrasi TSP cukup tinggi, mendekati ambang batas standar baku mutu. Saat pandemi COVID-19 (tahun 2020-2022), Konsentrasi TSP menunjukkan penurunan dari tahun ke tahun dan tetap berada di bawah ambang batas standar baku mutu, meskipun ada peningkatan konsentrasi TSP pada tahun 2022. Setelah pandemi COVID-19 berakhir (tahun 2023), ada peningkatan nilai konsentrasi TSP di wilayah Kabupaten Gunungkidul, namun belum melewati ambang batas standar baku mutu.

4.3.5 Faktor Pengaruh Nilai Konsentrasi

(a) Pembatasan Kegiatan Masyarakat

Terjadinya penurunan konsentrasi SO_2 , NO_2 , CO dan TSP pada tahun 2020-2022 disebabkan karena adanya suatu upaya dari pemerintah untuk mencegah penyebaran virus COVID-19 membatasi aktivitas masyarakat, sehingga kegiatan di luar rumah menjadi sangat terbatas.

(b) Perbedaan Curah Hujan

Efisiensi hujan dalam mengurangi SO_2 , NO_2 dan TSP meningkat seiring dengan intensitas dan durasi hujan. Pengurangan yang signifikan terjadi saat curah hujan harian melebihi 30 mm (Tang, Tang, & Hu, 2018).

Tabel 4. 4 Data Curah Hujan Kabupaten Gunungkidul (2019-2023)

Bulan	Curah Hujan (mm)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	505	277	352	199	211
Februari	200	336	276	188	566
Maret	527	422	245	403	288
April	164	334	236	243	169
Mei	36	80	60	218	98
Juni		8	209	132	1
Juli		2	8	35	28
Agustus		24	33	53	7
September		12	133	26	
Oktober		191	145	371	
November	131	329	344	659	31
Desember	274	312	409	369	117
Total	1.837	2.327	2.457	2.898	1.818

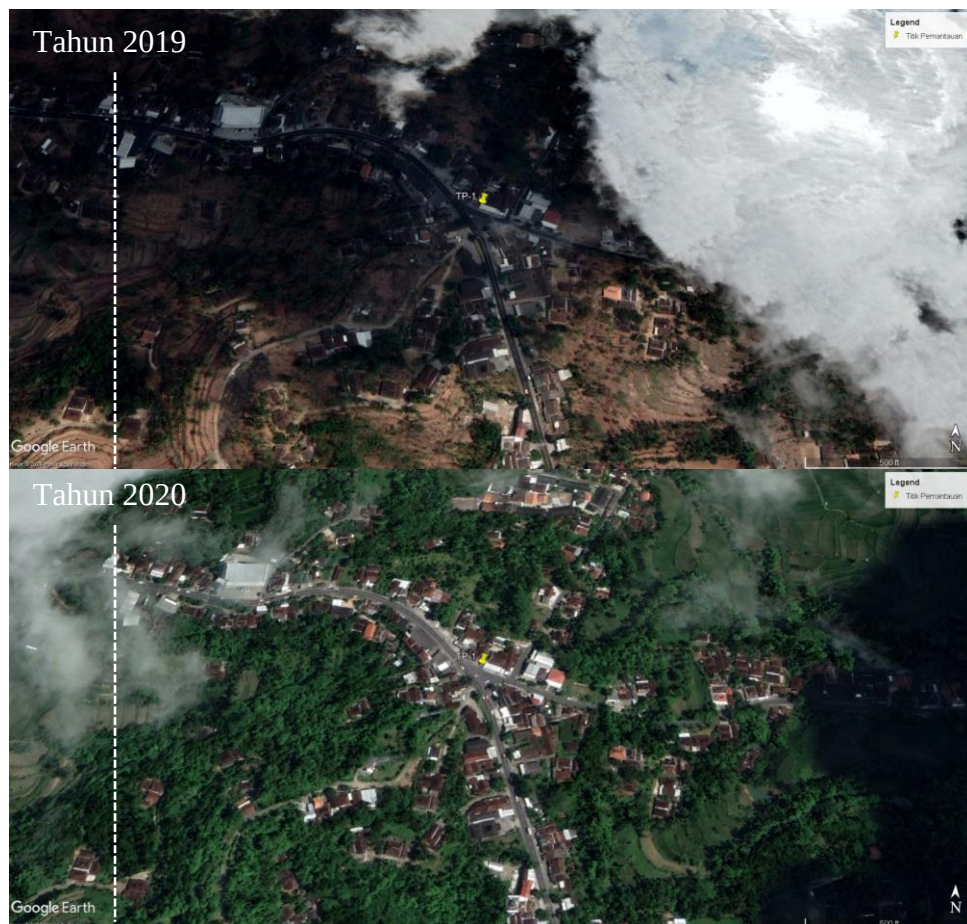
Sumber : Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika D.I. Yogyakarta

Pengambilan sampel Udara Ambien tahun 2019 dilakukan pada bulan Mei dengan curah hujan sebesar 36 mm, tahun 2020 dilakukan pada bulan Juli dengan curah hujan sebesar 2 mm, tahun 2021 dilakukan pada bulan April dengan curah hujan sebesar 236 mm, tahun 2022 dilakukan pada bulan

April dengan curah hujan sebesar 243 mm, tahun 2023 dilakukan pada bulan April dengan curah hujan sebesar 169 mm.

(c) Pemulihan Ekosistem Alami

Pada tahun 2019 wilayah Kabupaten Gunungkidul telah memiliki pepohonan, meskipun jumlahnya belum sebanyak tahun 2023. Hal ini dapat mempengaruhi nilai konsentrasi sehingga nilai konsentrasi pada tahun 2023 tidak setinggi tahun 2019. Berikut adalah representasi lokasi dari salah satu titik pengambilan sampel udara ambien :





Gambar 4. 5 Pertumbuhan Pepohonan dan Bangunan Melalui Citra Satelit (Lokasi TP-1)

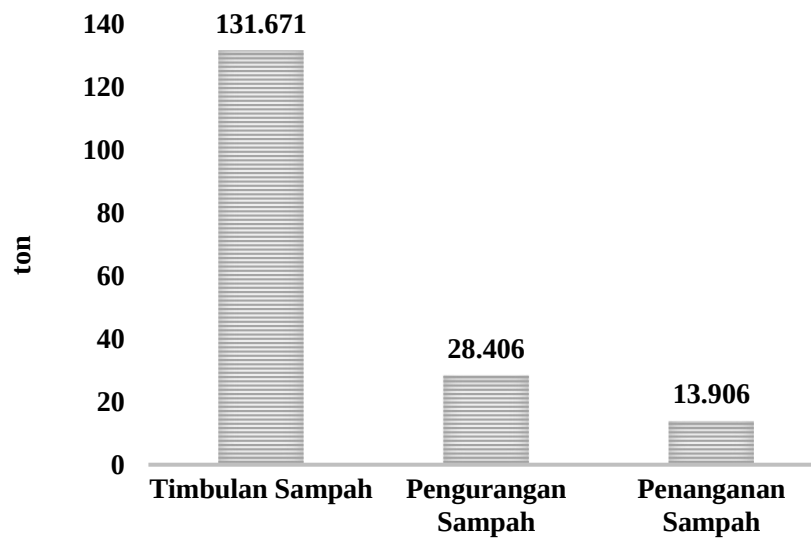
Sumber : Google Earth Pro, 2019-2023

Artikel dari website Dinas Lingkungan Hidup tahun 2019 memberitakan bahwa beragam jenis pohon peneduh sengaja ditanam untuk membantu mengatasi masalah polusi udara. Pepohonan secara efektif meningkatkan kualitas udara dengan menyerap gas rumah kaca dan partikel, menurunkan suhu di kawasan perkotaan, serta mengurangi frekuensi cuaca ekstrem melalui peran alamnya (Xiaoyi, dkk., 2023).

(d) Pembakaran Sampah

Menurut laporan dari Kompas.com, aktivitas pembakaran sampah di Yogyakarta mengalami peningkatan, yang menyebabkan penurunan kualitas udara di kota tersebut. Intan menjelaskan bahwa pembatasan di TPA Piyungan membuat banyak warga memilih membakar sampah, sehingga berdampak buruk pada kualitas udara. Kondisi ini diperparah oleh musim kemarau yang masih berlangsung sejak Juli hingga Agustus. Situasi ini juga memungkinkan warga di Kabupaten Gunungkidul untuk melakukan pembakaran sampah, yang berpotensi memperburuk kualitas udara di daerah tersebut.

Peningkatan jumlah penduduk yang tidak merata setiap tahun dapat menimbulkan tekanan terhadap masalah persampahan, karena jumlah penduduk dan volume sampah cenderung meningkat seiring waktu.



Gambar 4. 6 Jumlah Timbulan Sampah di Kabupaten Gunungkidul
Tahun 2019

Sumber : Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)

Sampah di Kabupaten Gunungkidul masih banyak yang belum dikelola dengan optimal. Berdasarkan data dari SIPSN, pengurangan sampah melalui pemanfaatan kembali dan daur ulang masih menunjukkan persentase yang tinggi dari total timbulan sampah. Sementara itu, penanganan sampah masih jauh dari optimal, terutama jika dibandingkan dengan jumlah timbulan sampah. Penanganan dilakukan dengan mengangkut residu ke TPA untuk penimbunan, namun praktik ini tidak cukup untuk mengatasi seluruh sampah yang dihasilkan. Kondisi ini mendorong beberapa pihak di wilayah tersebut membakar sampah secara mandiri, yang dapat menyebabkan pelepasan polutan udara seperti TSP. Pembakaran sampah terbuka secara signifikan menyumbang terhadap pencemaran udara, terutama melalui pelepasan partikel halus, yang berdampak negatif pada kualitas udara di wilayah perkotaan (Tadesse, 2020). TSP memiliki waktu tinggal yang singkat di atmosfer, sehingga dapat menyebabkan efek kesehatan yang negatif dan dampak lingkungan

melalui proses pengendapan, berbeda dengan gas yang lebih mudah menyebar dan bereaksi (Yen-Yi, B, dkk., 2022).

(e) Kelayakan Kendaraan Bermotor

Uji KIR adalah serangkaian kegiatan menguji dan/atau memeriksa bagian atau komponen kendaraan bermotor dalam rangka pemenuhan terhadap persyaratan teknis dan layak jalan.

Tabel 4. 5 Jumlah Angkutan Umum Lulus Uji KIR di Kabupaten Gunungkidul

Daerah	2019	2020
Gunungkidul	1103	709

Sumber : Dinas Perhubungan Kabupaten/Kota, 2021

Meningkatnya kadar CO pada tahun 2020 bisa disebabkan karena ada penurunan jumlah kelayakan pada kendaraan yang di uji . Kendaraan yang memiliki kontrol emisi yang tidak berfungsi dapat mengeluarkan tingkat CO antara 0,5% hingga 15% dari volume, yang secara signifikan melebihi batas yang diterima yaitu 0,2% untuk kendaraan yang diatur dengan baik (Dan & Rick, 2002).

4.4 Pola Persebaran Konsentrasi SO₂, NO₂, CO, dan TSP di Kabupaten Gunungkidul Menggunakan Metode IDW

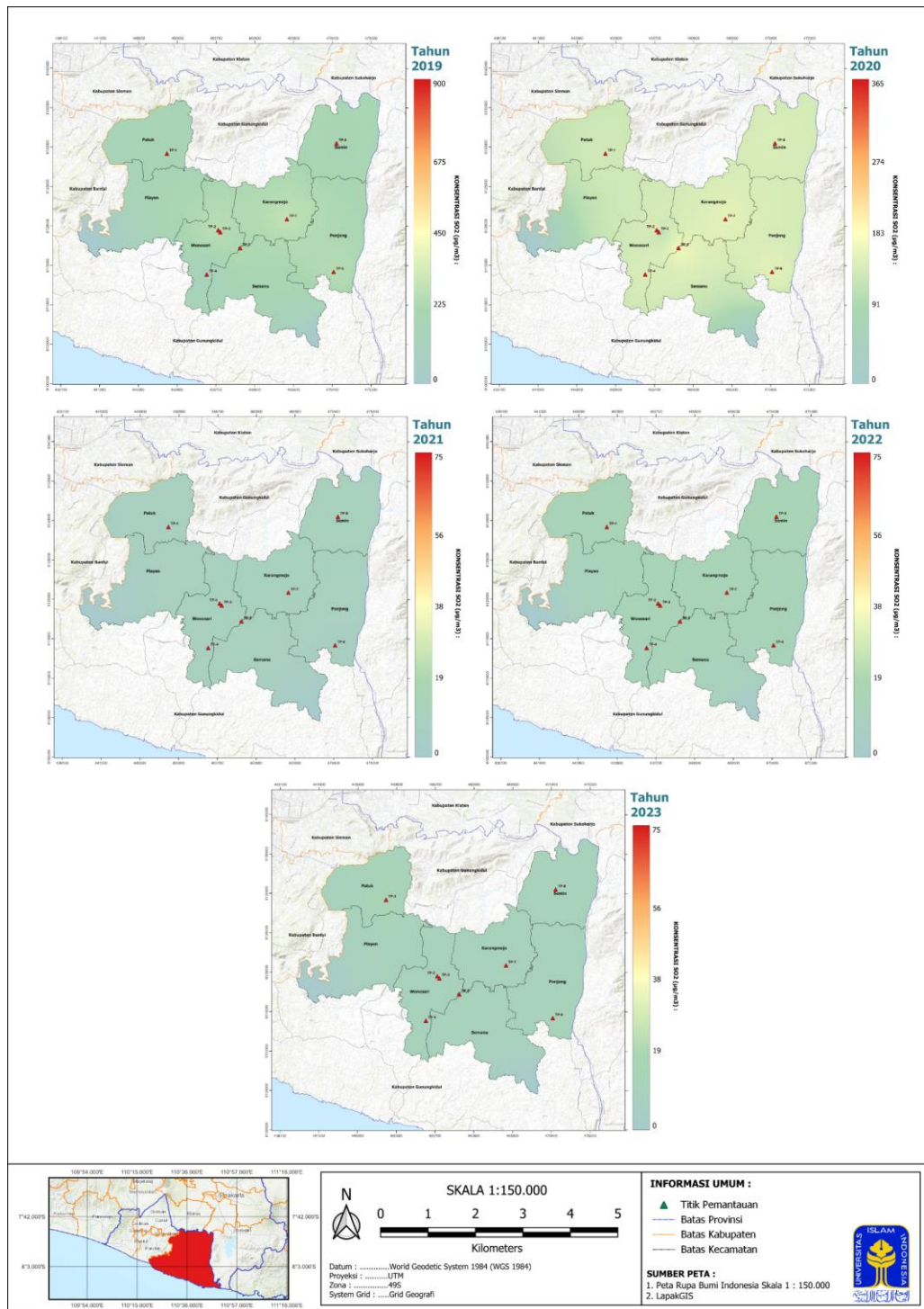
Pola Persebaran yang dihasilkan adalah representasi visual dari pola distribusi polutan di suatu area, yang dibuat menggunakan teknik interpolasi. Dalam proses pemodelan, ketika tidak semua titik di area yang diamati diukur, interpolasi dapat digunakan untuk memprediksi data di wilayah yang tidak terukur (Faza, dkk., 2019).

Terdapat 8 Titik Pemantauan Kualitas Udara Ambien yang tersebar di Kabupten Gunungkidul yaitu Kapanewon Patuk (1 titik area transportasi), Wonosari (1 titik area perkantoran, 1 titik area komersial, dan 1 titik area pemukiman), Karangmojo (1 titik area transportasi), Semanu (1 titik area industri),

Semin (1 titik area komersial), dan Ponjong (1 titik area industri). Jumlah titik pemantauan terdiri dari 8 lokasi, dengan distribusi sebagai berikut: 2 titik di area transportasi, 1 titik di area pemukiman, 1 titik di area perkantoran, 2 titik di area industri, dan 2 titik di area komersial.

4.4.1 Pola Persebaran Parameter SO₂

Berikut adalah Gambar 4.5 yang menggambarkan pola persebaran konsentrasi SO₂.



Gambar 4. 7 Pola Persebaran Paramater Sulfur Dioksida (SO₂)

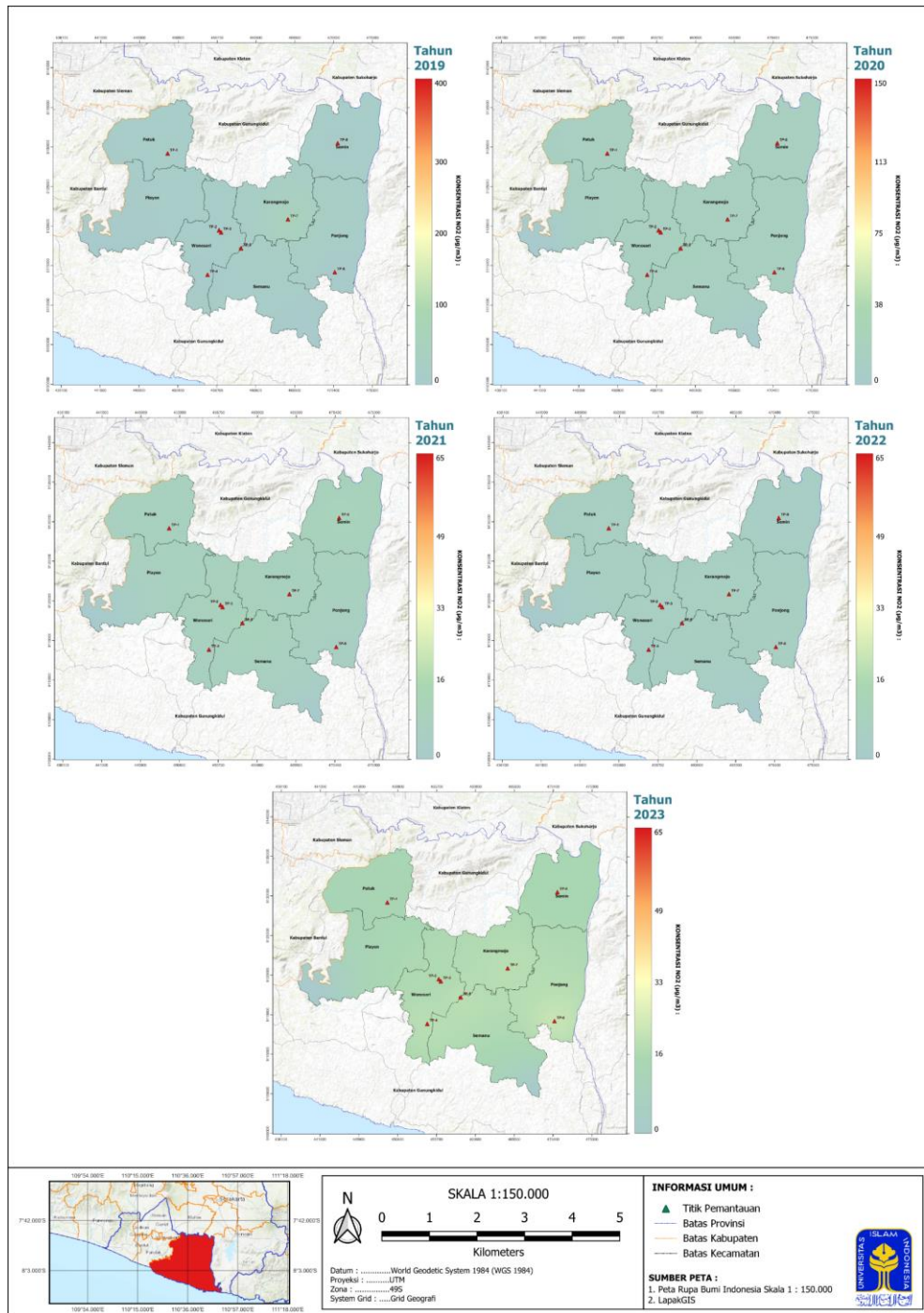
Pola persebaran SO₂ pada tahun 2019 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area perkantoran (TP-2) dan area transportasi (TP-7), yang

digambarkan dengan warna hijau ke kuningan. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau. Pola persebaran SO_2 pada tahun 2020 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area industri (TP-5 dan TP-6), area perkantoran (TP-2) dan area transportasi (TP-7), yang digambarkan dengan warna kuning. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau ke kuningan. Pola persebaran SO_2 pada tahun 2021 menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru, namun untuk nilai konsentrasi tertinggi terdapat di area industri (TP-5) dan area komersial (TP-8). Pola persebaran SO_2 pada tahun 2022 menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru ke hijauan, namun untuk nilai konsentrasi tertinggi terdapat di area komersial (TP-3 dan TP-8). Pola persebaran SO_2 pada tahun 2023 menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru ke hijauan, namun untuk nilai konsentrasi tertinggi terdapat di area transportasi (TP-1).

Sekitar sepertiga dari sulfur yang ada di atmosfer berasal dari aktivitas manusia, sebagian besar dalam bentuk SO_2 . Dua pertiga dari sulfur yang dihasilkan oleh aktivitas manusia juga sebagian besar dalam bentuk SO_2 . Sementara itu, sepertiga lainnya berasal dari sumber alami seperti gunung berapi dan biasanya dalam bentuk H_2S serta oksida. Pencemaran yang berasal dari sumber alami cenderung lebih merata tersebar. Namun, pembakaran bahan bakar seperti arang, minyak bakar, gas, dan kayu merupakan sumber utama pencemaran SO_x . Sumber SO_x lainnya adalah dari proses industri, seperti pemurnian minyak bumi, industri asam sulfat, dan industri peleburan baja (Joko & Kunjung, 2008). Kendaraan bermotor adalah salah satu sumber utama pencemaran udara di kawasan perkotaan. Salah satu polutan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan adalah sulfur dioksida (Alisain, dkk., 2024).

4.4.2 Pola Persebaran Parameter NO_2

Berikut adalah Gambar 4.6 yang menggambarkan pola persebaran konsentrasi NO_2 .



Gambar 4. 8 Pola Persebaran Paramater Sulfur Dioksida (NO_2)

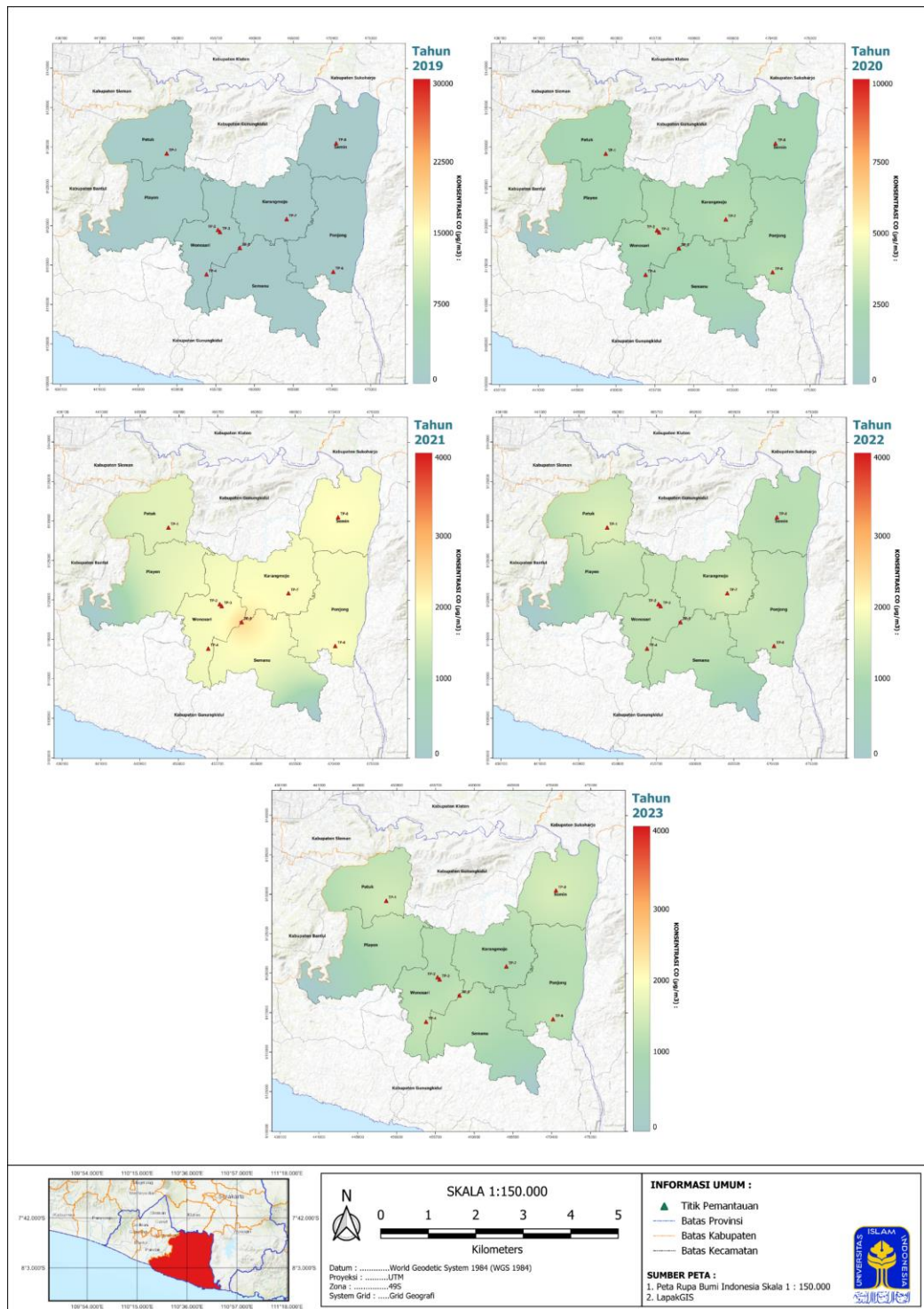
Pola persebaran NO_2 pada tahun 2019 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru, namun untuk nilai

tertinggi terdapat di area transportasi (TP-7). Pola persebaran NO_2 pada tahun 2020 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area industri (TP-5). Pola persebaran NO_2 pada tahun 2021 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru kehijauan, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area industri (TP-5). Pola persebaran NO_2 pada tahun 2022 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_2 di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru kehijauan, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area transportasi (TP-7). Pola persebaran NO_2 pada tahun 2023 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_2 tertinggi terdapat di area industri (TP-6), yang digambarkan dengan warna hijau ke kuningan. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna kuning ke hijauan.

Nitrogen oksida adalah salah satu gas yang terdapat di sekitar kita. Senyawa ini merupakan hasil dari reaksi antara oksigen dan nitrogen yang terjadi akibat pembakaran pada suhu tinggi, baik dalam pembakaran bahan bakar pada kendaraan maupun dalam proses industri (Evita, 2022).

4.4.3 Pola Persebaran Parameter CO

Berikut adalah Gambar 4.7 yang menggambarkan pola persebaran konsentrasi CO.



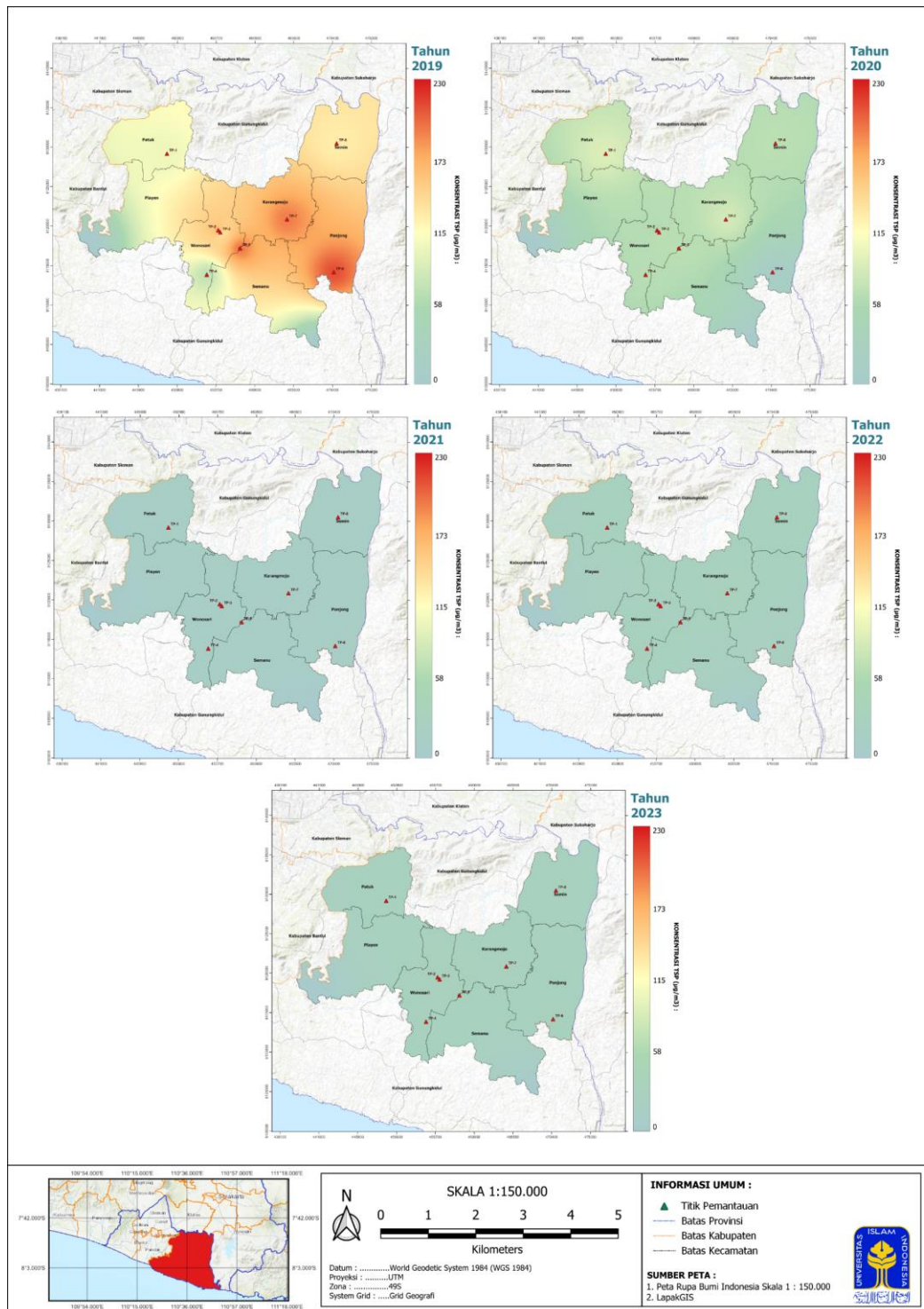
Gambar 4. 9 Pola Persebaran Paramater Karbon Monoksida (CO)

Pola persebaran CO pada tahun 2019 menunjukkan bahwa konsentrasi CO di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area komersial (TP-3), area perkantoran (TP-2) dan area transportasi (TP-1). Pola persebaran CO pada tahun 2020 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area industri (TP-6), yang digambarkan dengan warna hijau ke kuningan. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau. Pola persebaran CO pada tahun 2021 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area industri (TP-5), yang digambarkan dengan warna oranye. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna kuning. Pola persebaran CO pada tahun 2022 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area transportasi (TP-1 dan TP-7), yang digambarkan dengan warna kuning ke hijauan. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau. Pola persebaran CO pada tahun 2023 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area komersial (TP-8) dan di area transportasi (TP-1), yang digambarkan dengan warna kuning ke hijauan. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau.

Sumber utama pencemaran karbon monoksida (CO) adalah transportasi, diikuti oleh pembakaran bahan bakar lainnya seperti batu bara dan minyak. Sekitar 60%–70% dari polusi udara di daerah perkotaan disebabkan oleh mobil yang menggunakan bensin (Kurniawan, 2019).

4.4.4 Pola Persebaran Parameter TSP

Berikut adalah Gambar 4.8 yang menggambarkan pola persebaran konsentrasi TSP.



Gambar 4. 10 Pola Persebaran Paramater Total Suspended Partikulat (TSP)

Pola persebaran TSP pada tahun 2019 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area industri (TP-6 dan TP-5) dan area transportasi (TP-7), yang digambarkan dengan warna oranye ke merah. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna kuning ke hijau. Pola persebaran TSP pada tahun 2020 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terdapat di area transportasi (TP-1 dan TP-7), yang digambarkan dengan warna kuning. Sementara itu, area lainnya sebagian besar berwarna hijau ke biru. Pola persebaran TSP pada tahun 2021 menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area transportasi (TP-3). Pola persebaran TSP pada tahun 2022 menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru ke hijau, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area transportasi (TP-7). Pola persebaran TSP pada tahun 2023 menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di semua lokasi rata-rata hampir sama dan berwarna biru ke hijau, namun untuk nilai tertinggi terdapat di area perkantoran (TP-2).

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikel udara kecil seperti debu dan asap dengan diameter kurang dari 100 μm . TSP dapat dipancarkan dari berbagai sumber, termasuk pembangkit listrik, kegiatan konstruksi, insinerasi, dan kendaraan (Satyanto, 2014).

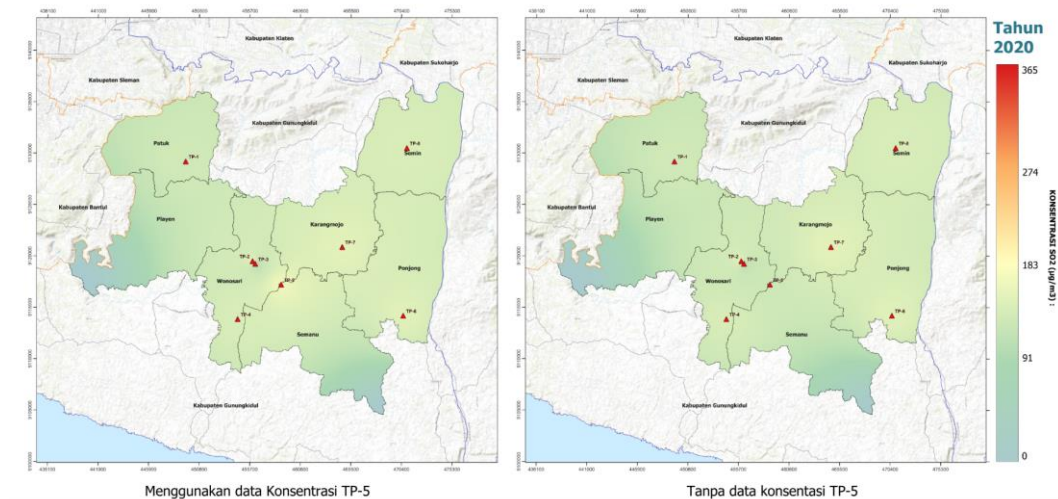
4.5 Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter SO_2 , NO_2 , CO, dan TSP

Uji Validitas Metode IDW dilakukan hanya untuk memastikan nilai yang terukur terdapat perubahan atau tidak dengan cara melihat warna yang ditampilkan dari hasil interpolasi IDW.

4.5.1 Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter SO_2

Hasil pola persebaran parameter SO_2 menggunakan metode IDW menunjukkan hasil yang memiliki perbedaan signifikan yaitu pada tahun 2020. TP-5 memiliki nilai konsentrasi SO_2 166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berwarna kuning, sedangkan TP-4 memiliki nilai konsentrasi SO_2 142.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berwarna hijau dan TP-7 memiliki nilai

konsentrasi SO₂ 153.6 µg/m³ berwarna hijau. Berikut adalah Gambar 4.9 hasil uji validitas metode IDW.

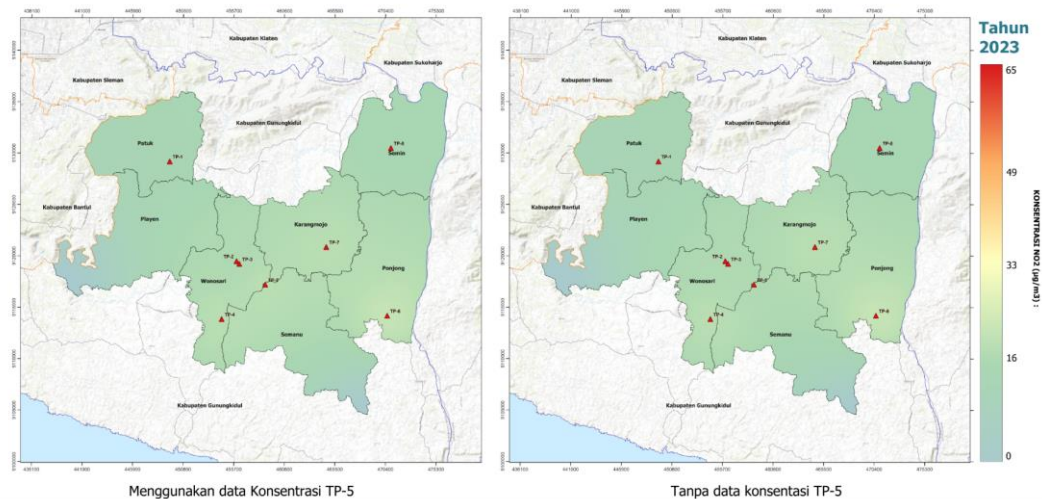


Gambar 4. 11 Uji Validitas Metode IDW Parameter SO₂

Uji validitas metode IDW untuk parameter SO_2 di TP-5 dilakukan dengan membandingkan menggunakan data dan tanpa data konsentrasi dari TP-5. Hasil uji validitas metode IDW menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 yang sebelumnya berwarna kuning berubah menjadi warna hijau. Hal ini di pengaruhi karena ada perbedaan nilai konsentrasi yang signifikan sehingga warna yang dihasilkan didominasi oleh nilai konsenteasi yang tidak jauh berbeda.

4.5.2 Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter NO₂

Hasil pola persebaran parameter NO₂ menggunakan metode IDW menunjukkan hasil yang memiliki perbedaan signifikan yaitu pada tahun 2023. TP-5 memiliki nilai konsentrasi NO₂ 19.7 µg/m³ berwarna hijau, sedangkan TP-4 memiliki nilai konsentrasi NO₂ 19.4 µg/m³ berwarna hijau dan TP-7 memiliki nilai konsentrasi NO₂ 19.3 µg/m³ berwarna hijau. Berikut adalah Gambar 4.10 hasil uji validitas metode IDW.

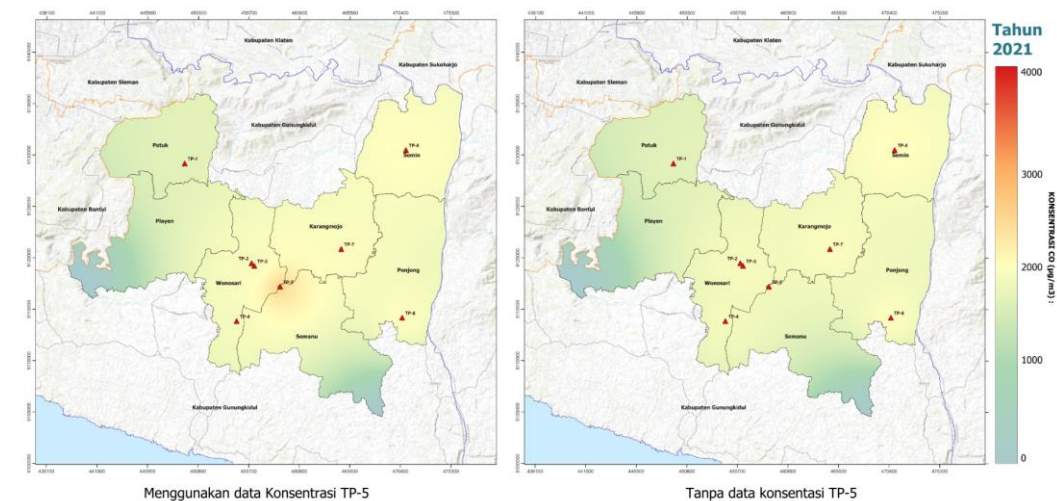


Gambar 4. 12 Uji Validitas Metode IDW Parameter NO₂

Uji validitas metode IDW untuk parameter NO₂ di TP-5 dilakukan dengan membandingkan menggunakan data dan tanpa data konsentrasi dari TP-5. Hasil uji validitas metode IDW tidak menunjukkan perubahan yang signifikan sehingga warna yang dihasilkan masih sama yaitu warna hijau. Hal ini dipengaruhi karena nilai konsentrasi dari tiap titik pemantauan tidak jauh berbeda.

4.5.3 Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter CO

Hasil pola persebaran parameter CO menggunakan metode IDW menunjukkan hasil yang memiliki perbedaan signifikan yaitu pada tahun 2021. TP-5 memiliki nilai konsentrasi CO 241 µg/m³ berwarna oranye, sedangkan TP-4 memiliki nilai konsentrasi CO 1892 µg/m³ berwarna kuning dan TP-7 memiliki nilai konsentrasi CO 1964 µg/m³ berwarna kuning. Berikut adalah Gambar 4.11 hasil uji validitas metode IDW.

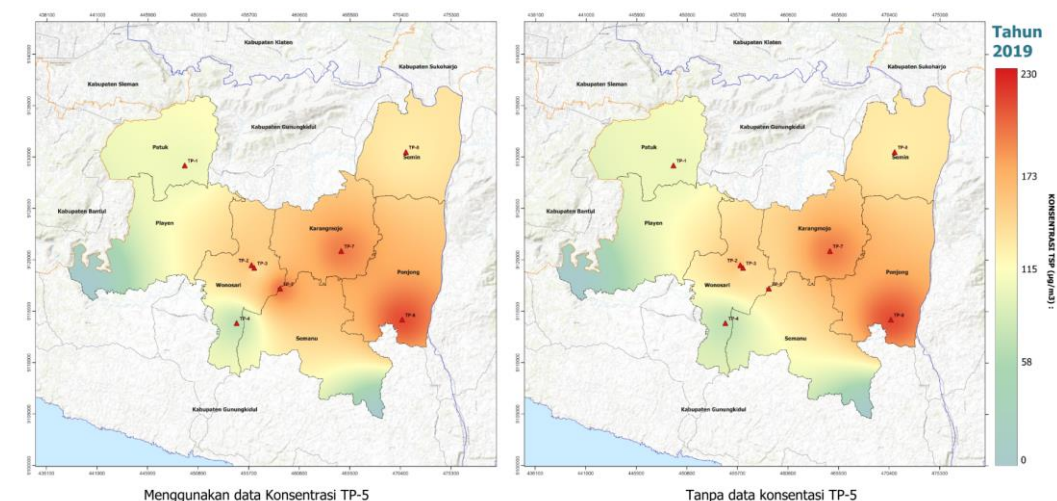


Gambar 4. 13 Uji Validitas Metode IDW Parameter CO

Uji validitas metode IDW untuk parameter CO di TP-5 dilakukan dengan membandingkan menggunakan data dan tanpa data konsentrasi dari TP-5. Hasil uji validitas metode IDW menunjukkan bahwa konsentrasi CO yang sebelumnya berwarna oranye berubah menjadi warna kuning. Hal ini di pengaruhi karena ada perbedaan nilai konsentrasi yang signifikan sehingga warna yang dihasilkan didominasi oleh nilai konsenteasi yang tidak jauh berbeda.

4.5.4 Hasil Uji Validitas Metode IDW Pada Parameter TSP

Hasil pola persebaran parameter TSP menggunakan metode IDW menunjukkan hasil yang memiliki perbedaan signifikan yaitu pada tahun 2019. TP-5 memiliki nilai konsentrasi TSP $192.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berwarna oranye ke merahan, sedangkan TP-4 memiliki nilai konsentrasi TSP $73.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berwarna hijau dan TP-7 memiliki nilai konsentrasi TSP $191.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berwarna oranye ke merahan. Berikut adalah Gambar 4.12 hasil uji validitas metode IDW.



Gambar 4. 14 Uji Validitas Metode IDW Parameter TSP

Uji validitas metode IDW untuk parameter TSP di TP-5 dilakukan dengan membandingkan menggunakan data dan tanpa data konsentrasi dari TP-5. Hasil uji validitas metode IDW menunjukkan bahwa konsentrasi TSP yang sebelumnya berwarna oranye kemerahan berubah menjadi warna oranye. Hal ini di pengaruhi karena ada perbedaan nilai konsentrasi yang signifikan sehingga warna yang dihasilkan didominasi oleh nilai konsenteasi yang tidak jauh berbeda.

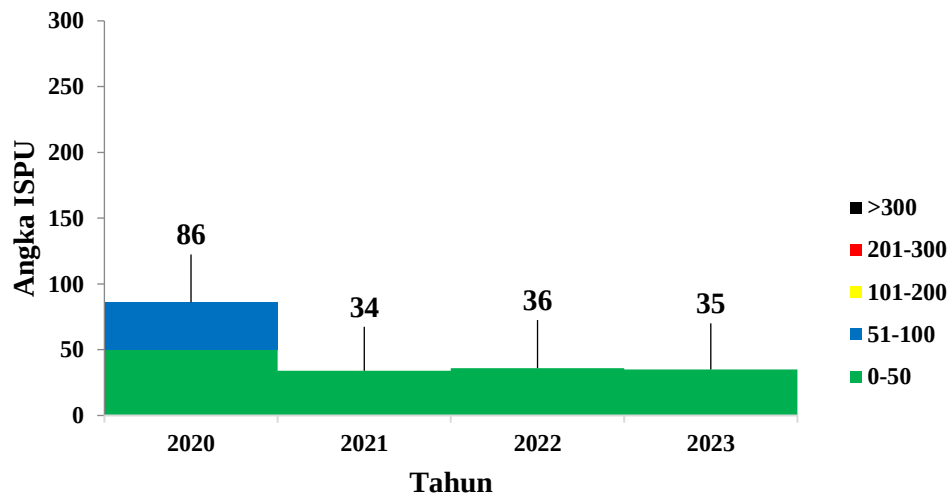
4.6 Nilai ISPU Terkait Konsentrasi SO_2 , NO_2 , CO , dan TSP di Kabupaten Gunungkidul

ISPU adalah angka tanpa satuan yang digunakan untuk menggambarkan kualitas udara ambien di suatu lokasi tertentu, dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap kesehatan manusia, estetika, dan makhluk hidup lainnya (Ihda & Galih, 2023).

4.6.1 Hasil Nilai ISPU Parameter SO_2

Pada tahun 2020, nilai ISPU untuk SO_2 turun ke rentang nilai 51-100, ditandai dengan warna biru dan dikategorikan sebagai Sedang. Sementara itu, dari tahun 2021 hingga 2023, nilai ISPU untuk SO_2 berada pada rentang nilai 0-50, ditandai

dengan warna hijau dan dikategorikan sebagai Baik. Berikut adalah Gambar 4.13 yang menunjukkan hasil perhitungan ISPU untuk parameter SO₂ di Kabupaten Gunungkidul.

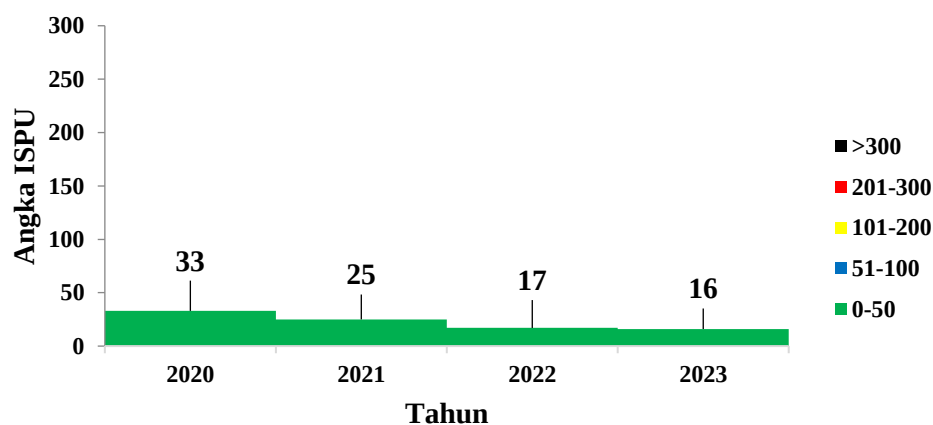


Gambar 4. 15 Nilai ISPU Parameter SO₂ di Kabupaten Gunungkidul

Paparan SO₂ dapat memengaruhi makhluk hidup, terutama kesehatan manusia. Pada nilai ISPU di rentang 0-50 berkategori Baik, tidak memberikan dampak negatif pada manusia. Namun, paparan gas SO₂ yang dikombinasikan dengan O₃ selama 4 jam berturut-turut dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa spesies tumbuhan. Nilai ISPU di rentang 51-100 berkategori Sedang, Paparan SO₂ dalam waktu lebih singkat sudah cukup untuk menyebabkan kerusakan pada beberapa spesies tumbuhan. Nilai ISPU di rentang 101-200 dengan kategori Tidak Sehat, Paparan SO₂ mulai menyebabkan bau yang tercium dan meningkatnya keracunan pada tumbuhan. Nilai ISPU di rentang 201-300 berkategori Sangat Tidak Sehat, Gas SO₂ dapat meningkatkan sensitivitas pada penderita asma dan bronkitis. Nilai ISPU di atas 300 masuk dalam kategori Berbahaya, Paparan gas O₃ menjadi berisiko bagi seluruh populasi (Agusta, 2018).

4.6.2 Hasil Nilai ISPU Parameter NO₂

Pada tahun 2020 hingga 2023, nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk parameter NO₂ berada pada rentang nilai 0-50, ditandai dengan warna hijau dan dikategorikan sebagai Baik. Berikut adalah Gambar 4.14 yang menunjukkan hasil perhitungan ISPU untuk parameter NO₂ di Kabupaten Gunungkidul.

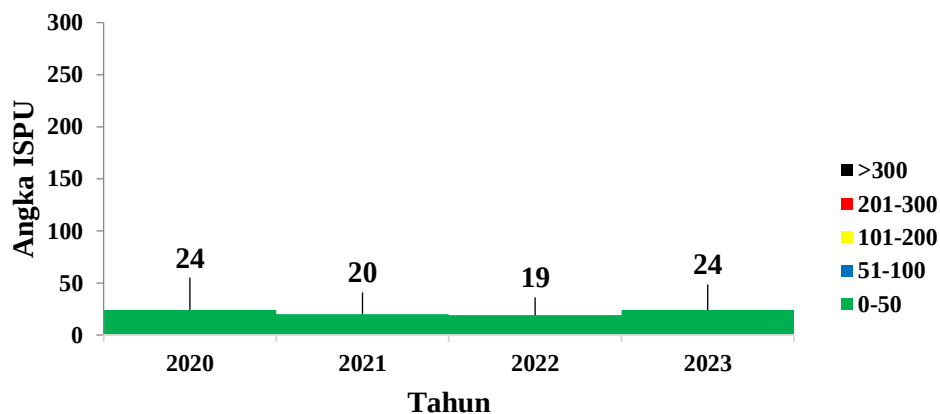


Gambar 4. 16 Nilai ISPU Parameter NO₂ di Kabupaten Gunungkidul

Konsentrasi gas Nitrogen Dioksida (NO₂) memiliki dampak berbeda terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Pada nilai ISPU 0-50, yang termasuk kategori baik, paparan NO₂ hanya menimbulkan sedikit bau. Ketika ISPU meningkat ke kisaran 51-100, yang dikategorikan sebagai Sedang, bau NO₂ menjadi lebih terasa. Pada kisaran 101-199, yang termasuk kategori Tidak Sehat, bau gas NO₂ semakin tajam dan warnanya mulai memudar, yang dapat meningkatkan reaktivitas tenggorokan pada penderita asma. Pada nilai ISPU 200-299, yang dianggap Sangat Tidak Sehat, paparan NO₂ akan meningkatkan sensitivitas pasien dengan asma dan bronkitis. Sedangkan pada nilai ISPU di atas 300, yang masuk kategori Berbahaya, gas NO₂ menjadi berbahaya bagi seluruh populasi (Agusta, 2018).

4.6.3 Hasil Nilai ISPU Parameter CO

Pada tahun 2020 hingga 2023, nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk parameter CO berada pada rentang nilai 0-50, ditandai dengan warna hijau dan dikategorikan sebagai Baik. Berikut adalah Gambar 4.15 yang menunjukkan hasil perhitungan ISPU untuk parameter CO di Kabupaten Gunungkidul.



Gambar 4. 17 Nilai ISPU Parameter CO di Kabupaten Gunungkidul

Pengaruh konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup berbeda-beda sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Pada Nilai ISPU 0-50, yang termasuk kategori Baik, gas CO tidak menimbulkan efek pada manusia dan makhluk hidup. Pada kisaran 51-100, yang berkategori Sedang, paparan CO mulai menyebabkan perubahan kimia dalam darah meskipun tidak terdeteksi. Ketika ISPU berada di kisaran 101-199, yang termasuk kategori Tidak Sehat, paparan CO mulai mempengaruhi kesehatan kardiovaskular pada perokok dengan penyakit jantung. Pada kisaran 200-299, yang dikategorikan Sangat Tidak Sehat, paparan CO akan meningkatkan risiko kardiovaskular pada orang non-perokok dengan penyakit jantung, dan menyebabkan kelemahan yang tampak nyata. Pada nilai ISPU di atas 300, yang masuk kategori Berbahaya, paparan gas CO menjadi berbahaya bagi seluruh populasi (Agusta, 2018).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Pola persebaran kualitas udara terhadap parameter SO₂, NO₂, CO, dan TSP di analisis berdasarkan tahun Sebelum (2019), Saat (2020-2022), dan Setelah (Setelah) Pandemi COVID-19.
 - a. Sebelum COVID-19, lokasi yang memiliki nilai konsentrasi SO₂ tertinggi terletak di area Perkantoran, namun nilai konsentrasi **tidak melebihi baku mutu**. Parameter NO₂ memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Transportasi dengan nilai ISPU dikategorikan sebagai **Baik**. Parameter CO memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Komersial dengan nilai ISPU dikategorikan sebagai **Baik**. Sedangkan parameter TSP memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Industri, namun nilai konsentrasi **tidak melebihi baku mutu**.
 - b. Saat COVID-19, lokasi yang memiliki nilai konsentrasi SO₂ tertinggi terletak di area Industri dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Parameter NO₂ memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Industri dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Parameter CO memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Industri dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Sedangkan parameter TSP memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Transportasi, namun nilai konsentrasi **tidak melebihi baku mutu**.
 - c. Setelah COVID-19, lokasi yang memiliki nilai konsentrasi SO₂ tertinggi terletak di area Transportasi dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Parameter NO₂ memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Industri dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Parameter CO memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Komersial dengan nilai ISPU diakategorikan sebagai **Baik**. Sedangkan parameter TSP memiliki

nilai konsentrasi tertinggi yaitu di area Perkantoran, namun nilai konsentrasi **tidak melebihi baku mutu**.

- d. Meskipun nilai konsentrasi tidak melebihi baku mutu, terdapat penurunan signifikan pada parameter pencemar udara. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti variasi curah hujan, kondisi spasial yang menunjukkan pertumbuhan pepohonan, serta pembatasan aktivitas masyarakat untuk mencegah penyebaran COVID-19.
2. Uji Validitas Metode IDW dilakukan di parameter SO₂, NO₂, CO dan TSP. Untuk parameter SO₂ dilakukan uji validitas pada tahun 2020, Parameter NO₂ dilakukan uji validitas pada tahun 2023, Parameter CO dilakukan uji validitas pada tahun 2021, dan parameter TSP dilakukan uji validitas pada tahun 2019 dengan hasil yang berbeda seperti berikut:
- a. Uji Validitas Metode IDW Parameter SO₂ menunjukkan data yang **tidak akurat**, karena TP-5 memiliki nilai konsentrasi tertinggi dibanding TP-4 dan TP-7 maka dengan itu nilai TP-5 menurun mengikuti data TP-4 dan TP-7. Sedangkan hasil metode IDW hanya bisa menginterpolasikan nilai dibawah data yang tersedia.
 - b. Uji Validitas Metode IDW Parameter NO₂ menunjukkan data yang **akurat**, karena TP-5 memiliki nilai konsentrasi yang kurang lebih sama dengan TP-4 dan TP-7 maka dengan itu hasil pengujian menunjukkan data TP-5 tidak ada perubahan yang signifikan dengan data aslinya.
 - c. Uji Validitas Metode IDW Parameter CO menunjukkan data yang **tidak akurat**, hal ini disebabkan karena TP-5 memiliki nilai konsentrasi tertinggi dibanding TP-4 dan TP-7 maka dengan itu nilai TP-5 menurun mengikuti data TP-4 dan TP-7. Sedangkan hasil metode IDW hanya bisa menginterpolasikan nilai dibawah data yang tersedia.
 - d. Uji Validitas Metode IDW Parameter TSP menunjukkan data yang **tidak akurat**, hal ini dipengaruhi karena nilai konsentrasi data TP-4 terlalu rendah TP-7 memiliki nilai data konsentrasi tinggi, maka dengan itu nilai TP-5 berada di antara nilai TP-4 dan TP-7.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Karena data yang diperoleh masih terbatas, disarankan untuk menambah jumlah titik pemantauan guna mencakup keseluruhan wilayah Kabupaten Gunungkidul. Penambahan titik pemantauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kondisi kualitas udara di seluruh area kabupaten Gunungkidul.
2. Metode IDW menjadi kurang efektif jika titik pemantauan terlalu tersebar. Oleh karena itu, disarankan untuk menempatkan titik pemantauan dengan jarak yang lebih rapat agar hasil yang diperoleh dengan metode IDW lebih akurat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, R., Morteza, T., & Masoumeh, A. (2018). A novel soft computing model (Gaussian process regression with K-fold cross validation) for daily and monthly solar radiation forecasting (Part: I). *Renewable Energy*, 411-422.
- Adminwarta. (2023, Agustus 11). *Warga Diimbau Tetap Pakai Masker Sikapi Kualitas Udara Yogya*. Retrieved from Portal Pemerintah Kota Yogyakarta: <https://warta.jogjakota.go.id/detail/index/28595>
- Afif, B. (2010). Pencemaran udara: dampak pencemaran udara pada lingkungan. *Berita Dirgantara*, 21-27.
- Agusta, K. (2018). Pengukuran parameter kualitas udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀) di Bukit Kototabang berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 1-13.
- Agusta, K. (2019). Dasar-dasar Analisis Kualitas Lingkungan. *Wineka Media*.
- Andi, S., Efbertias, S., Jernita, S., Mahyati, Ismail, M., Dhorkas, D. R., . . . Dav. (2022). *Pengendalian Penyakit Berbasis Lingkungan*. Yayasan Kita Menulis.
- Ardeniswan. (2012). Penentuan Konsentrasi Oksida-Oksida Nitrogen (NO_x) Dengan Metoda Phenol Disulfonic Acid Menggunakan Contoh Uji Buatan Dan Standar Gas NO_x. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 1-11.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gunungkidul. (2023). Kabupaten Gunungkidul dalam Angka 2023. *Badan Pusat Statistik Kabupaten Gunungkidul*.
- Budiyono, & Afif. (2009). *Waspada! Polusi CO Di Tempat Parkir Tertutup*. wordpress.com.
- Dan, J., & Rick, V. (2002). Measurement of Carbon Monoxide in Auto Exhaust Using a Fast and Inexpensive Sensor.
- Diken, Y., Irawan, W., & Endro, S. (2017). Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) Di Sekitar Jl. Pemuda Akibat Kegiatan Car Free Day Menggunakan Program Caline4 Dan Surfer (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-14.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gunungkidul. (2021). *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKj IP)*. Daerah Istimewa Yogyakarta: e-Gov Gunungkidul Kabupaten.

- Ester, M. (2005). Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan. *Buku Kedokteran Indonesia EGC*.
- Evita, D. E. (2022). Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat: Literatur Review. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 287-296.
- Fauzi, N. A. (2023). Dampak Penurunan Kunjungan Wisata terhadap Kadar Karbon Monoksida (CO) di Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 29-36.
- Faza, A., Ratna, S., & Adi, W. (2019). Pemodelan spasial distribusi karbon monoksida di Kota Bandung. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik (Journal of Geography of Tropical Environments)*, 4.
- Gunawan, G. (2015). Tingkat Pencemaran Udara Debu dan Timbal di Lingkungan Gerbang Tol. 115-124.
- Gusti, N. B., Ida, B. N., & Made, B. (2018, December 1). *Polusi udara terkait lalu lintas dan kesehatan respirasi*. Retrieved from Intisari Sains Medis: <https://doi.org/10.15562/ism.v9i3.303>
- Gusti, R. (2010). Konsentrasi Sulfur Oksida Di Pemukiman. *Agroscientiae*, 90-95.
- Hanifah, A. (2023). Identifikasi Mikroplastik di Udara Pada Polutan Total Suspended Particulate (TSP) dan Particulate Matter (Pm_{2,5}, Pm₁₀) di Ringroad Kota Yogyakarta . *Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia*.
- Himawan, N., Muhammad, M. A., & Hilya, M. A. (2022). Analisis perubahan sistem kualitas udara Kota Yogyakarta pada masa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2.
- Hulu, S. (2020). Analisis Kinerja Metode Cross Validation Dan K-Nearest neighbor dalam klasifikasi data (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Ihda, I. R., & Galih, M. (2023). Analisis Klasifikasi Dataset Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu) Di Masa Pandemi Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (Svm). *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 38-41.

- Irfand, I. R., & Yoszi, M. A. (2021). pemetaan Sebaran Bijih Besi Berdasarkan Kualitas Dengan Metode Inverse Distance Weigthed (Idw) Di Daerah Jorong Pulakek Koto Baru Kabupaten Solok Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, 220-230.
- Joko, P. S. (2005). Kualitas Udara Beberapa Kota Di Asia (Monitoring Kandungan So₂ Udara Ambien Dengan Passive Sampler). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 324-329. Retrieved from Jurnal Teknologi Lingkungan.
- Joko, T., & Kunjung, W. (2008). Aplikasi Sistem Informasi Geografi Tingkat Pencemaran Industri. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1-8.
- Joses, M. K., & Rose, N. D. (2020, January 13). *The fscal value of human lives lost from coronavirus disease (COVID-19) in China*. Retrieved from BMC Research Notes: <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05044-y>
- M. Indrian, S. (2023). Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan, bangunan bersejarah dan Ekosistem: kondisi global dan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 1381-1390.
- Maulana, P. (2022). Proses Georeferencing Citra Sentinel-2 dengan Menggunakan. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 73-84.
- Mira, Merryana, L., Candra, G., Sri, Y. P., & Charitas, F. (2021). Analisis Potensi Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Bawen dan Tuntang dengan Metode Simple Additive Weighting (SAW). *Jlfoech (Journal of Information Technology)*, 17-25.
- Muhamad, A., Rosdiana, R., & Moch, A. (2024). Analisis Tingkat Pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Kota Kendari:(Studi Kasus: Jalan Christina Marta Tiahahu Kelurahan Lepo-lepo, Kecamatan Baruga). *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 014-018.
- Muhammad, F. N., & Suswanta. (2020). Kendala Pelaksanaan Dan Upaya Penanganan Work From Home /WFH Dibappeda Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Ilmu Administrasi*, 2.

- Muharam, S. N., Asep, S., & Ardhasena, S. (2021). Karakteristik Kimia dan Morfologi dari Total Suspended Particulate (TSP) di Jakarta dan Puncak-Bogor pada Masa Pembatasan Sosial Berskala Besar. *Ecolab*, 121-132.
- Muhyiddin. (2020, Juny 2). Covid-19, New Normal dan Perencanaan Pembangunan di Indonesia. *The Indonesian Journal of Development Planning*, 240-252. Retrieved from The Indonesian Journal of Development Planning.
- Mustafa, Herlina, S. S., Indro, S., & A, B. (2023). *Pencemaran Udara Dan ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut)*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Nur, R. R., Arief, S. Y., & Satyanto, K. S. (2014). Prediction and Modelling of Total Suspended Particulate Generation on Ultisol and Andisol Soil. *ARPN Journal of Science and Technology*, 329-333.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia. (2020). Indeks Standar Pencemar Udara. *Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020*, 1-16.
- Putri, A. (2018, February 4). *Jumlah Kendaraan Bertambah, Polusi Udara dan Kebisingan di Gunungkidul Meningkat*. Retrieved from [gunungkidul.sorot.co: https://gunungkidul.sorot.co/berita-95527-link-.html](https://gunungkidul.sorot.co:berita-95527-link-.html)
- Rochimawati, N. R. (2014). Prediction and Modeling of Total Suspended Particulate Generation on Ultisol and Andisol Soil. *ARPN Journal of Science and Technology*, 329-333.
- Rogerson, P. A., & Fotheringham, A. S. (2008). *The SAGE Handbook of Spatial Analysis*. 2009: SAGE Publications Inc., Thousand Oaks, California, USA.
- Saefudin, & Diki, S. (2020). Sistem Informasi Geografis Untukanalisa Spasialpotensilembagapendidikan Keterampilan. *Jurnal Sistem Informasi*, 123-131.
- Sarudji, D. (2010). Kesehatan Lingkungan. *Karya Putra Darwati*.
- Shofi, H. Z. (2020, September 30). *Study Literature Review : The Effect Of Lockdown On The Covid19 Pandemic Period On Air Quality*. Retrieved

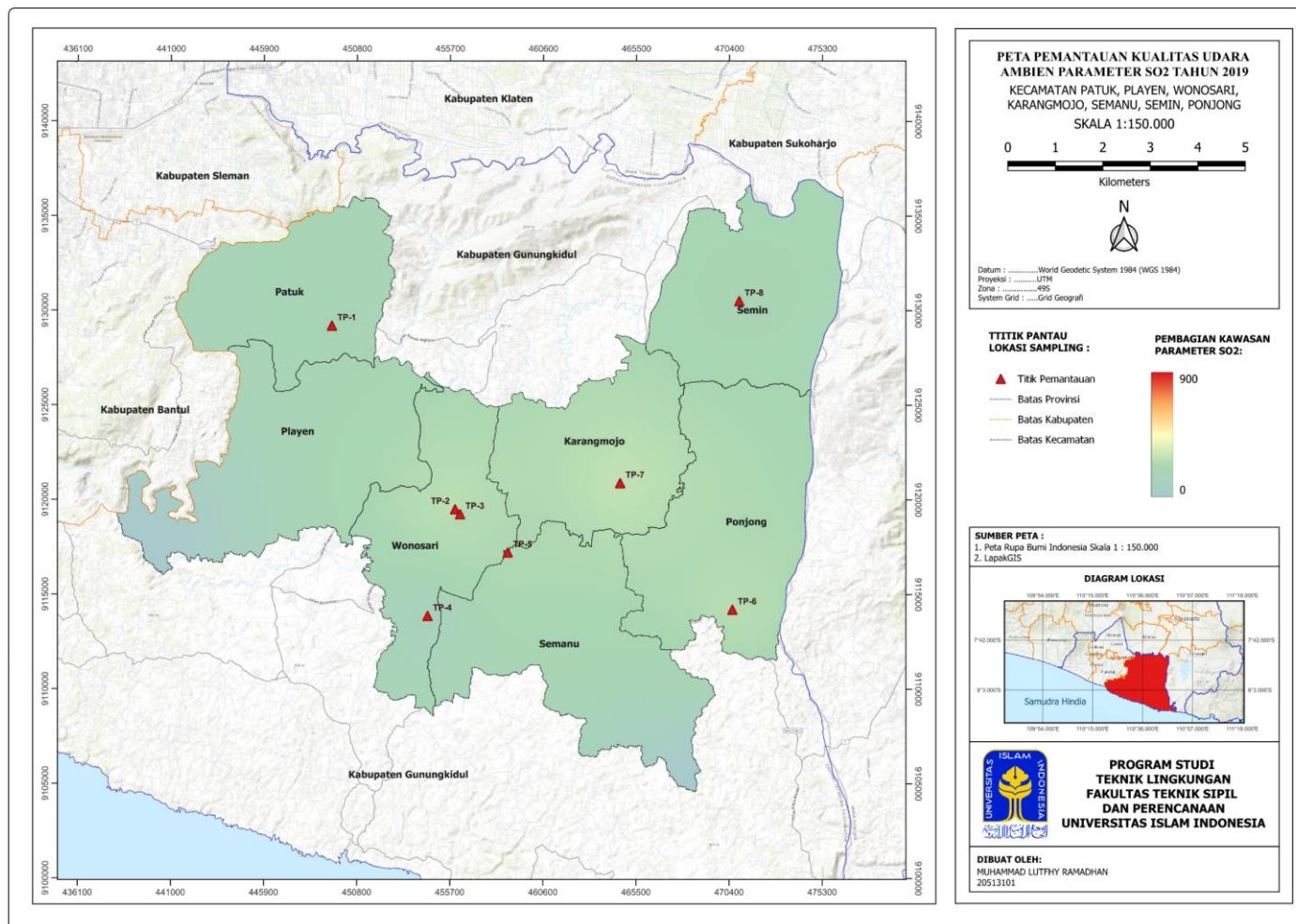
from Jurnal Kesehatan Lingkungan:

<https://doi.org/10.20473/jkl.v12i1si.2020.11-20>

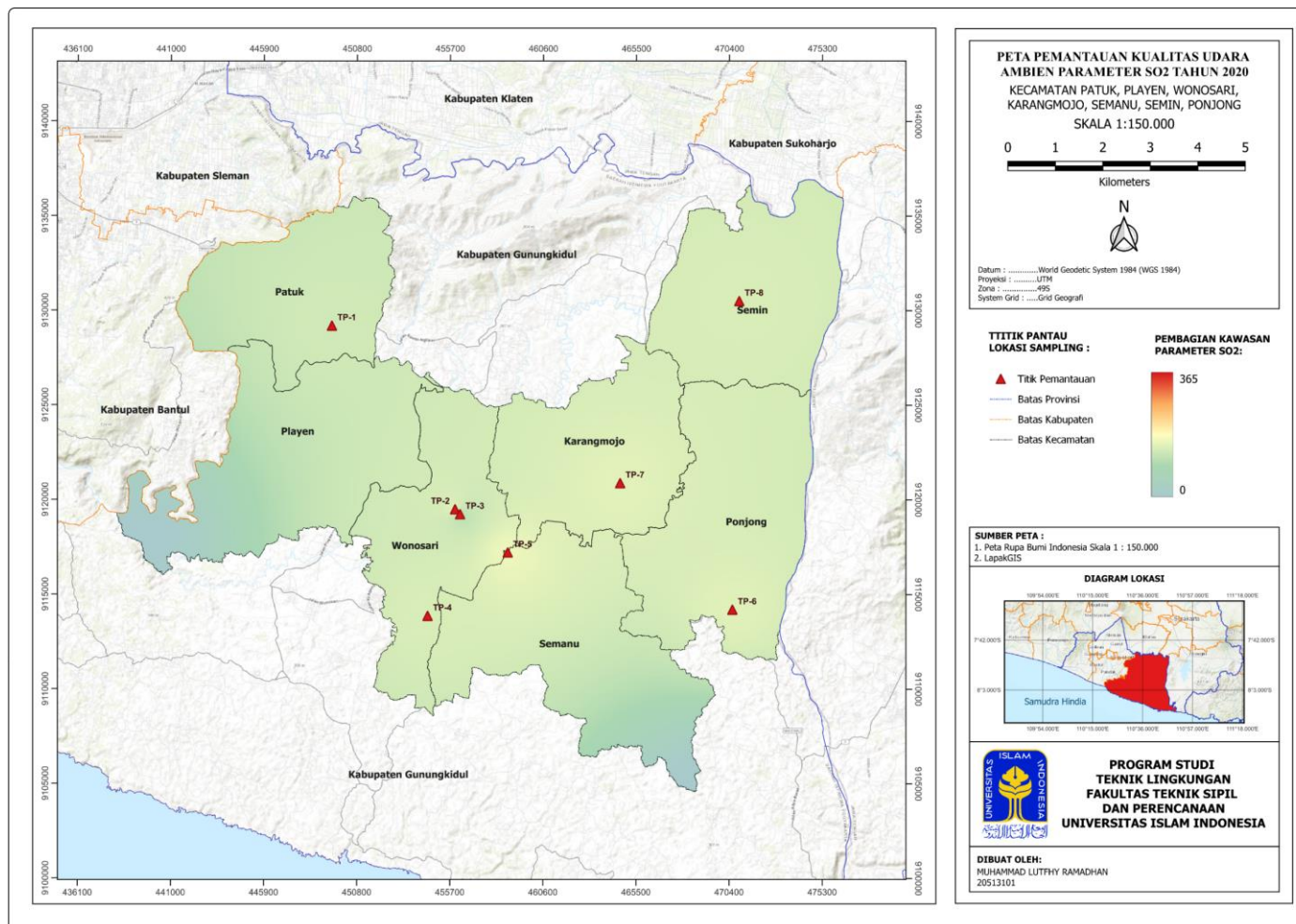
- Slamet, J. S. (2009). Kesehatan Lingkungan. *Cetakan Kedelapan*.
- Sodikin, & Erliyan, R. S. (2021). Sistem Informasi Geografis (Gis) Tempat Wisata Di Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)*, 125-135.
- Tadesse, W. B. (2020). Impact of Open Burning Refuse on Air Quality: In the Case of "Hidar Sitaten" at Addis Ababa, Ethiopia. *Environmental health insights*.
- Tang, W.-f., Tang, W.-f., & Hu, Y. (2018). Characteristics of Atmospheric Pollutants Distribution and Removal Effect of Rainfall on Atmospheric Pollutants in Mining Cities. 153(6).
- Teguh, P. (2003). Dampak Industri Pengecoran Logam Terhadap Kualitas Gas No2 Dalam Udara Ambien Di Daerah Ceper. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- Xiaoyi, D., Haiping, G., S., L., Christian, S., Wenjie, L., Hanyin, L., . . . Wanxi, P. (2023). Recent progress on phytoremediation of urban air pollution. *Chemosphere*.
- Yen-Yi, L. S.-L., B., H., Justus, K. M., & Guo-Ping, C.-C. (2022). Seasonal Variations in Concentrations and Chemical Compositions of TSP near a Bulk Material Storage Site for a Steel Plant. *Atmosphere*.
- Yudan, H., & Akhmad, R. (2020). Partisipasi Masyarakat dalam Pencegahan Covid-19. *Journal of Nonformal Education and Community Empowerment*, 18.

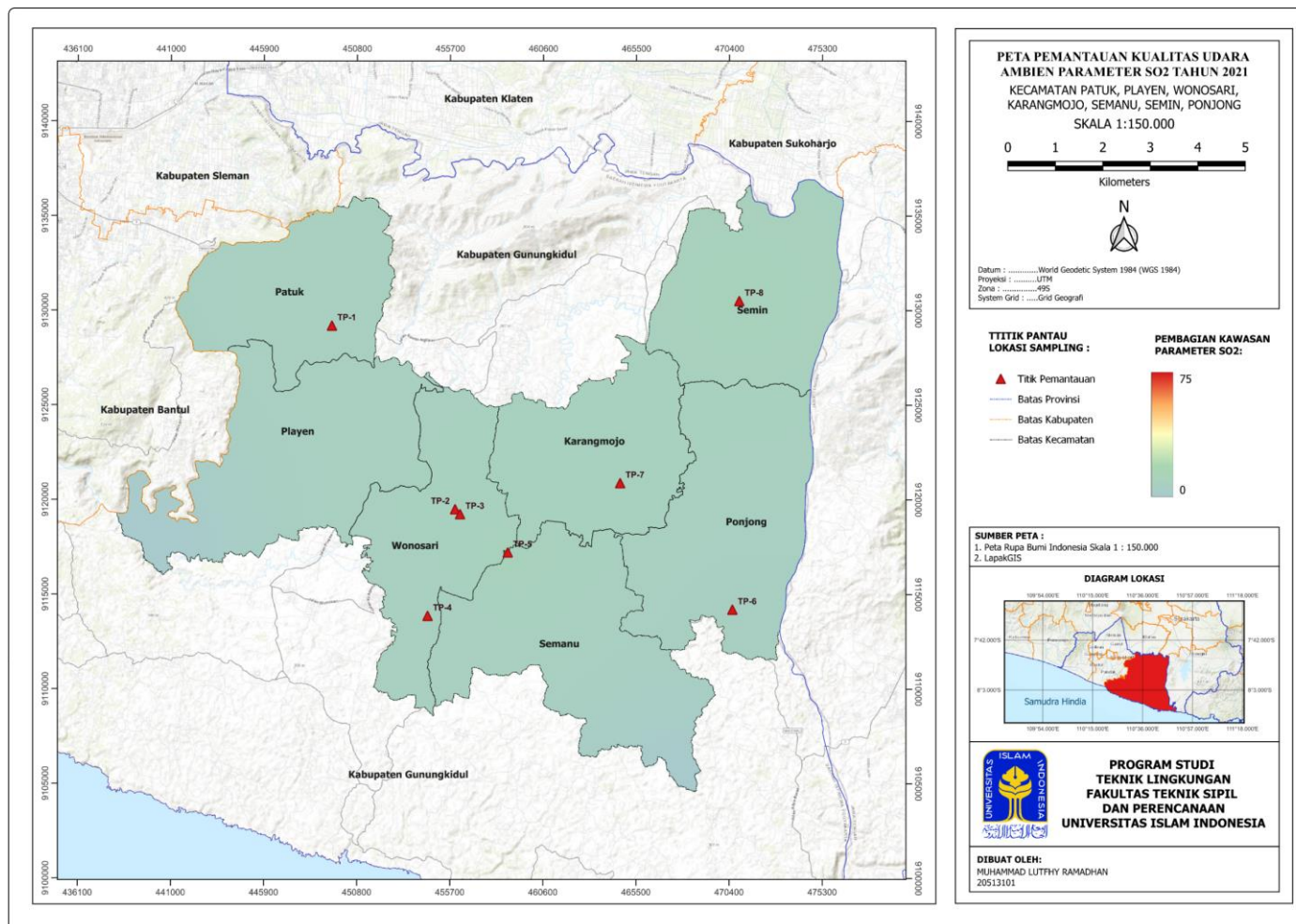
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

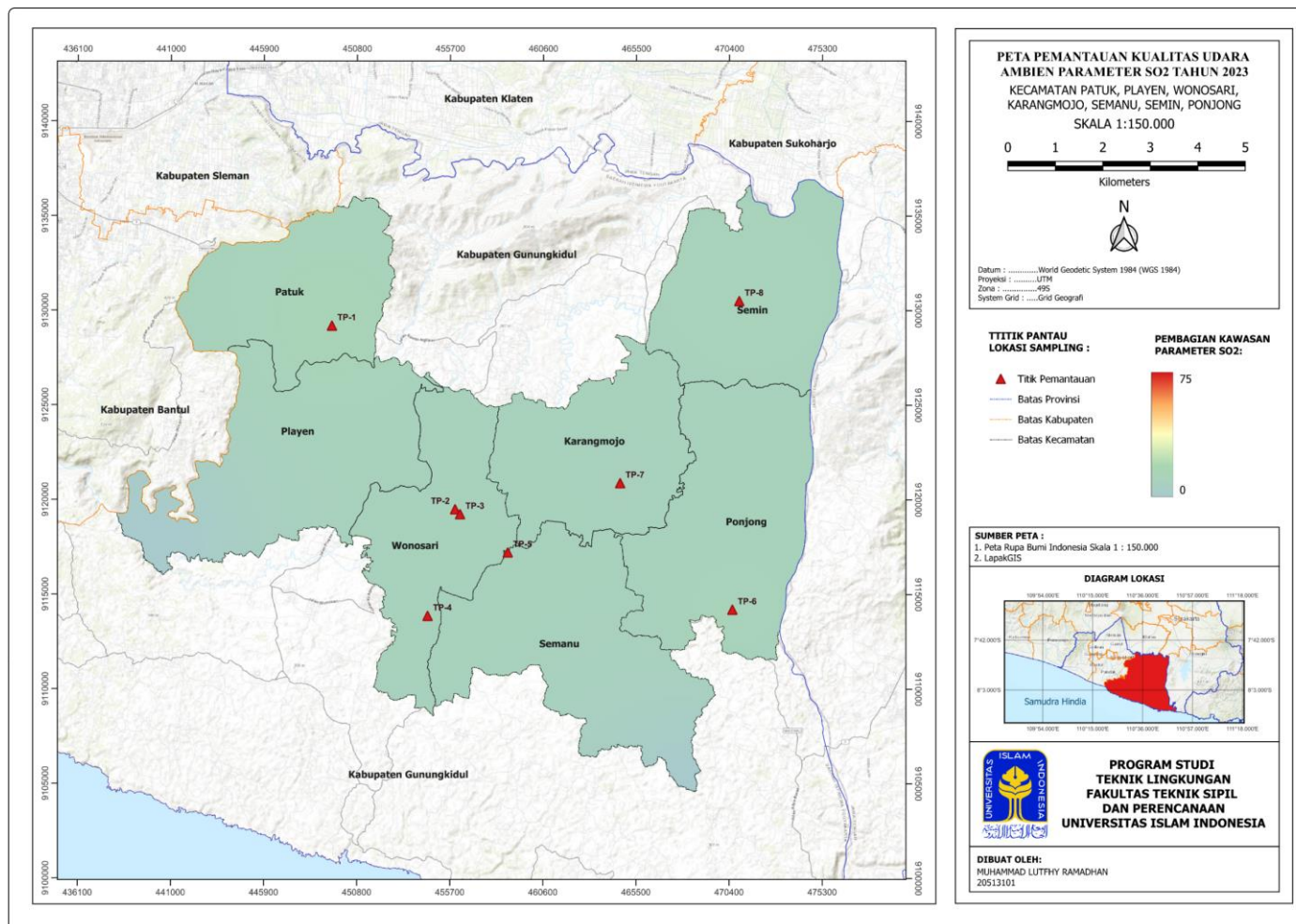
LAMPIRAN

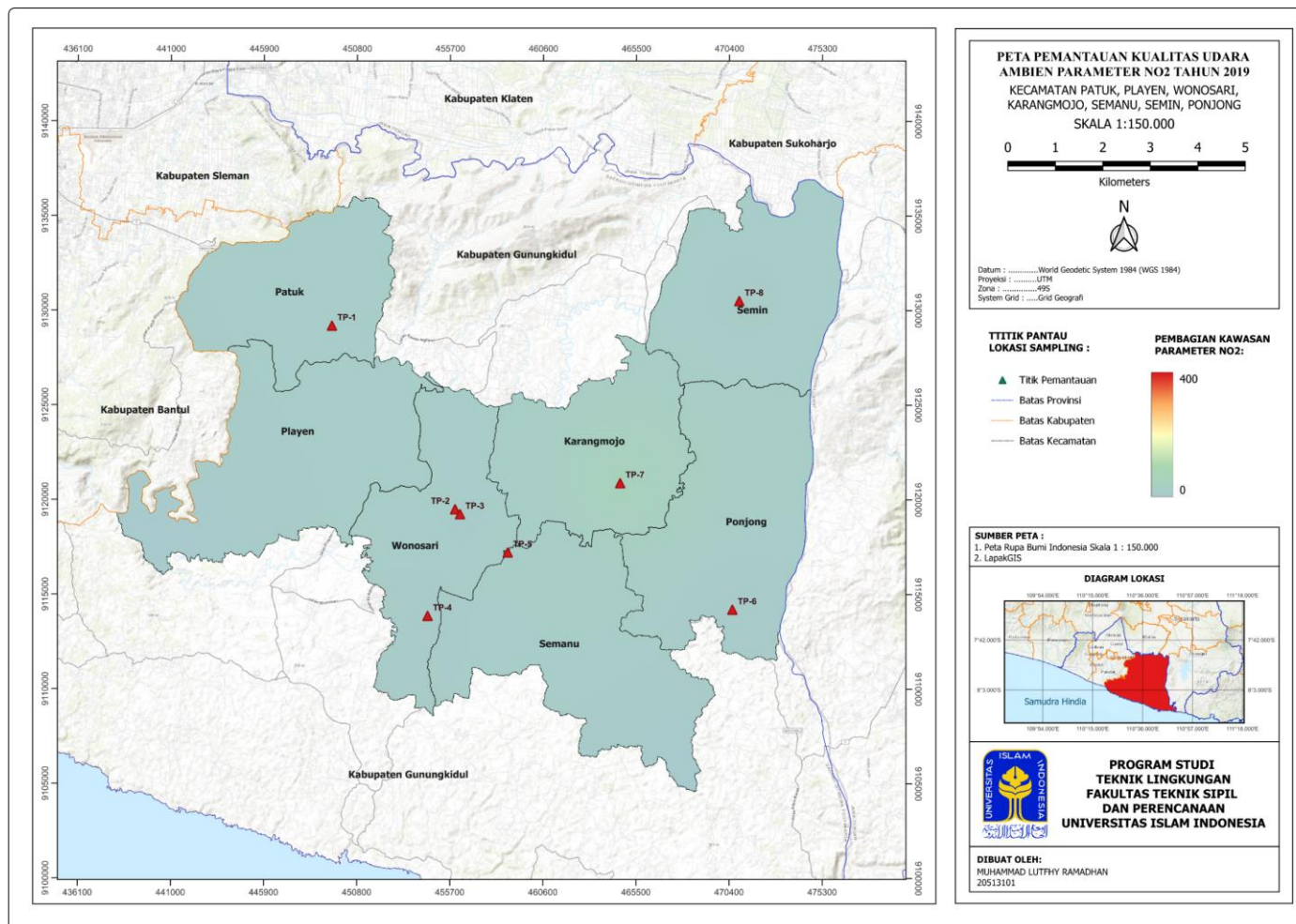


Lampiran 1. Pola Persebaran Parameter SO₂ Tahun 2019

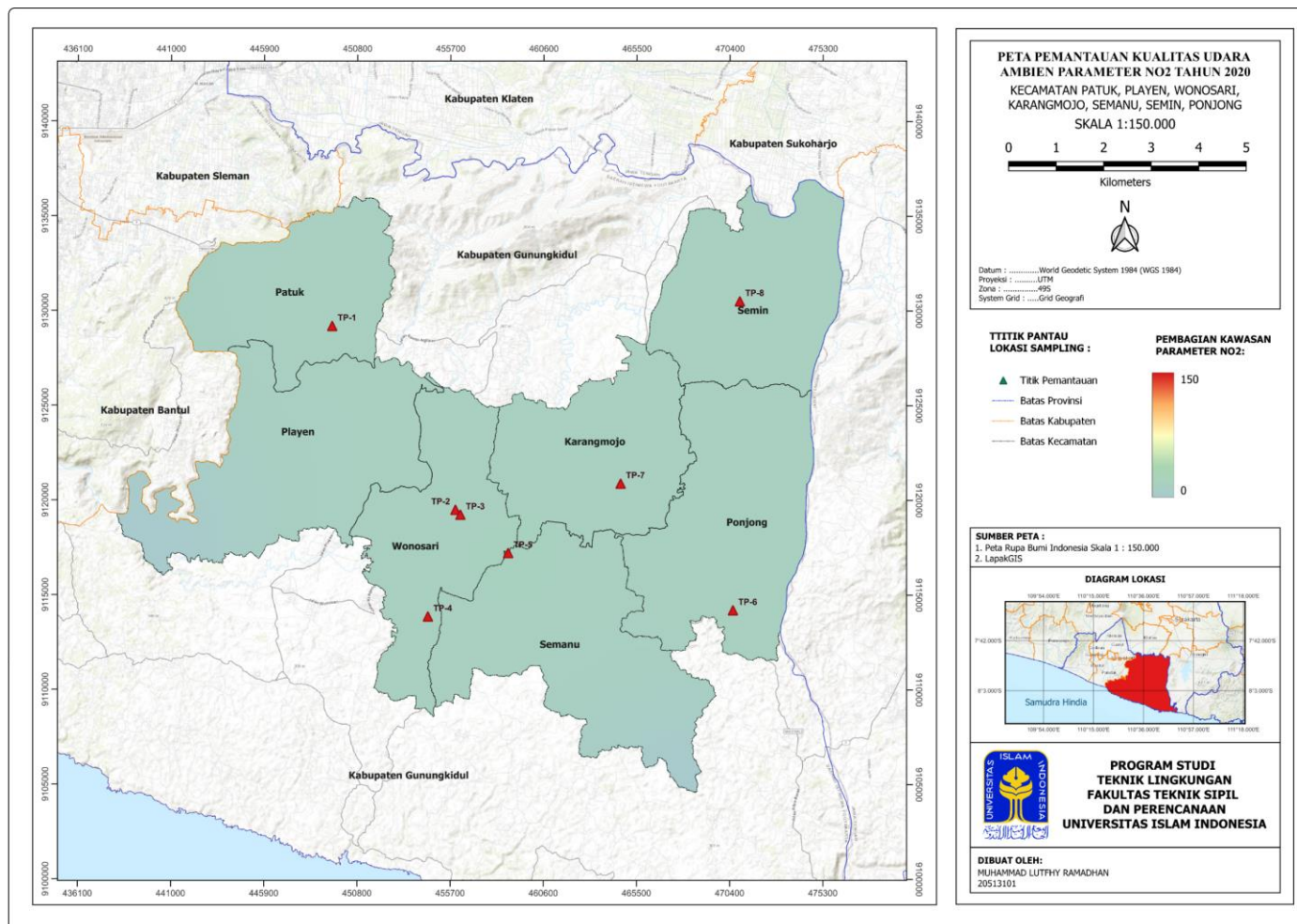




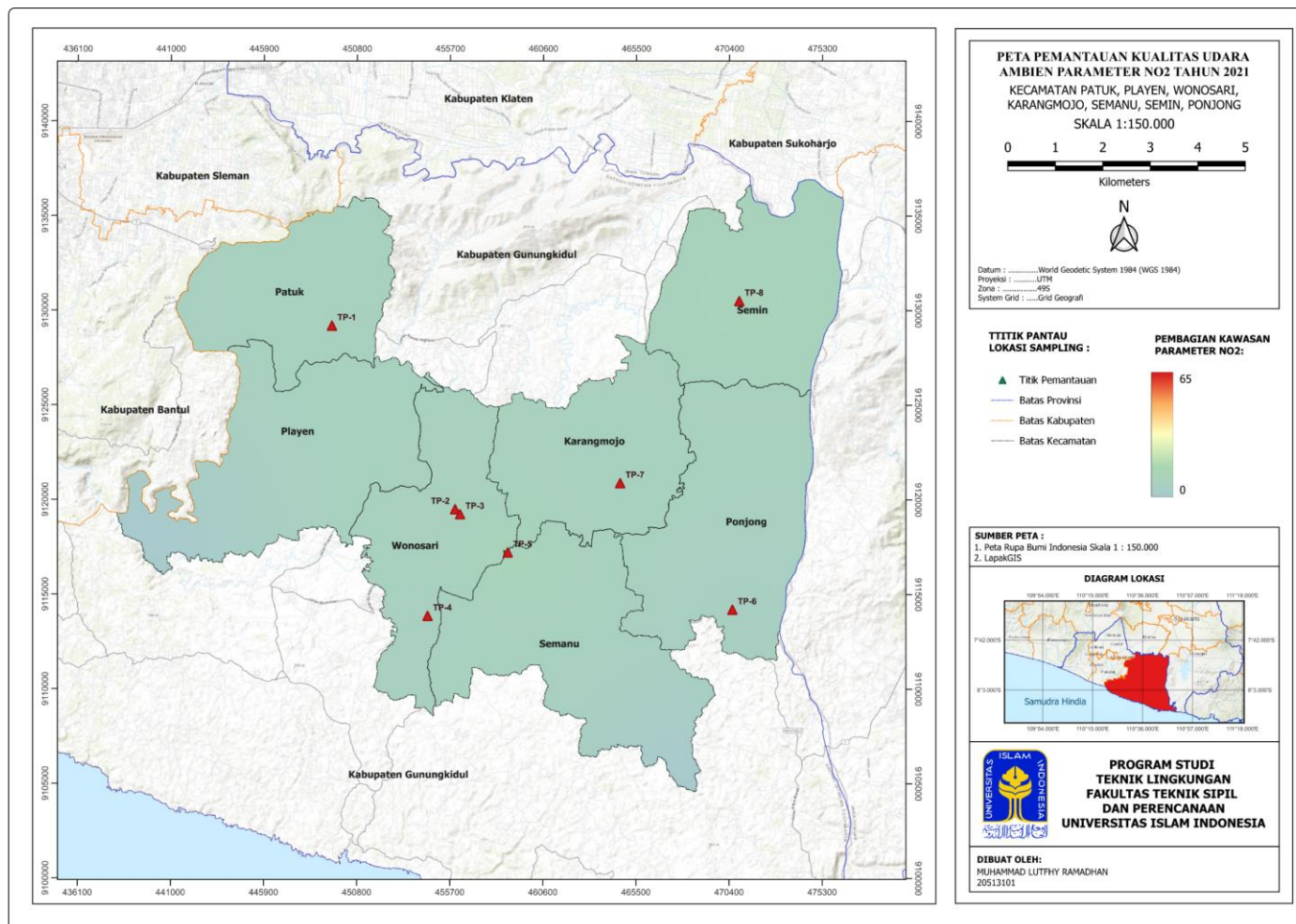




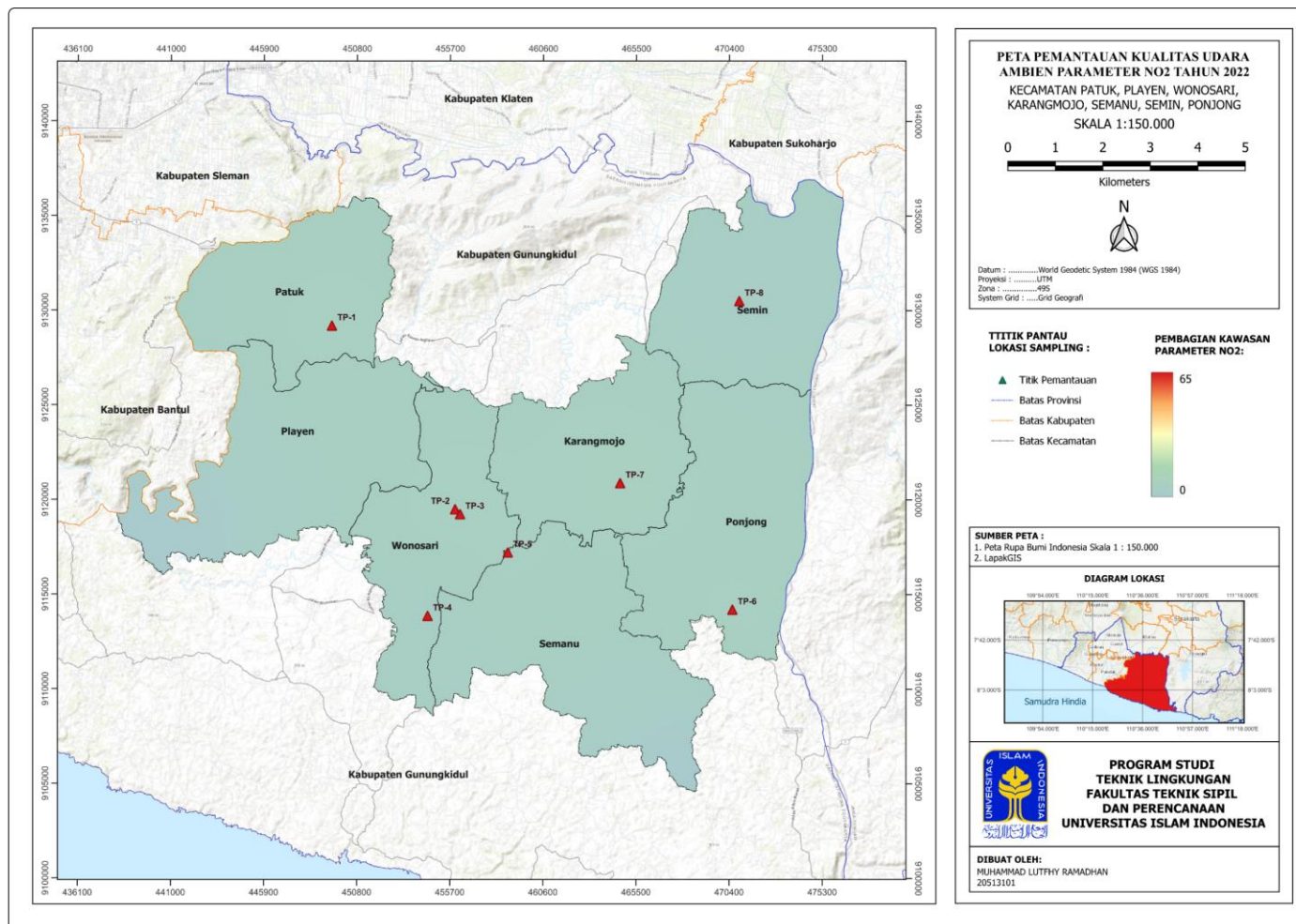
Lampiran 6. Pola Persebaran Parameter NO₂ Tahun 2019



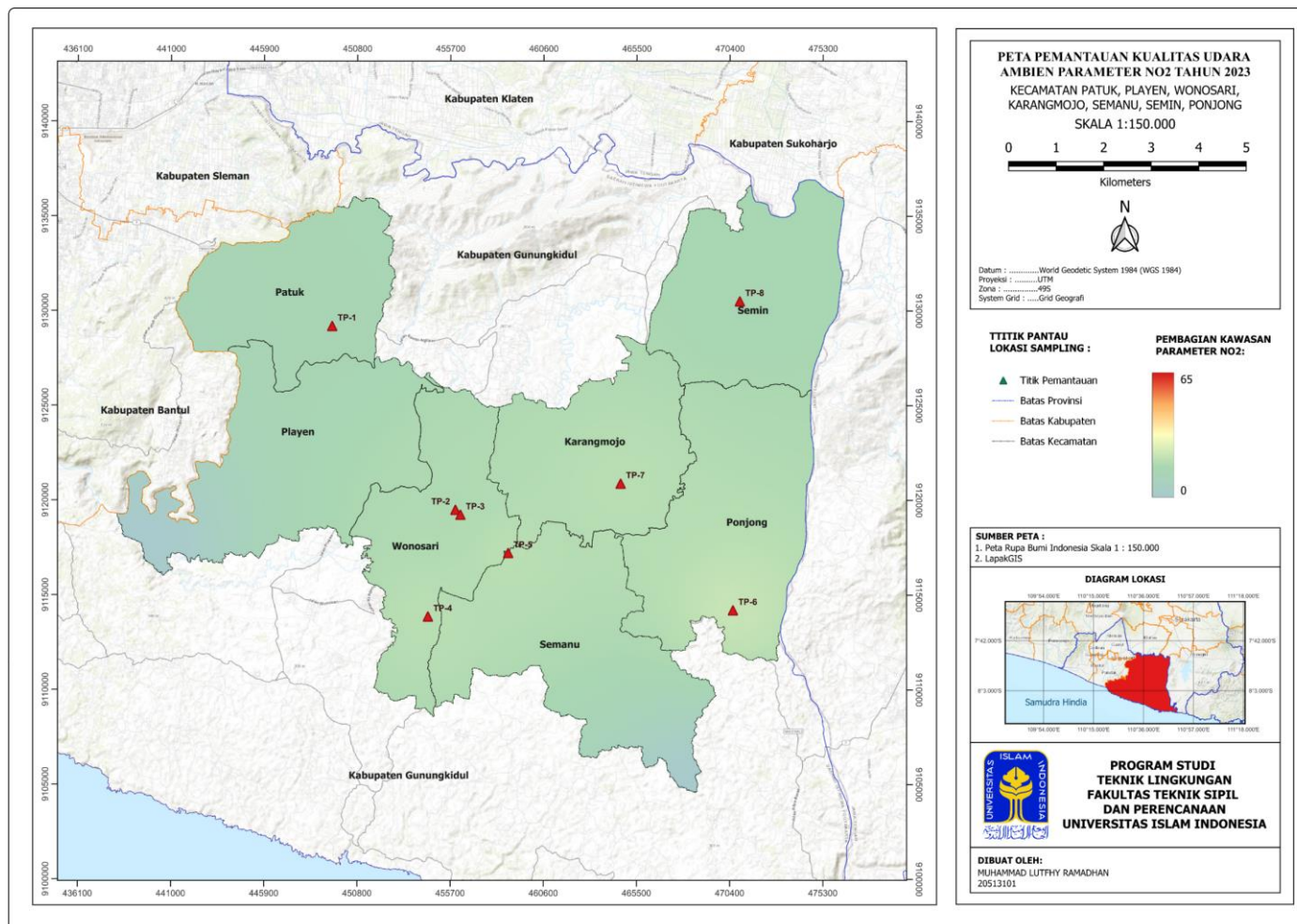
Lampiran 7. Pola Persebaran Parameter NO₂ Tahun 2020



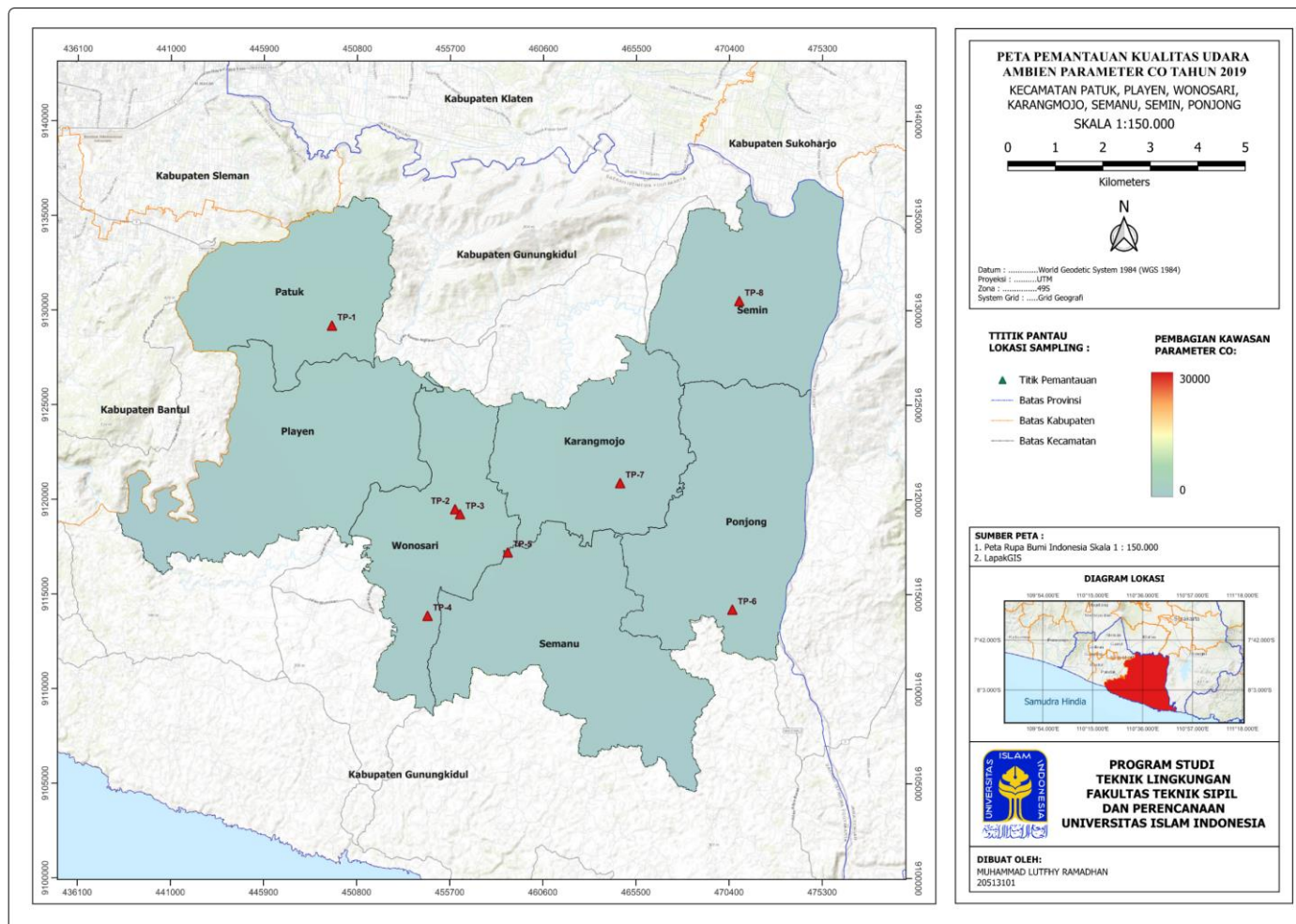
Lampiran 8. Pola Persebaran Parameter NO₂ Tahun 2021



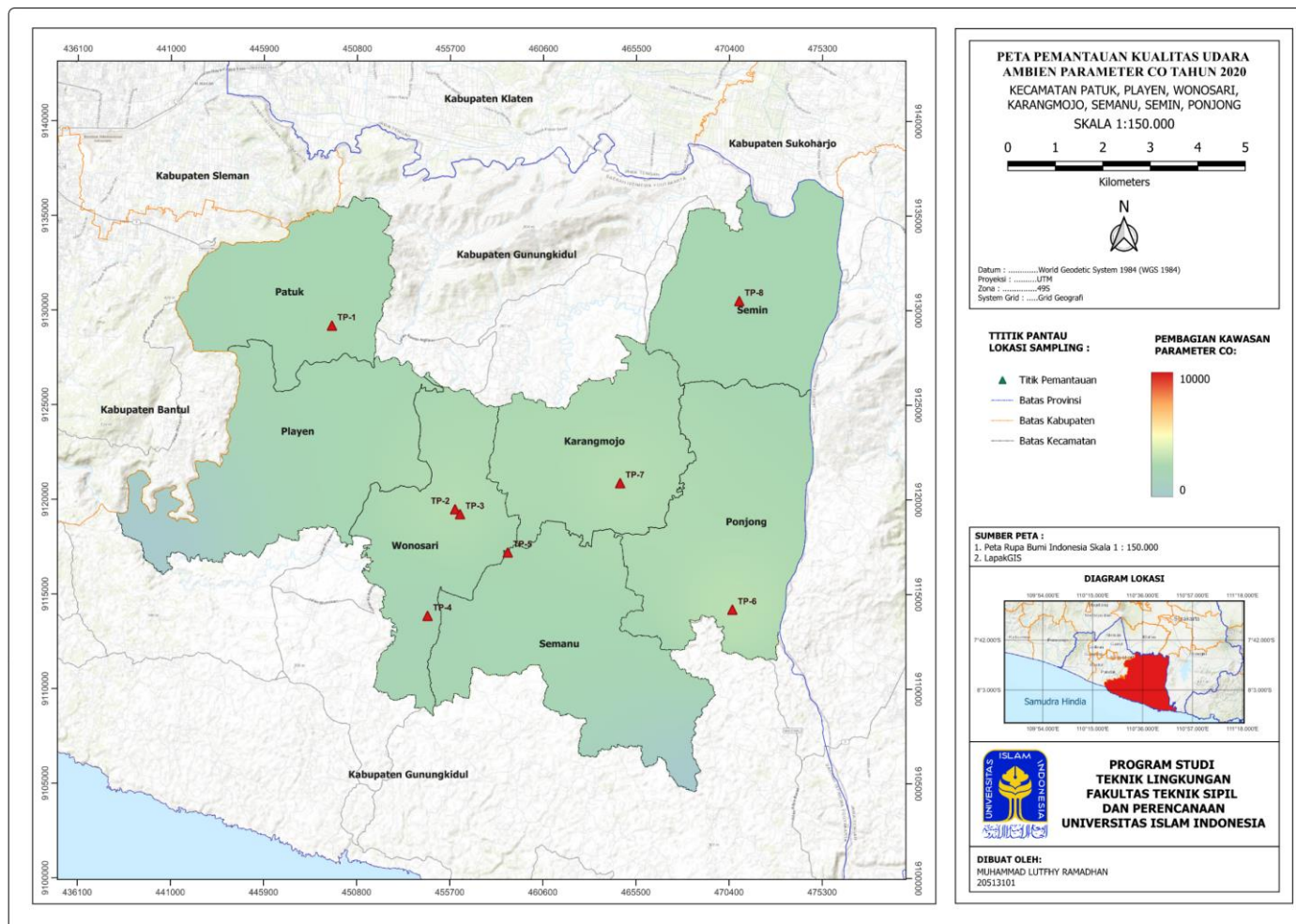
Lampiran 9. Pola Persebaran Parameter NO₂ Tahun 2022



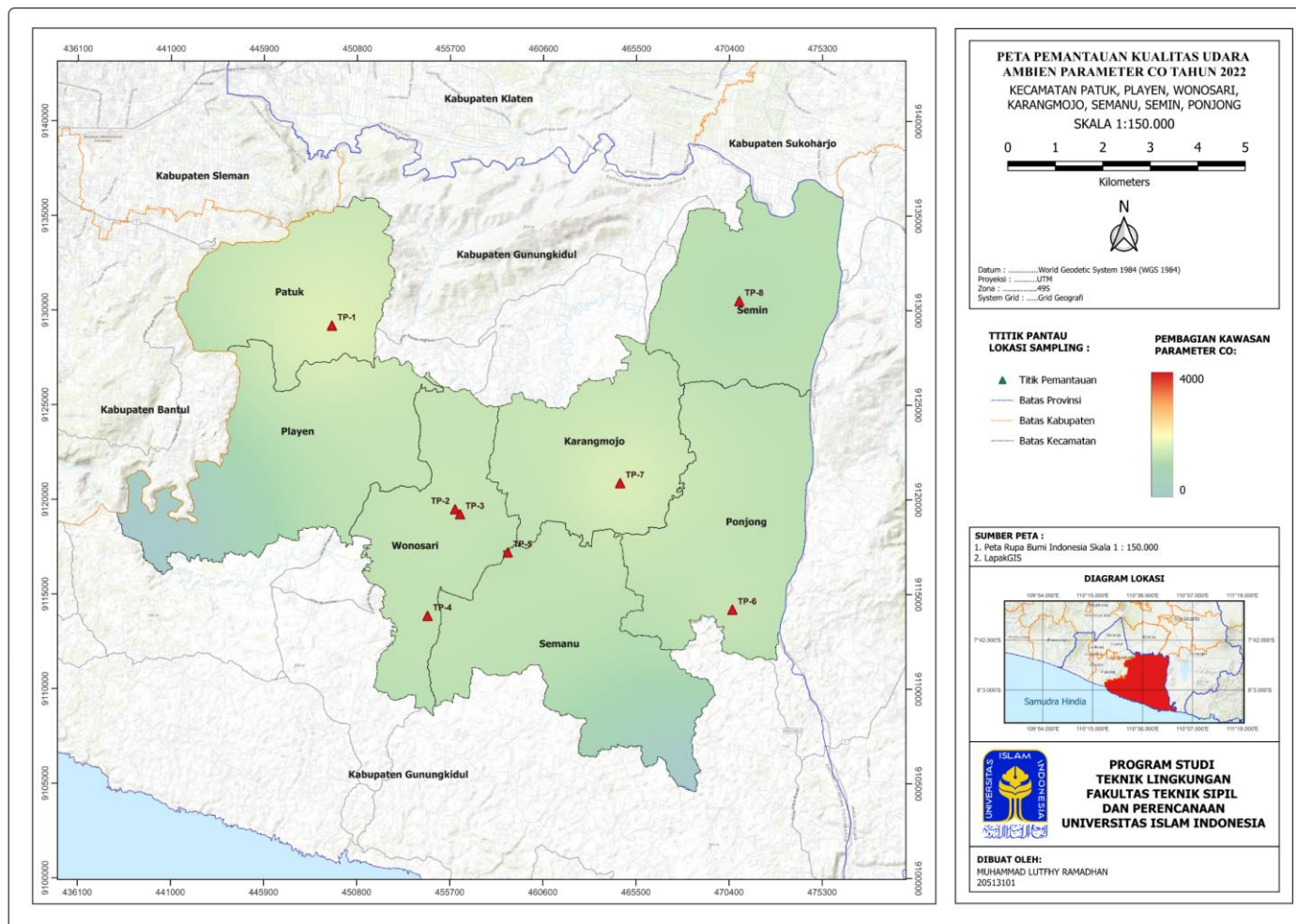
Lampiran 10. Pola Persebaran Parameter NO₂ Tahun 2023



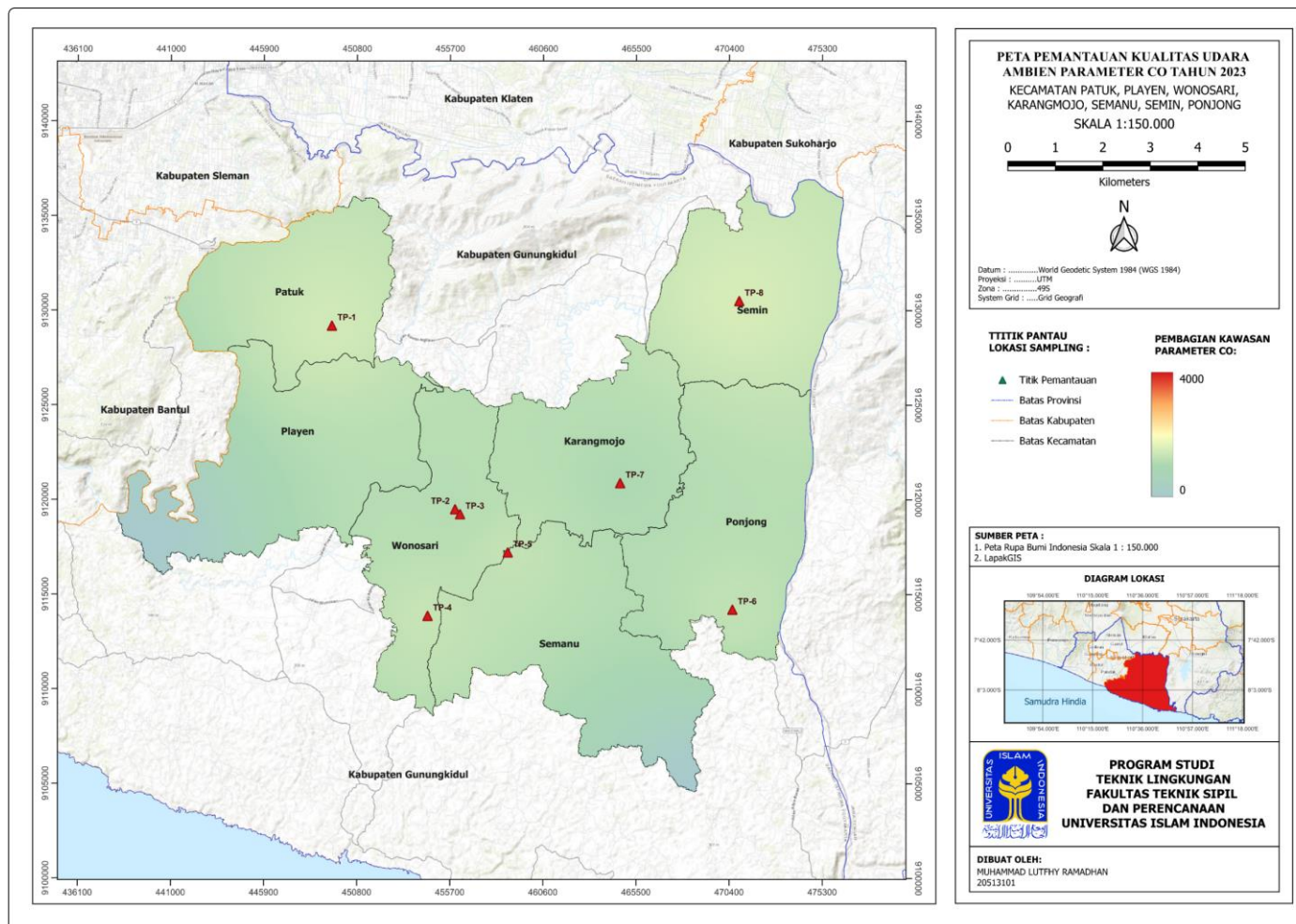
Lampiran 11. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2019



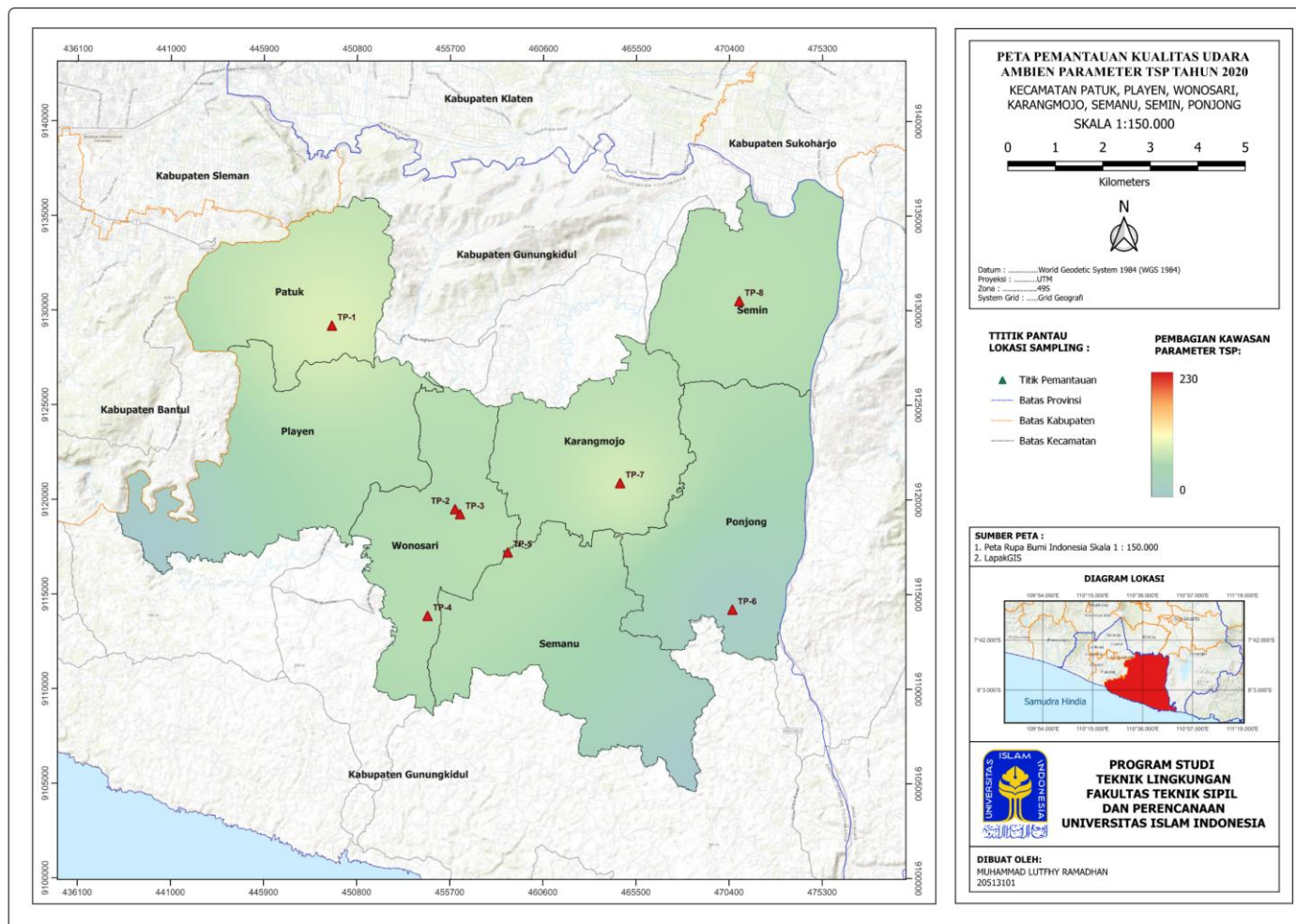
Lampiran 12. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2020

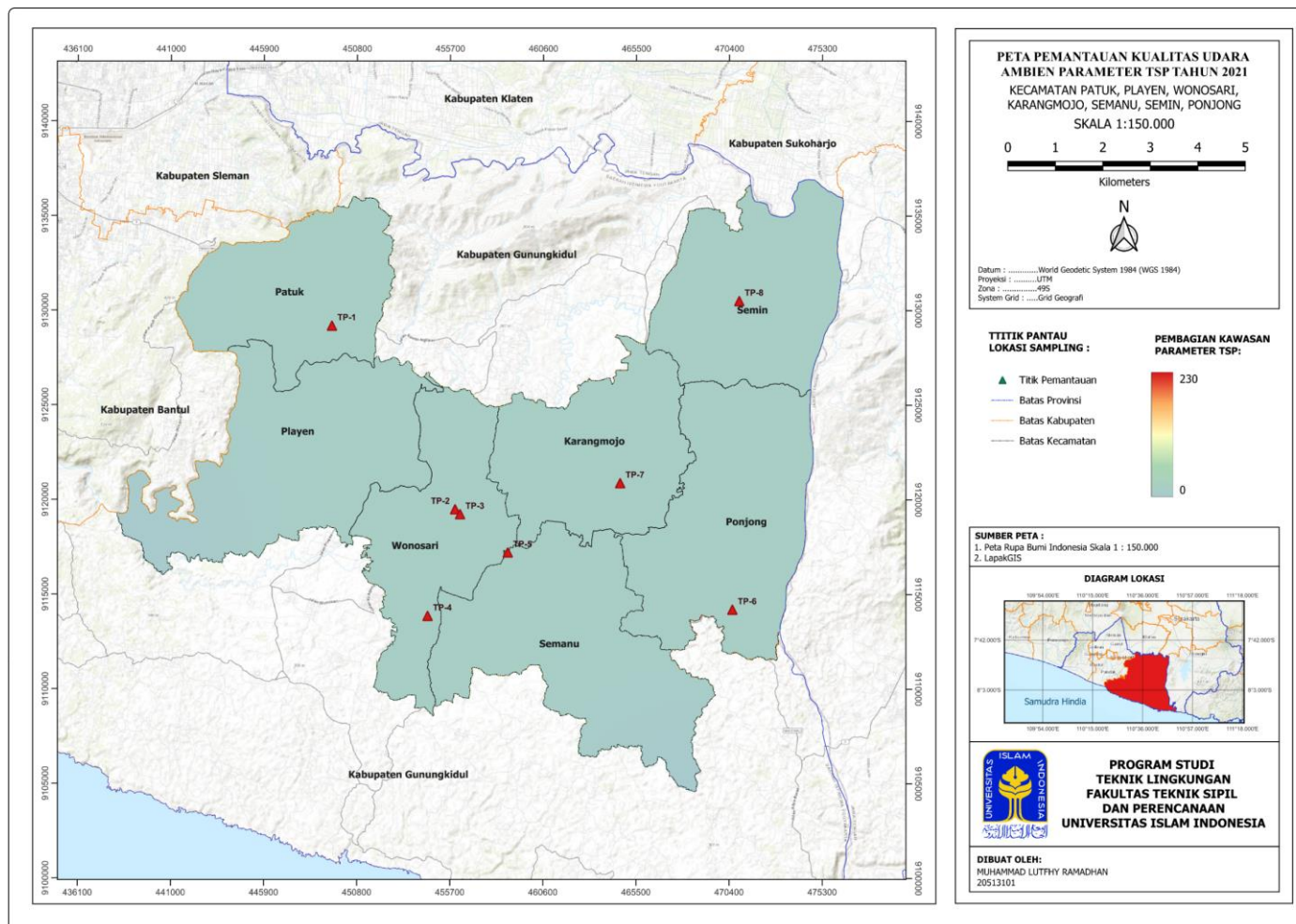


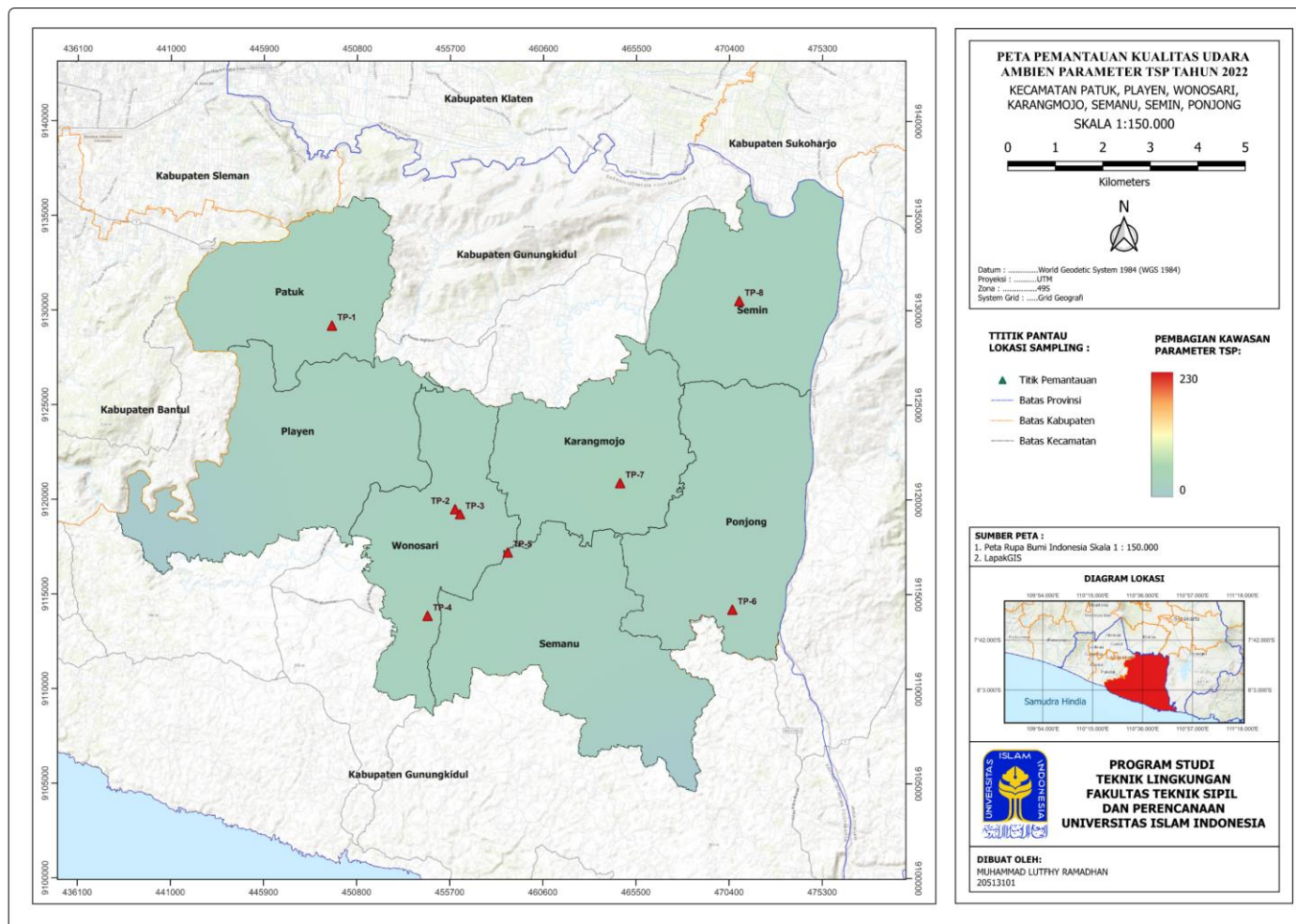
Lampiran 14. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2022

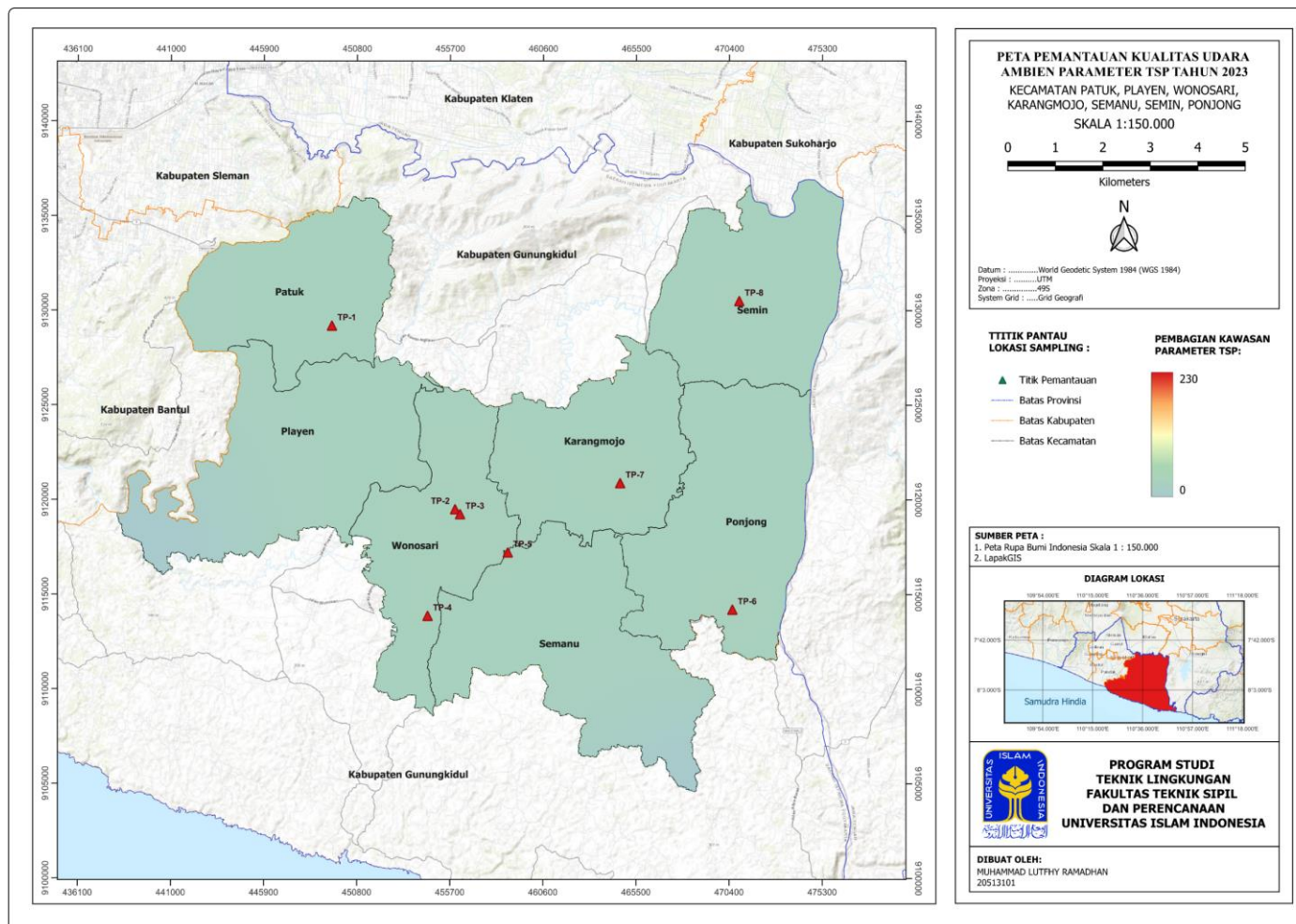


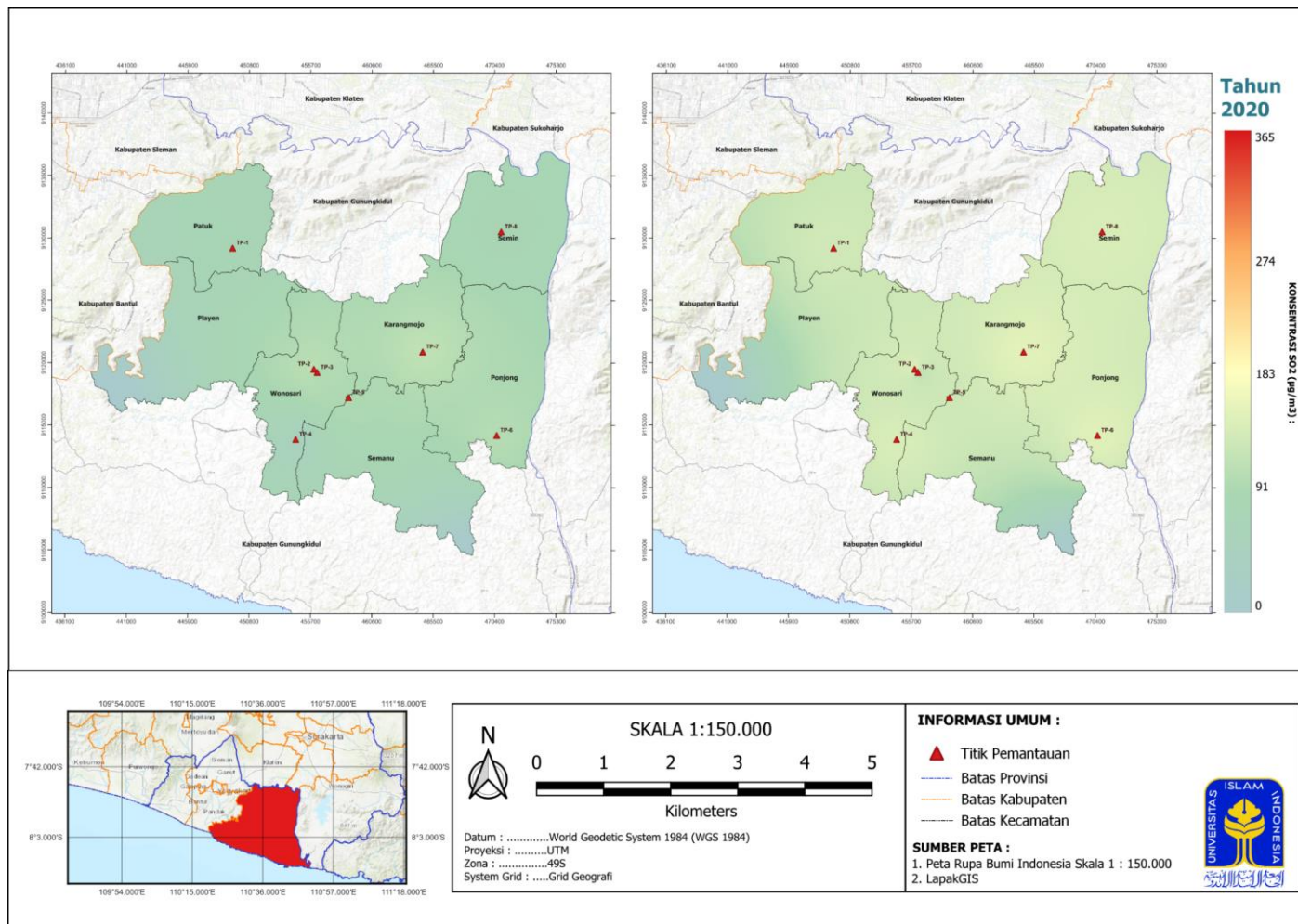
Lampiran 15. Pola Persebaran Parameter CO Tahun 2023



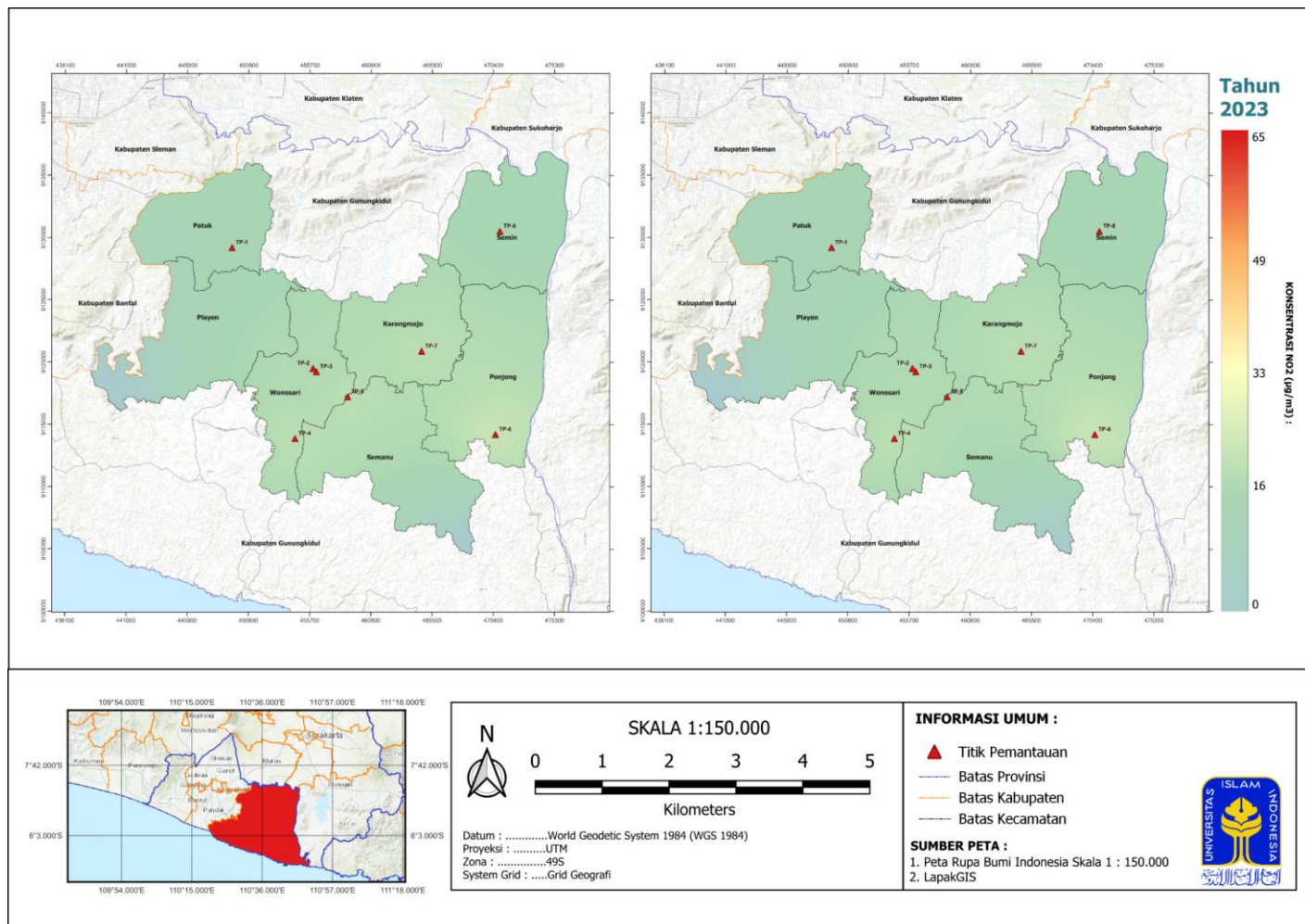




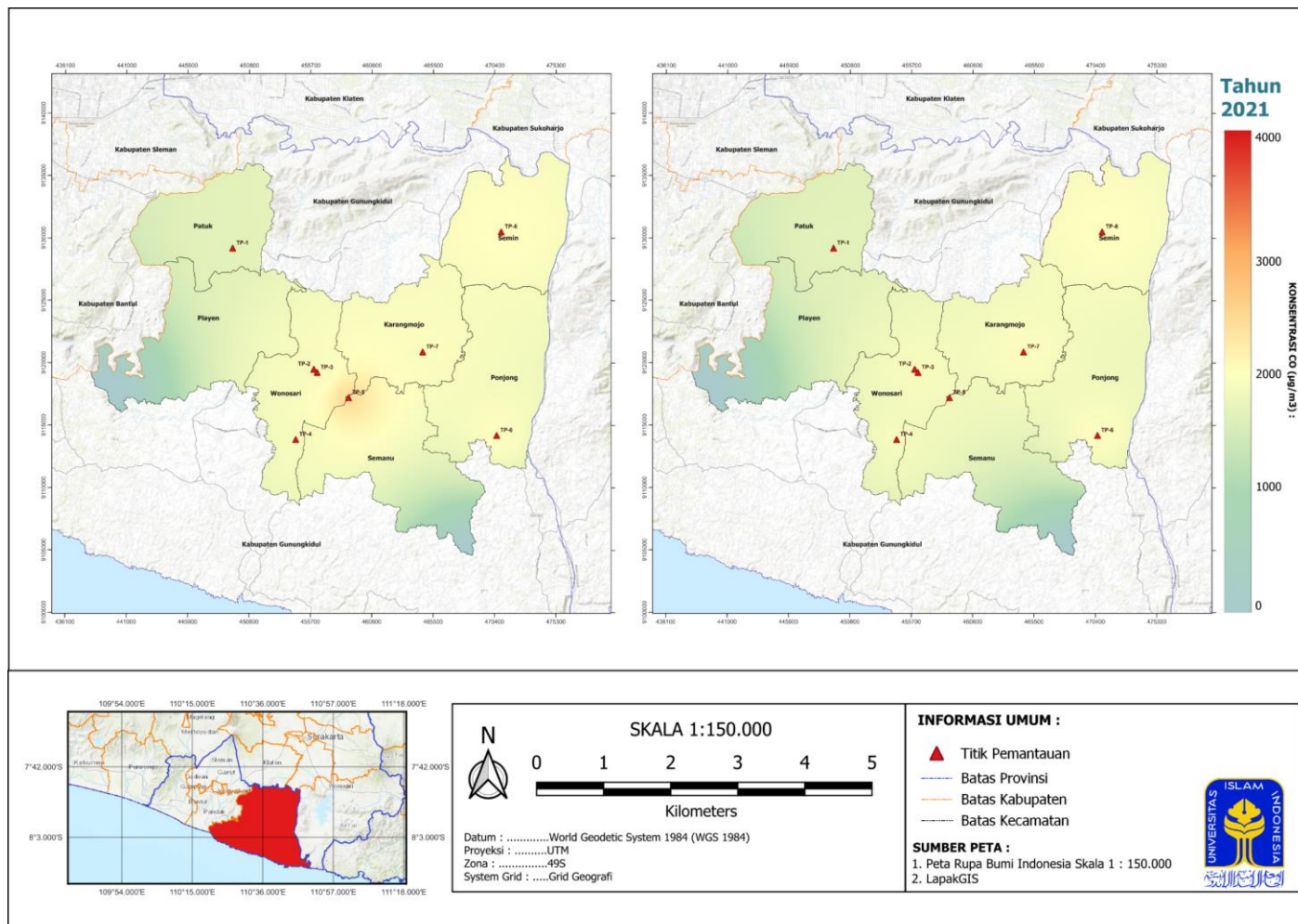




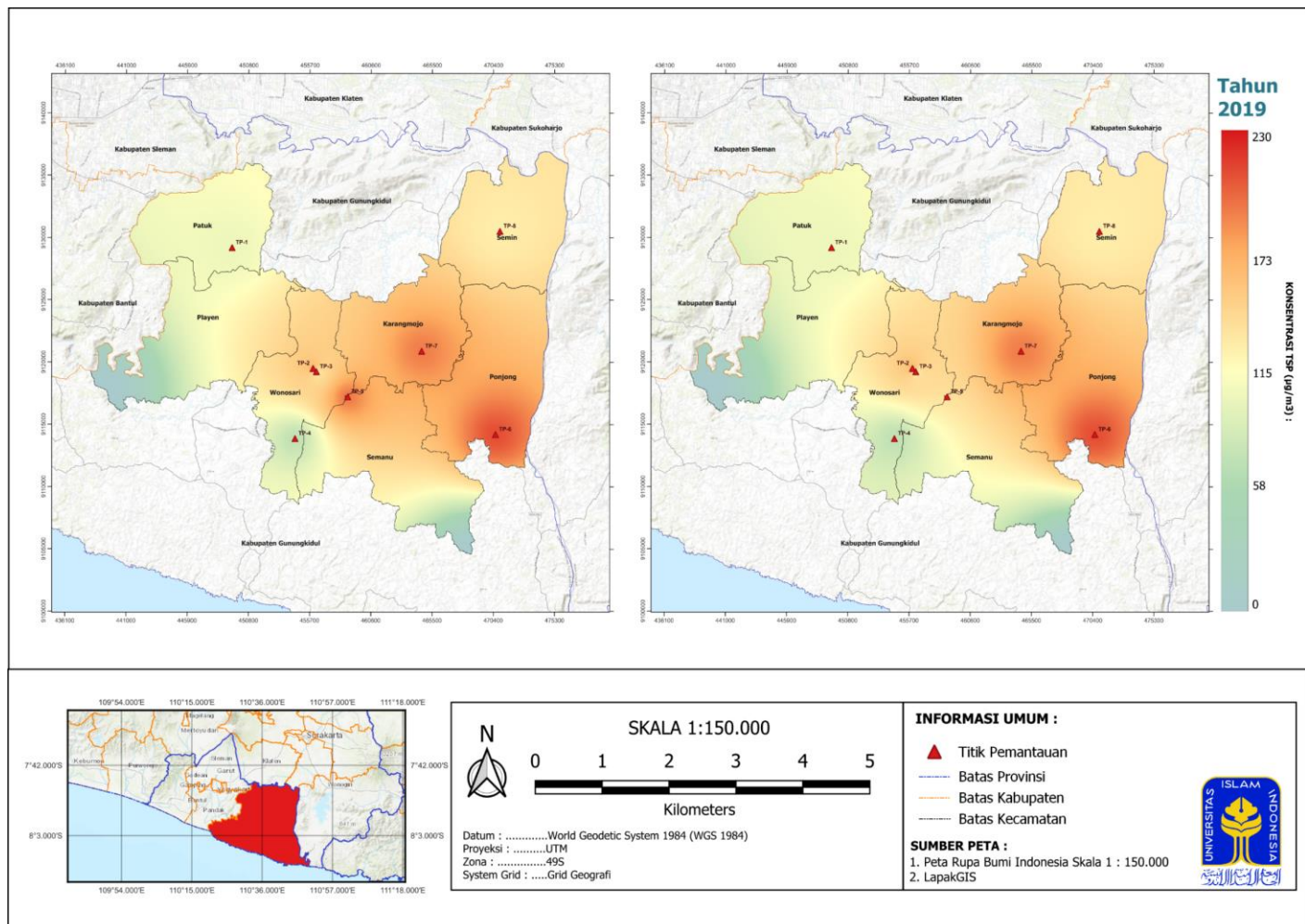
Lampiran 21. Uji Validitas Metode IDW Parameter SO₂



Lampiran 22. Uji Validitas Metode IDW Parameter NO₂



Lampiran 23. Uji Validitas Metode IDW Parameter CO



Lampiran 24. Uji Validitas Metode IDW Parameter TSP

Kode	Lokasi	Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)					Area
		2019	2020	2021	2022	2023	
TP- 1	Pertigaan Sambipitu	190.17	134.2	9.1	15.3	15.3	Transportasi
TP- 2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	288.18	158.5	9.6	14.9	11.9	Perkantoran
TP- 3	Lapangan Parkir/Depan Pasar Wonosari. Gunungkidul	237.25	105.8	9.8	16.4	11.8	Komersial
TP- 4	Depan Pasar Argosari.	143.96	142.9	8.5	13.7	11.9	Pemukiman
TP- 5	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	236.65	166	11.8	15.9	12	Industri
TP- 6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	256.82	151.7	7.5	14.4	13.5	Industri
TP- 7	Perempatan Karangmojo.	284.52	153.6	10.1	15.7	11	Transportasi
TP- 8	Depan Pasar Semin.	202.80	142.6	11.8	16.1	13.4	Komersial
Rata-rata		230.0	144.4	9.8	15.3	12.6	

Lampiran 25. Data Kualitas Udara Ambien Parameter SO₂

Kode	Lokasi	Konsentrasi NO ₂ (µg/m ³)					Area
		2019	2020	2021	2022	2023	
TP- 1	Pertigaan Sambipitu	17.57	17.8	8.9	6.9	14.2	Transportasi
TP- 2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	22.18	16.1	9	7.3	16.8	Perkantoran
TP- 3	Lapangan Parkir/Depan Pasar Wonosari. Gunungkidul	10.22	20.2	9.4	6.5	18	Komersial
TP- 4	Depan Pasar Argosari.	13.48	18.1	7.7	5.2	19.4	Pemukiman
TP- 5	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	25.93	20.8	11.6	6.8	19.7	Industri
TP- 6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	11.09	18.8	6.5	6.8	21.9	Industri
TP- 7	Perempatan Karangmojo.	62.03	17.3	8.6	7.5	19.3	Transportasi
TP- 8	Depan Pasar Semin.	15.63	18.7	11	4.9	15.4	Komersial
Rata-rata		22.3	18.5	9.1	6.5	18.1	

Lampiran 26. Data Kualitas Udara Ambien Parameter NO₂

Kode	Lokasi	Konsentrasi CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Area
		2019	2020	2021	2022	2023	
TP- 1	Pertigaan Sambipitu	1773	2520	1680	1632	1470	Transportasi
TP- 2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	1799	2916	1882	1458	1120	Perkantoran
TP- 3	Lapangan Parkir/Depan Pasar Wonosari. Gunungkidul	2112	2732	1936	1251	1207	Komersial
TP- 4	Depan Pasar Argosari.	680	2137	1892	1308	1344	Pemukiman
TP- 5	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	1152	2502	2411	1282	1316	Industri
TP- 6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	1031	3028	1990	1344	1280	Industri
TP- 7	Perempatan Karangmojo.	953	2877	1964	1583	1065	Transportasi
TP- 8	Depan Pasar Semin.	843	2412	2017	1189	1536	Komersial
Rata-rata		1293.2	2640.5	1971.5	1380.9	1292.3	

Lampiran 27. Data Kualitas Udara Ambien Parameter CO

Kode	Lokasi	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Area
		2019	2020	2021	2022	2023	
TP- 1	Pertigaan Sambipitu	103.8	92.4	16.4	31.6	32.2	Transportasi
TP- 2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	169.27	59.7	16.6	30.8	35.1	Perkantoran
TP- 3	Lapangan Parkir/Depan Pasar Wonosari. Gunungkidul	126.2	74.9	17.1	27.3	32.6	Komersial
TP- 4	Depan Pasar Argosari.	73.93	68.4	16.9	34.1	32.4	Pemukiman
TP- 5	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	192.98	70.3	16.9	28.9	32.3	Industri
TP- 6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	209.51	13.9	16.3	27.7	33.4	Industri
TP- 7	Perempatan Karangmojo.	191.53	86.5	16.2	35.2	32.7	Transportasi
TP- 8	Depan Pasar Semin.	127.68	70.6	16.4	32.2	32.3	Komersial
Rata-rata		149.4	67.1	16.6	31.0	32.9	

Lampiran 28. Data Kualitas Udara Ambien Parameter TSP

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)					Perhitungan ISPU 2020		Hasil Perhitungan	
2019	2020	2021	2022	2023	ISPU	SO ₂ (µg/m ³)	Tahun	Nilai ISPU
190.17	134.2	9.1	15.3	15.3	0	50	-	-
288.18	158.5	9.6	14.9	11.9	51	100	2020	86
237.25	105.8	9.8	16.4	11.8	101	200	2021	34
143.96	142.9	8.5	13.7	11.9	201	300	2022	36
236.65	166	11.8	15.9	12		300	2023	35
256.82	151.7	7.5	14.4	13.5				
284.52	153.6	10.1	15.7	11				
202.8	142.6	11.8	16.1	13.4				
230.0	144.4	9.8	15.3	12.6				

Lampiran 29. Perhitungan ISPU Parameter SO₂

Konsentrasi NO ₂ (µg/m ³)					Perhitungan ISPU		Hasil Perhitungan	
2019	2020	2021	2022	2023	ISPU	NO ₂ (µg/m ³)	Tahun	Nilai ISPU
17.57	17.8	8.9	6.9	14.2	0	50	-	-
22.18	16.1	9	7.3	16.8	51	100	2020	24
10.22	20.2	9.4	6.5	18	101	200	2021	20
13.48	18.1	7.7	5.2	19.4	201	300	2022	19
25.93	20.8	11.6	6.8	19.7		300	2023	24
11.09	18.8	6.5	6.8	21.9				
62.03	17.3	8.6	7.5	19.3				
15.63	18.7	11	4.9	15.4				
22.3	18.5	9.1	6.5	18.1				

Lampiran 30. Perhitungan ISPU Parameter NO₂

Konsentrasi CO (µg/m3)					Perhitungan ISPU		Hasil Perhitungan	
2019	2020	2021	2022	2023	ISPU	CO (µg/m3)	Tahun	Nilai ISPU
1773	2520	1680	1632	1470	0	50	4000	-
1799	2916	1882	1458	1120	51	100	8000	2020
2112	2732	1936	1251	1207	101	200	15000	2021
680	2137	1892	1308	1344	201	300	30000	2022
1152	2502	2411	1282	1316		300	45000	2023
1031	3028	1990	1344	1280				
953	2877	1964	1583	1065				
843	2412	2017	1189	1536				
1293.2	2640.5	1971.5	1380.9	1292.3				

Lampiran 31. Perhitungan ISPU Parameter CO

Kode	Lokasi Sampling	S	E
TP-1	Pertigaan Sambipitu.	07°52'39.8"	110°32'29.9"
TP-2	Depan gapura alun-alun wonosari gunungkidul.	07°57'55.7"	110°36'01.6"
TP-3	Depan Pasar Argosari.	07°58'03.8"	110°37'32.2"
TP-4	Depan Pasar Tradisional Desa Mulo.	08°00'59.1"	110°35'14.3"
TP-5	Dekat PT Supersonic Chemical Industry.	07°59'10.0"	110°37'32.2"
TP-6	Dekat PT Sugih Alamanugroho.	08°00'48.5"	110°43'58.5"
TP-7	Perempatan Karangmojo.	07°57'10.8"	110°40'45.5"
TP-8	Depan Pasar Semin.	07°51'57.5"	110°44'10.4"

Lampiran 32. Titik Koordinat Lokasi Pemantauan Kualitas Udara

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanah Grogot, 13 November 2023. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Syamsir Alam dan Siti Fatimah. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 033 Tanah Grogot pada tahun 2008-2014 di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. SMP Negeri 2 Tanah Grogot pada tahun 2014-2017 di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Tanah Grogot pada tahun 2017-2020 di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Sejak menjadi siswa aktif, penulis pernah ditempatkan magang di Dinas Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Paser selama kurang lebih 3 bulan. Setelah lulus dari jenjang SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi tahun 2020 di Universitas Islam Indonesia dengan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Beberapa kegiatan yang dilakukan pada saat menjadi mahasiswa yaitu menjadi anggota student staff bagian informasi dan komunikasi jurusan Teknik Lingkungan selama 1 periode. Pada tanggal 20 Februari 2023 penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Cakra Manggilingan Jaya pada proyek pembangunan Gedung UNU Yogyakarta dengan topik pembahasan yaitu analisis kriteria Green Building. Pada bulan Mei-Oktober 2023 penulis melakukan penelitian terkait pola distribusi kualitas udara sebelum, saat, dan setelah pandemi di Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Lingkungan.