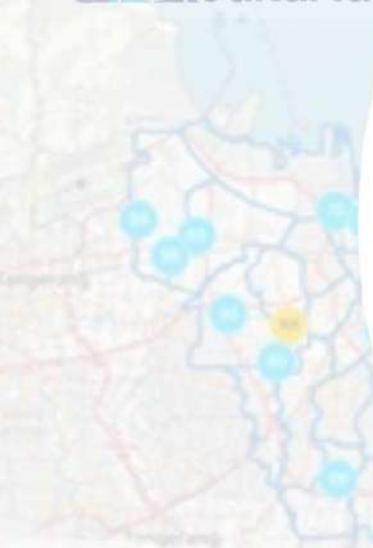




LAPORAN AKHIR

KEGIATAN PEMANTAUAN KUALITAS UDARA PROVINSI DKI JAKARTA TAHUN 2024

UDARA Jakarta



SWAKELOLA TIPE II
DENGAN DEPARTEMEN GFM - FMIPA IPB UNIVERSITY



IPB University
Bogor Indonesia

LAPORAN AKHIR

KEGIATAN PEMANTAUAN KUALITAS UDARA

PROVINSI DKI JAKARTA

TAHUN 2024

PENGARAH

Ir. Erni Pelita Fitratunnisa, M.E.
Rahmawati, S.T., M.Si.
Nofi Rahmawati ARS, S.T., M.T.

TIM PENYUSUN

Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
Pungki Ariwibowo, S.Si.
Fitriya Yulisiah R, S.Si., M.Si.
Arief Wibisono, S.Si.
Nurul Izzati Yulian, S.Si.

TIM PENDUKUNG

Yudith Sarunggu, S.Kom.
Mustika Pusparini, S.Si.
Eko Sasongko
Nathan HS Sihombing, S.E.
Garry TB Gultom, S.hum.
Maria Leny
Afriza Azima



Data Analyst : Adisti P, Farah AD, Aurelia WH, Sifa I, Kayla Resti

Layout : Ben Andaru

Jenis Pekerjaan

Jasa Konsultansi Pemantauan Kualitas Udara DKI Jakarta
Tahun 2024

DINAS LINGKUNGAN HIDUP PROVINSI DKI JAKARTA
BEKERJASAMA DENGAN
DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IPB UNIVERSITY

KATA PENGANTAR

Kualitas udara Kota Jakarta senantiasa mendapat perhatian serius baik dalam skala nasional maupun dunia. Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta telah melakukan pemantauan secara rutin dan menyampaikan laporan secara berkala, sebagaimana disusun pada dokumen ini, yaitu Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Jakarta tahun 2024.

Hasil pemantauan kualitas udara Provinsi Jakarta tahun 2024, menunjukkan sekitar 75% (275 hari) berkategori "sedang", dan 25% (90 hari) berkategori "tidak sehat". Hari berkategori "baik" terpantau di sebagian titik pemantauan. Kategori hari "tidak sehat" meningkat memasuki musim kemarau dengan jumlah tertinggi pada bulan Agustus (58%). Terdapat perbedaan pola fluktuasi konsentrasi partikulat dengan tahun 2023, yang dipengaruhi oleh pola curah hujan yang menurun lebih awal pada tahun ini. Pada periode memasuki musim hujan tahun 2024 terjadi beberapa kondisi partikulat khususnya PM_{2.5} meningkat walaupun terjadi hujan, hal ini menjadi menarik, dan menjadi bahan telaahan serta diskusi lanjut. Peningkatan aktivitas masyarakat yang berkaitan dengan emisi pencemar udara, didukung oleh kondisi cuaca, menyebabkan penurunan kualitas udara.



Sebagai antisipasi penurunan kualitas udara memasuki musim kemarau di Provinsi Jakarta, telah diselenggarakan forum diskusi dengan berbagai pihak terkait, seperti BMKG, Dinas Perhubungan, Akademisi, LSM dan kelompok masyarakat pemerhati kualitas udara lainnya pada bulan Mei 2024. Kegiatan forum diskusi tersebut menghasilkan berbagai poin rencana aksi untuk antisipasi penurunan kualitas udara sebagaimana dicantumkan pada salah satu Bab laporan ini. Selain itu untuk mendukung pengembangan kompetensi staf Dinas Lingkungan Hidup di tingkat Provinsi maupun wilayah diadakan pelatihan pemodelan kualitas udara. Diskusi lanjutan terkait kondisi kualitas udara Jakarta dilakukan kembali pada bulan November 2024.

Pada tahun 2024 terdapat penambahan 9 alat pemantau kualitas udara berbasis sensor yang ditempatkan di 9 lokasi sesuai hasil analisis penentuan lokasi pemantauan. Selain itu terdapat tambahan 3 SPKU referensi hasil kerjasama dengan mitra strategis World Resources Institut (WRI) yang ditempatkan di Marunda, Kantor Walikota Jakarta Barat dan Kantor Walikota Jakarta Timur, serta data Black Carbon (BC) di 4 SPKU referensi DKI, 1 di kantor Walikota Jakarta Timur. Alat pemantau kualitas udara berupa Low Cost Sensor (LCS) sejumlah 13 buah, yang merupakan kerjasama dengan mitra strategis Vital Strategis masih berlanjut tahun ini. Selain itu, instansi BMKG, KLH dan Kedutaan Besar Amerika Serikat juga melaksanakan pemantauan kualitas udara, sehingga total lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta tahun 2024 berjumlah 34 buah. Harapannya, hasil pemantauan kualitas udara dapat lebih merepresentasikan kualitas udara Jakarta.

Semoga Laporan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta tahun 2024 ini menjadi informasi yang bermanfaat bagi kita semua. Terimakasih, salam sehat

Jakarta, Desember 2024
Kepala Dinas Lingkungan Hidup
Provinsi DKI Jakarta

Asep Kuswanto, S.E., M.Si.
NIP 197309021998031006

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
PENDAHULUAN	1
METODOLOGI	4
HASIL EVALUASI.....	7
1. Gambaran Umum Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA).....	8
1.1. SPKUA DKI1 Bundaran HI	11
1.2. SPKUA DKI2 Kelapa Gading.....	13
1.3. SPKUA DKI3 Jagakarsa	15
1.4. SPKUA DKI4 Lubang Buaya.....	16
1.5. SPKUA DKI5 Kebon Jeruk.....	17
1.6. SPKUA DKI6 Manggalabismaya	19
1.7. SPKUA DKI7 Rusunawa Penjaringan	20
1.8. SPKUA DKI8 Ragunan	21
1.9. SPKUA DKI 9 Ciracas	22
1.10. SPKUA DKI 10 Cilangkap	23
1.11. SPKUA DKI 11 Pulomas.....	24
1.12. SPKUA DKI 12 Cendrawasih	25
1.13. SPKUA DKI 13 Gombolpaya	26
1.14. SPKUA DKI 14 Tanjung Timor.....	27
1.15. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Non-DLH (KLHK, BMKG, Kedutaan Besar Amerika Serikat)	28
1.15.1. Stasiun Pemantau Kualitas Udara KLHK (GBK)	28
1.15.2. Stasiun Pemantau Kualitas Udara BMKG (Kemayoran)	29
1.15.3. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Kedutaan Besar Amerika Serikat	30
1.15.4. Stasiun Pemantau Kualitas Udara <i>World Resources Institute (WRI)</i>	32
1.16. Pemantau Kualitas Udara menggunakan <i>Low Cost Sensor (LCS)</i>	33
1.16.1. LCS Hutan Kota Srengseng	33
1.16.2. LCS <i>Jakarta Industrial Estate (JIEP)</i> Pulogadung	34
1.16.3. LCS <i>Jakarta International Stadium (JIS)</i>	35
1.16.4. LCS Jl. D.I. Pandjaitan.....	36
1.16.5. LCS Jl. Fatmawati	37
1.16.6. LCS Jl. Pasar Minggu.....	38
1.16.7. LCS Kota Tua.....	39
1.16.8. LCS Pulau Pramuka	40
1.16.9. LCS SDN Marunda	41
1.16.10. LCS SPKU Kelapa Gading	42
1.16.11. LCS Taman Delonix	43
1.16.12. LCS Tebet Ecopark.....	44
1.16.13. LCS Terminal Kalideres	45

2. Kualitas Udara per Wilayah Administrasi	47
2.1. JAKARTA PUSAT	47
2.2. JAKARTA UTARA	52
2.3. JAKARTA SELATAN	56
2.4. JAKARTA TIMUR	60
2.5. JAKARTA BARAT	64
2.6. KEPULAUAN SERIBU	68
3. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi di Stasiun Pemantau Referensi	72
3.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA)	72
3.1.1. Analisis Kualitas Udara Hasil Pemantauan 5 SPKUA DLH Provinsi Jakarta.....	73
3.1.1.1. Partikulat (<i>Particulate Matter – PM</i>).....	73
3.1.1.2. Karbon Monoksida (CO).....	82
3.1.1.3. Sulfur Dioksida (SO ₂).....	86
3.1.1.4. Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	90
3.1.1.5. Ozon (O ₃).....	94
3.1.1.6. Hidrokarbon (HC).....	100
3.1.2. Kualitas Udara Berdasarkan Data Pemantauan Non DLH DKI (US Embassy, BMKG, KLHK dan WRI).....	105
3.1.3. Analisis Kondisi Meteorologi.....	109
3.3.1. Radiasi Matahari	109
3.3.2. Suhu.....	111
3.3.3. Kelembapan Udara.....	112
3.3.4. Angin.....	114
3.3.5. Curah Hujan	116
3.1.4. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara.....	117
3.4.1. Pengaruh Radiasi, Suhu, dan Kelembapan (RH).....	117
3.4.2. Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin).....	119
3.4.3. Pengaruh Curah Hujan (Musim Hujan dan Kemarau)	125
4. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi di Stasiun Pemantau Berbasis Sensor.....	127
4.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA)	127
4.1.1. Partikulat (<i>Particulate Matter – PM</i>).....	127
4.1.2. Karbon Monoksida (CO).....	134
4.1.3. Sulfur Dioksida (SO ₂).....	136
4.1.4. Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	139
4.1.5. Ozon (O ₃).....	142
4.2. Analisis Kondisi Meteorologi.....	146
4.2.1. Radiasi Matahari	146
4.2.2. Suhu Udara	147
4.2.3. Kelembapan Udara.....	148
4.2.4. Angin	149
4.3. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara.....	152
4.3.1. Pengaruh Radiasi, Suhu, dan Kelembapan (RH).....	152
4.3.2. Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin).....	154
5. Analisis Kualitas Udara berdasar Data Pemantauan <i>Low-Cost Sensor (LCS)</i>.....	158

6. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	162
6.1. ISPU per SPKUA	162
6.2. ISPU DKI Jakarta	163
7. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara	165
7.1. Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) 165	
7.2. Analisis Kebijakan Pembatasan Kendaraan Ganjil Genap (Gage).....	171
8. Pemodelan Kualitas Udara.....	173
8.1. Model Sebaran Spasial Konsentrasi PM _{2,5} Berdasarkan Data SPKUA dan <i>Low Cost Sensor</i>	173
8.2. Pemodelan Spasial Konsentrasi Polutan dari Sumber Emisi menggunakan AERMODVIEW	176
8.3. Pemodelan HSYPLIT-CWT untuk Prediksi Sumber Pencemar.....	177
9. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2022-2024)....	180
9.1. PM ₁₀	180
9.2. PM _{2,5}	181
9.3. Ozon	182
9.4. SO ₂	183
9.5. NO ₂	184
10. Analisis Status Mutu Udara Ambien 2024	186
11. Laporan Pelaksanaan <i>Focus Group Discussion</i> dan Pelatihan Pemodelan Kualitas Udara 192	
11.1 Pelaksanaan FGD Antisipasi Potensi Penurunan Kualitas Udara Menjelang Musim Kemarau Tahun 2024	192
11.2 Diskusi Kualitas Udara dan Pelatihan Pemodelan Kualitas Udara.....	197
SIMPULAN.....	199
DAFTAR PUSTAKA	232
LAMPIRAN	236

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta (tanpa Kepulauan Seribu)	10
Gambar 2 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat.....	11
Gambar 3 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI (Dokumentasi: DLH DKI Jakarta, 2023/2024)	12
Gambar 4 Posisi stasiun pemantau kualitas udara <i>roadside</i> menurut SNI 19-7119.9-2005	12
Gambar 5 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara.....	13
Gambar 6 Kondisi vegetasi di sekitar alat pemantau di SPKUA DKI2 Kelapa Gading (Dokumentasi: Tim <i>Survey</i> DLH DKI Jakarta, 2023).....	14
Gambar 7 Posisi ketinggian sensor alat pemantau terhadap pohon atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005	14
Gambar 8 Posisi jarak alat pemantau terhadap bangunan atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005.....	14
Gambar 9 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading terhadap aktivitas lainnya di wilayah Jakarta Utara seperti industri (lingkaran biru) dan jalan tol (panah hijau) (Sumber: Googlemap 2023).....	15
Gambar 10 Kondisi SPKUA DKI3 Jagakarsa Jakarta Selatan.....	16
Gambar 11 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 Jagakarsa (Dokumentasi: Tim <i>Survey</i> DLH DKI, 2023)	16
Gambar 12 Kondisi SPKUA DKI4 Lubang Buaya Jakarta Timur.....	17
Gambar 13 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya (a) kondisi vegetasi, (b) dekat area parkir Pancasila Sakti Monumen (Dokumentasi Tim DLH, 2023)	17
Gambar 14 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat.....	18
Gambar 15 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat. Lapangan olahraga di sebelah kanan SPKUA dalam foto ini (Dokumentasi: Tim <i>Survey</i> DLH DKI, 2023).....	18
Gambar 16 Posisi Lokasi pemantauan kualitas udara di RPTRA Manggalabisma Jakarta Utara	19
Gambar 17 Kondisi sekitar stasiun pemantau kualitas udara RPTRA Manggalabisma.....	19
Gambar 18 Posisi Lokasi pemantauan kualitas udara di Penjaringan.....	20
Gambar 19 Kondisi sekitar stasiun pemantau kualitas udara Penjaringan	21
Gambar 20 Posisi lokasi pemantauan kualitas udara di Ragunan.....	22
Gambar 21 Kondisi lingkungan sekitar SPKU Ragunan (tanda panah kuning gedung tinggi sekitar 4 lantai), dan lapangan bola sebelah kanan.....	22
Gambar 22 Posisi Lokasi SPKU DKI9 Ciracas Jakarta Timur	23
Gambar 23 Kondisi sekitar lokasi SPKU DKI9 Ciracas Jakarta Timur.....	23
Gambar 24 Posisi lokasi pemantauan kualitas udara DKI10 Cilangkap	24
Gambar 25 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI10 Cilangkap	24
Gambar 26 Posisi lokasi pemantauan DKI11 Pulomas Jakarta Timur	25
Gambar 27 Kondisi lokasi sekitar pemantauan DKI11 Pulomas.....	25
Gambar 28 Posisi pemantauan kualitas udara DKI12 Cendrawasih di Jakarta Barat	26
Gambar 29 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI12 Cendrawasih.....	26

Gambar 30 Posisi pemantauan kualitas udara DKI13 Gombolpaya di Jakarta Barat	27
Gambar 31 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI13 Gombolpaya di Jakarta Barat	27
Gambar 32 Posisi pemantauan kualitas udara DKI14 Tanjung Timor di Kepulauan Seribu	28
Gambar 33 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI14 Tanjung Timor di Kepulauan Seribu	28
Gambar 34 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah.....	29
Gambar 35 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK (Dokumentasi DLH 2021).....	29
Gambar 36 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran.....	30
Gambar 37 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran (a) posisi terhadap gedung utama (b) posisi terhadap vegetasi di sekitarnya (Sumber: Dokumen Tim DLH).....	30
Gambar 38 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat.....	31
Gambar 39 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan	31
Gambar 40 Alat pemantauan di kantor walikota Jakarta Timur (kiri) dan Jakarta Barat (kanan)	32
Gambar 41 Lokasi pemantauan WRI (a) Jakarta Timur, (b) Jakarta Barat, (c) Marunda Jakarta Utara	32
Gambar 42 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Hutan Kota Srengseng	34
Gambar 43 Posisi alat pemantau LCS Hutan Kota Srengseng	34
Gambar 44 Posisi Lokasi LCS Jakarta Industrial Estate Pulogadung (JIEP).....	35
Gambar 45 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS <i>Jakarta Industrial Estate Pulogadung (JIEP)</i>	35
Gambar 46 Posisi Lokasi LCS Jakarta International Stadium (JIS)	36
Gambar 47 Kondisi sekitar lokasi LCS <i>Jakarta International Stadium</i> (JIS) (a) lokasi sekitar dekat jalan raya dan jalan layang, (b) posisi pemantau pada ketinggian lantai 2 selasar JIS, (c) <i>view</i> posisi sensor dari jalan raya.....	36
Gambar 48 Posisi Lokasi LCS Jl. D.I. Panjaitan di Jakarta Timur.....	37
Gambar 49 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. D.I. Panjaitan di Jakarta Timur	37
Gambar 50 Posisi Lokasi LCS Jl. Fatmawati.....	38
Gambar 51 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. Fatmawati	38
Gambar 52 Posisi Lokasi LCS Jl. Pasar Minggu di Jakarta Selatan.....	39
Gambar 53 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. Pasar Minggu di Jakarta Selatan ...	39
Gambar 54 Posisi Lokasi LCS Kota Tua di Jakarta Barat	40
Gambar 55 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Kota Tua di Jakarta Barat.....	40
Gambar 56 Posisi Lokasi LCS Pulau Pramuka di Kepulauan Seribu	41
Gambar 57 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Pulau Pramuka di Kepulauan Seribu	41
Gambar 58 Posisi Lokasi LCS SDN Marunda di Jakarta Utara.....	42
Gambar 59 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS SDN Marunda di Jakarta Utara	42
Gambar 60 Posisi LCS Kelapa Gading Jakarta Utara.....	43
Gambar 61 Posisi Lokasi LCS Taman Delonix	44
Gambar 62 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Taman Delonix.....	44

Gambar 63 Posisi Lokasi LCS Tebet Ecopark.....	45
Gambar 64 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Tebet Ecopark.....	45
Gambar 65 Posisi Lokasi LCS Terminal Kalideres.....	46
Gambar 66 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Terminal Kalideres	46
Gambar 67 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Pusat	47
Gambar 68 Persentase ISPU wilayah Jakarta Pusat (a) tahunan (b) per bulan	48
Gambar 69 Fluktuasi konsentrasi partikulat (PM _{2.5} atas, PM ₁₀ bawah) rata-rata per bulan wilayah Jakarta Pusat.....	48
Gambar 70 Fluktuasi konsentrasi partikulat diurnal wilayah Jakarta Pusat	49
Gambar 71 Fluktuasi konsentrasi O ₃ dan NO ₂ diurnal wilayah Jakarta Pusat.....	49
Gambar 72 Fluktuasi konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Pusat	50
Gambar 73 Curah hujan bulanan wilayah Jakarta Pusat	51
Gambar 74 Kondisi meteorologi (a) arah angin (b) kecepatan angin diurnal (c) kecepatan angin 30 menit wilayah Jakarta Pusat.....	51
Gambar 75 Sebaran pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Utara.....	52
Gambar 76 Persentase ISPU wilayah Jakarta Utara (a) tahunan (b) per bulan.....	53
Gambar 77 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Utara.....	53
Gambar 78 Pola fluktuasi diurnal partikulat di Jakarta Utara	54
Gambar 79 Pola fluktuasi harian partikulat di Jakarta Utara.....	54
Gambar 80 Kondisi meteorologi (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) windrose Kelapa Gading (d) windrose Manggalabisma (e) windrose Penjaringan dan (f) kecepatan angin harian wilayah Jakarta Utara.....	55
Gambar 81 Lokasi pemantauan kualitas udara di Jakarta Selatan	56
Gambar 82 Persentase ISPU wilayah Jakarta Selatan (a) tahunan, (b) per bulan	57
Gambar 83 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Selatan	57
Gambar 84 Fluktuasi diurnal partikulat wilayah Jakarta Selatan (a) PM _{2.5} , (b) PM ₁₀	58
Gambar 85 Fluktuasi rata-rata harian partikulat wilayah Jakarta Selatan.....	58
Gambar 86 Kondisi meteorologi Jakarta Selatan (a) windrose Jagakarsa, (b) windrose Ragunan, (c) kecepatan angin diurnal (d) kecepatan angin rata-rata harian....	59
Gambar 87 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Timur	60
Gambar 88 Persentase ISPU wilayah Jakarta Timur (a) tahunan, (b) per bulan	61
Gambar 89 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Timur	61
Gambar 90 Fluktuasi rata-rata konsentrasi partikulat diurnal wilayah Jakarta Timur.....	62
Gambar 91 Fluktuasi rata-rata konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Timur	62
Gambar 92 Kegiatan masyarakat di sekitar Lubang Buaya.....	63
Gambar 93 Kondisi meteorologi Jakarta Timur (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) windrose (d) kecepatan angin harian	63
Gambar 94 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Barat.....	64
Gambar 95 Persentase ISPU wilayah Jakarta Barat (a) tahunan, (b) per bulan.....	65
Gambar 96 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Barat.....	66
Gambar 97 Fluktuasi konsentrasi partikulat diurnal Jakarta Barat (a) PM _{2.5} (b) PM ₁₀	66
Gambar 98 Fluktuasi konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Barat	67
Gambar 99 Kondisi meteorologi (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) arah angin dominan (d) kecepatan angin harian Jakarta Barat	68
Gambar 100 Lokasi pemantauan di Kepulauan Seribu	68

Gambar 101 Fluktuasi konsentrasi rata-rata per bulan partikulat wilayah Kepulauan Seribu	69
Gambar 102 Fluktuasi konsentrasi diurnal partikulat wilayah Kepulauan Seribu.....	70
Gambar 103 Fluktuasi konsentrasi harian partikulat wilayah Kepulauan Seribu.....	70
Gambar 104 Kondisi meteorologi (a) arah angin (b) kecepatan angin diurnal (c) kecepatan angin harian Kepulauan Seribu	71
Gambar 105 Kisaran konsentrasi $PM_{2.5}$ harian antar lokasi pemantauan tahun 2024.....	74
Gambar 106 Fluktuasi konsentrasi $PM_{2.5}$ per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	74
Gambar 107 Fluktuasi konsentrasi $PM_{2.5}$ per 30 menit musim kemarau tahun 2024	75
Gambar 108 Fluktuasi diurnal konsentrasi $PM_{2.5}$ per bulan tahun 2024.....	76
Gambar 109 Fluktuasi konsentrasi $PM_{2.5}$ rata-rata harian antar bulan tahun 2024	77
Gambar 110 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	77
Gambar 111 Konsentrasi rata-rata bulanan $PM_{2.5}$ tahun 2024 pada tiap SPKUA	78
Gambar 112 Kisaran nilai konsentrasi PM_{10} harian antar lokasi pemantauan tahun 2024	78
Gambar 113 Fluktuasi konsentrasi PM_{10} per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	79
Gambar 114 Fluktuasi konsentrasi PM_{10} per 30 menit musim kemarau tahun 2024	79
Gambar 115 Fluktuasi konsentrasi diurnal per bulan tahun 2024.....	80
Gambar 116 Fluktuasi konsentrasi PM_{10} rata-rata harian per bulan tahun 2024	81
Gambar 117 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM_{10} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	81
Gambar 118 Konsentrasi rata-rata harian PM_{10} per bulan tahun 2024 pada tiap SPKUA	82
Gambar 119 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2024 ..	82
Gambar 120 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	83
Gambar 121 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit musim kemarau tahun 2024	84
Gambar 122 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2024.....	85
Gambar 123 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) tahun 2024.....	85
Gambar 124 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU	86
Gambar 125 Kisaran konsentrasi SO_2 harian antar lokasi pemantau tahun 2024	86
Gambar 126 Fluktuasi konsentrasi SO_2 per 30 menit musim hujan tahun 2024	87
Gambar 127 Fluktuasi konsentrasi SO_2 per 30 menit musim kemarau tahun 2024	88
Gambar 128 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO_2 Januari-Desember tahun 2024	88
Gambar 129 Fluktuasi konsentrasi SO_2 rata-rata harian per bulan tahun 2024.....	89
Gambar 130 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO_2 rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
Gambar 131 Konsentrasi rata-rata harian SO_2 per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU.....	90
Gambar 132 Kisaran konsentrasi NO_2 harian antar lokasi pemantau tahun 2024.....	91
Gambar 133 Fluktuasi konsentrasi NO_2 per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	91
Gambar 134 Fluktuasi konsentrasi NO_2 per 30 menit musim kemarau tahun 2024	92
Gambar 135 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO_2 per bulan tahun 2024	93
Gambar 136 Fluktuasi konsentrasi NO_2 rata-rata harian tahun 2024	93
Gambar 137 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO_2 rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	94
Gambar 138 Konsentrasi rata-rata harian NO_2 per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU.....	94
Gambar 139 Kisaran konsentrasi O_3 harian antar lokasi pemantau tahun 2024.....	95

Gambar 140 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	96
Gambar 141 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit musim kemarau tahun 2024	96
Gambar 142 Fluktuasi diurnal konsentrasi O ₃ tahun 2024	97
Gambar 143 Fluktuasi konsentrasi O ₃ rata-rata harian (8 jam) tahun 2024.....	98
Gambar 144 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O ₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98
Gambar 145 Konsentrasi rata-rata harian O ₃ per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU	99
Gambar 146 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO ₂ , NOx, dan O ₃ tahun 2024	99
Gambar 147 Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	101
Gambar 148 Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit musim kemarau tahun 2024 ...	101
Gambar 149 Fluktuasi diurnal hidrokarbon (NMHC).....	102
Gambar 150 Konsentrasi harian NMHC tahun 2024.....	103
Gambar 151 Konsentrasi polutan rata-rata per pekan pada 5 stasiun.....	104
Gambar 152 Konsentrasi rata-rata per bulan pemantauan non DLH DKI 2024	106
Gambar 153 Pola Fluktuasi data PM _{2,5} SPKUA non DLH DKI di Jakarta Pusat dibandingkan dengan SPKUA DLH DKI1 Bundaran HI	107
Gambar 154 Konsentrasi PM _{2,5} SPKU WRI Marunda, Jakarta Barat, dan Jakarta Timur ...	107
Gambar 155 Fluktuasi konsentrasi BC di 5 lokasi pemantauan tahun 2024	108
Gambar 156 Konsentrasi Black Carbon rata-rata per bulan pada 5 lokasi pemantauan tahun 2024.....	108
Gambar 157 Fluktuasi diurnal konsentrasi <i>Black Carbon</i> pada 5 lokasi pemantauan tahun 2024.....	109
Gambar 158 Fluktuasi radiasi matahari rata-rata harian tahun 2024.....	110
Gambar 159 Fluktuasi radiasi matahari diurnal tahun 2024	110
Gambar 160 Fluktuasi suhu udara rata-rata harian tahun 2024	111
Gambar 161 Fluktuasi suhu udara diurnal tahun 2024	112
Gambar 162 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2024.....	113
Gambar 163 Fluktuasi kelembapan udara diurnal tahun 2024.....	113
Gambar 164 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2024.....	114
Gambar 165 Fluktuasi kecepatan angin diurnal tahun 2024.....	115
Gambar 166 Pola angin berdasar <i>Windrose plot</i> tahun 2024.....	116
Gambar 167 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2024	116
Gambar 168 <i>Polar Plot</i> partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024	120
Gambar 169 <i>Polar Plot</i> SO ₂ di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024	122
Gambar 170 <i>Polar Plot</i> CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024.....	123
Gambar 171 <i>Polar Plot</i> partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024.....	124
Gambar 172 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar (a) bulanan (b) harian tahun 2024.....	126
Gambar 173 Boxplot Konsentrasi PM _{2,5}	128
Gambar 174 Fluktuasi konsentrasi PM _{2,5} per 30 menit musim hujan tahun 2024	128
Gambar 175 Fluktuasi konsentrasi PM _{2,5} per 30 menit musim kemarau tahun 2024 ...	129
Gambar 176 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2,5} per bulan tahun 2024	129
Gambar 177 Fluktuasi harian konsentrasi PM _{2,5} per bulan tahun 2024	130
Gambar 178 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM _{2,5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	131
Gambar 179 Boxplot Konsentrasi PM ₁₀	131

Gambar 180 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	132
Gambar 181 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ per 30 menit musim kemarau tahun 2024	132
Gambar 182 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM ₁₀ per bulan tahun 2024.....	132
Gambar 183 Fluktuasi harian PM ₁₀ per bulan tahun 2024	133
Gambar 184 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM ₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	134
Gambar 185 Boxplot konsentrasi CO	134
Gambar 186 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit hujan tahun 2024.....	135
Gambar 187 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit kemarau tahun 2024	135
Gambar 188 Fluktuasi konsentrasi CO diurnal tahun 2024.....	136
Gambar 189 Fluktuasi konsentrasi CO harian tahun 2024	136
Gambar 190 Boxplot konsentrasi SO ₂	137
Gambar 191 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024.....	137
Gambar 192 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024	137
Gambar 193 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ diurnal tahun 2024	138
Gambar 194 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ harian tahun 2024.....	138
Gambar 195 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO ₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	139
Gambar 196 Boxplot konsentrasi NO ₂	139
Gambar 197 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024	140
Gambar 198 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024	140
Gambar 199 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ diurnal tahun 2024.....	141
Gambar 200 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ harian tahun 2024	141
Gambar 201 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO ₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	141
Gambar 202 Boxplot konsentrasi ozon	142
Gambar 203 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit musim hujan tahun 2024	142
Gambar 204 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit musim kemarau tahun 2024.....	143
Gambar 205 Fluktuasi konsentrasi O ₃ diurnal tahun 2024	143
Gambar 206 Fluktuasi konsentrasi O ₃ harian tahun 2024	144
Gambar 207 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi O ₃ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144
Gambar 208 Konsentrasi diurnal (a) PM _{2.5} dan (b) PM ₁₀ per pekan pada 9 SPKU	145
Gambar 209 Fluktuasi radiasi matahari rata-rata harian tahun 2024.....	146
Gambar 210 Fluktuasi diurnal radiasi matahari tahun 2024	146
Gambar 211 Fluktuasi suhu udara rata-rata harian tahun 2024	147
Gambar 212 Fluktuasi diurnal suhu udara per bulan tahun 2024.....	148
Gambar 213 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2024.....	148
Gambar 214 Fluktuasi diurnal kelembapan udara per bulan tahun 2024	149
Gambar 215 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2024.....	150
Gambar 216 Fluktuasi diurnal kecepatan angin per bulan tahun 2024.....	150
Gambar 217 Pola angin berdasar <i>Windrose plot</i> tahun 2024.....	151
Gambar 218 <i>Polar Plot</i> partikulat di 9 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024.....	155
Gambar 219 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2.5} tahun 2024 di lokasi Low-Cost Sensor (per wilayah administrasi).....	159

Gambar 220 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian tahun 2024 di lokasi <i>Low-Cost Sensor</i> (per wilayah administrasi)	159
Gambar 221 Konsentrasi PM _{2.5} rata-rata bulanan tahun 2024 di lokasi <i>Low Cost Sensor</i> (per wilayah administrasi)	161
Gambar 222 Hasil analisis ISPU bulanan per SPKUA di DKI Jakarta tahun 2024	163
Gambar 223 Hasil analisis ISPU DKI Jakarta tahun 2024	164
Gambar 224 Persentase nilai ISPU DKI Jakarta tahun 2024	164
Gambar 225 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB 17 Desember 2024 (Sumber: Dokumen pribadi)	165
Gambar 226 Persentase penurunan konsentrasi polutan saat HBKB dibandingkan rata-rata Hari Kerja (keterangan : warna hijau >75% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata, warna biru 50-75% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata, warna kuning 25-50% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata) ..	166
Gambar 227 Persentase perubahan konsentrasi PM ₁₀ terhadap hari kerja dan Sabtu....	166
Gambar 228 Persentase perubahan konsentrasi PM _{2.5} terhadap hari kerja dan Sabtu... <td>167</td>	167
Gambar 229 Persentase perubahan konsentrasi SO ₂ terhadap hari kerja dan Sabtu.....	167
Gambar 230 Persentase perubahan konsentrasi CO terhadap hari kerja dan Sabtu	168
Gambar 231 Persentase perubahan konsentrasi O ₃ terhadap hari kerja dan Sabtu	168
Gambar 232 Persentase perubahan konsentrasi NO terhadap hari kerja dan Sabtu.....	169
Gambar 233 Persentase perubahan konsentrasi NO ₂ terhadap hari kerja dan Sabtu	169
Gambar 234 Persentase perubahan konsentrasi THC terhadap hari kerja dan Sabtu	170
Gambar 235 Persentase perubahan konsentrasi NMHC terhadap hari kerja dan Sabtu .	170
Gambar 236 Plot rata-rata rata-rata konsentrasi PM _{2.5} di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dan ruas non-GAGE (Pasar Minggu) dengan (LCS).....	171
Gambar 237 Plot rata-rata jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dengan rata-rata konsentrasi PM _{2.5} (LCS).....	172
Gambar 238 Peta dispersi PM _{2.5} rata-rata harian bulan Januari-April 2024.....	173
Gambar 239 Peta dispersi PM _{2.5} rata-rata harian bulan Mei-Agustus 2024.....	174
Gambar 240 Sebaran konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian September-Desember 2024...	175
Gambar 241 Sebaran lokasi dengan konsentrasi PM _{2.5} yang melebihi BMUA 24 jam	176
Gambar 242 Model sebaran polutan menggunakan <i>AERMODView</i>	177
Gambar 243 Prediksi sumber pencemar pada bulan Januari	178
Gambar 244 Prediksi sumber pencemar pada bulan Juli	179
Gambar 245 Perbandingan konsentrasi PM ₁₀ bulanan dan antar tahun.....	180
Gambar 246 Perbandingan konsentrasi PM _{2.5} bulanan dan antar tahun.....	181
Gambar 247 Perbandingan konsentrasi O ₃ bulanan dan antar tahun	182
Gambar 248 Perbandingan konsentrasi SO ₂ bulanan dan antar tahun	183
Gambar 249 Perbandingan konsentrasi NO ₂ bulanan dan antar tahun.....	184
Gambar 250 Dokumentasi kegiatan FGD 2024	196
Gambar 251 Dokumentasi pelatihan pemodelan kualitas udara tanggal 11-12 November 2024.....	197
Gambar 252 Dokumentasi diskusi kualitas udara dan pelatihan pemodelan kualitas udara tanggal 15 November 2024	198

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) DKI Jakarta	9
Tabel 2 Lokasi Pemantauan Kualitas Udara menggunakan <i>Low Cost Sensor</i> (LCS).....	10
Tabel 3 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Pusat.....	47
Tabel 4 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Utara	52
Tabel 5 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Selatan.....	56
Tabel 6 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Timur.....	60
Tabel 7 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Barat	65
Tabel 8 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Kepulauan Seribu.....	69
Tabel 9 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 stasiun referensi.....	72
Tabel 10 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembapan udara (RH) tahun 2024.....	117
Tabel 11 Korelasi antara partikulat dan SO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024	118
Tabel 12 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024.....	118
Tabel 13 Korelasi antara NO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024.....	119
Tabel 14 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin tahun 2024...	119
Tabel 15 Korelasi curah hujan bulanan terhadap rata-rata konsentrasi partikulat tahun 2024	126
Tabel 16 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 stasiun berbasis sensor	127
Tabel 17 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembaban udara (RH) tahun 2024.....	152
Tabel 18 Korelasi antara partikulat dan SO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024	153
Tabel 19 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024.....	153
Tabel 20 Korelasi antara NO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024.....	153
Tabel 21 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin tahun 2024...	154
Tabel 22 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 berdasar LCS.....	158
Tabel 23 Rentang Kategori ISPU berdasar PermenLHK No 14 Tahun 2020.....	162
Tabel 24 Jumlah hari ISPU setiap SPKUA dan keseluruhan DKI Jakarta tahun 2024	164
Tabel 25 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2024.....	186
Tabel 26 Status mutu udara ambien wilayah DKI1 Bundaran HI tahun 2024	187
Tabel 27 Status mutu udara ambien wilayah DKI2 Kelapa Gading tahun 2024	188
Tabel 28 Status mutu udara ambien wilayah DKI3 Jagakarsa tahun 2024	188
Tabel 29 Status mutu udara ambien wilayah DKI4 Lubang Buaya tahun 2024.....	189
Tabel 30 Status mutu udara ambien wilayah DKI5 Kebon Jeruk tahun 2024.....	189
Tabel 31 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2024.....	190
Tabel 32 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta tahun 2024	191

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Daerah dan Nasional	232
Lampiran 2 Perhitungan ISPU	233
Lampiran 3 Peta Lokasi Ganjil Genap	235
Lampiran 4 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 3 Tahun	236
Lampiran 5 Konsentrasi rata-rata tahunan dan persentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun	237
Lampiran 6 Modul <i>AERMOD View</i>	239
Lampiran 7 Modul <i>CALRoads View</i>	250

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kualitas udara perkotaan menjadi isu penting, karena berkaitan erat dengan kesehatan masyarakat. Berbagai aktivitas di wilayah perkotaan yang dapat memicu penurunan kualitas udara antara lain transportasi, domestik maupun industri serta aktivitas konstruksi dalam rangka memperbaiki infrastruktur kota.

Masalah penurunan kualitas udara kota besar merupakan masalah yang umum terjadi terutama di kota-kota yang sudah termasuk *megacities*, yaitu kota yang penduduknya sudah melebihi 10 juta jiwa (WMO 2012, Molina *et al.* 2020, Molina 2021). Demikian pula Kota Jakarta, yang memiliki penduduk melebihi 10 juta jiwa (BPS 2023), berbagai permasalahan lingkungan termasuk pencemaran udara sudah memerlukan perhatian dan penanganan yang tepat. Isu kualitas udara kota Jakarta kerap muncul di media massa nasional maupun internasional, terutama menjelang musim kemarau. Kasus tahun 2023 cukup serius dan menjadi perhatian penting, yang dipicu oleh musim kemarau yang lebih panjang. Pada tahun 2024 memiliki pola berbeda, sehingga dinamika kualitas udara selain dipengaruhi sumber emisi juga oleh kondisi cuaca atau iklim.

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan baik jangka pendek maupun jangka panjang dapat berupa gangguan pernapasan seperti Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA), hingga gangguan organ tubuh lain, seperti organ reproduksi berupa gangguan kehamilan, gangguan saraf dan bahkan berdampak pada kematian (WHO 2022, Fuller *et al.* 2023, Hospido *et al.* 2023). Menurut WHO (2022a) pencemaran udara ambien telah berkontribusi sebesar 7.6% kematian di seluruh dunia, dan tidak kurang dari 7 juta kematian dini setiap tahun, akibat penyakit terkait pencemaran udara baik di dalam ruang (*indoor air pollution*) maupun di luar ruangan. Bahkan 99% penduduk dunia pada tahun 2022 diperkirakan telah terpapar pencemaran udara yang menyebabkan resiko berbagai penyakit, termasuk stroke, jantung, gangguan paru-paru dan kanker (WHO 2022b). Data kesehatan di Kota Jakarta Januari-Juni 2023 menunjukkan penyakit ISPA terdata sebesar 638.291 (Mustajab 2023).

Provinsi DKI Jakarta telah melakukan pemantauan kualitas udara ambien secara kontinu sejak tahun 2010 pada 5 titik Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) referensi, yaitu di lokasi Bundaran HI (DKI1), Kelapa Gading (DKI2), Jagakarsa (DKI3), Lubang Buaya (DKI4), dan Kebon Jeruk (DKI5). Pada tahun 2019 pemantauan PM_{2.5} mulai dilakukan di 3 SPKUA yaitu DKI1, DI2 dan DKI3, dan tahun 2020 mulai lengkap pada kelima SPKUA. Tahun 2023 mulai terbentuk kerjasama dengan mitra strategis seperti Vital Strategis dan *World Resources Institute* (WRI), sehingga terdapat penambahan alat dan lokasi pemantauan baik berupa *Low Cost Sensor* (LCS) maupun SPKU referensi yang mengukur PM_{2.5} dan *Black Carbon* (BC). Pada tahun 2024 terdapat penambahan 9 SPKU berbasis sensor di bawah wewenang DKI Jakarta, dan 3 SPKU referensi hasil kerjasama dengan mitra strategis WRI yang diempatkan di Marunda, Gedung Walikota Jakarta Timur dan Jakarta Barat. Selain itu sebagaimana tahun sebelumnya, terdapat beberapa lembaga yang mengukur kualitas udara ambien secara resmi pada beberapa lokasi, seperti Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan juga Kedutaan Besar Amerika Serikat di Jakarta. Total lokasi pemantauan tahun 2024 ini sejumlah 34 titik. Hasil pemantauan di sejumlah titik tersebut diharapkan dapat lebih

merepresentasikan kualitas udara kota Jakarta.

Fluktuasi kualitas udara selain dipengaruhi jumlah sumber emisi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi. Sumber emisi di perkotaan dapat beragam jenisnya, terutama transportasi, industri dan aktivitas konstruksi juga pembakaran sampah domestik. Aktivitas domestik seperti pembakaran sampah terbuka, serta aktivitas transportasi dapat memengaruhi secara lokal, sedangkan aktivitas industri dari wilayah lain yang berdekatan dapat memengaruhi secara regional, tergantung kepada faktor meteorologi. Menurut Ulpiani *et al.* (2022), kualitas udara perkotaan sangat dinamis dan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi skala makro, meso maupun mikro sejalan dengan perkembangan kota. Peningkatan konsentrasi pencemar umumnya kembali terjadi ketika memasuki musim kemarau dan menjadi sebuah fenomena rutin pada saat memasuki bulan Mei-Juni di Jakarta, sehingga isu kualitas udara Jakarta menjadi isu utama. Hal ini menunjukkan pengaruh faktor meteorologi menjadi penting, yang perlu mendapat perhatian terutama dalam menyusun kebijakan terkait kualitas udara.

Berdasar hasil analisis data pemantauan Januari – Desember tahun 2024, pola fluktuasi partikulat (debu) berbeda dengan tahun 2023. Pada tahun 2024, konsentrasi partikulat sebagai parameter kritis di wilayah Jakarta, meningkat lebih awal pada bulan April dibandingkan dengan tahun 2023 (bulan Juni). Hal tersebut dipengaruhi oleh periode penurunan curah hujan pada tahun ini lebih awal. Namun demikian memasuki bulan Juni 2024 curah hujan mengalami peningkatan, sehingga fluktuasi konsentrasi polutan khususnya partikulat juga menurun. Pada tahun 2024 ini fenomena gangguan cuaca atau variabilitas iklim memengaruhi curah hujan sehingga turut memengaruhi fluktuasi harian konsentrasi polutan khususnya PM_{10} dan $PM_{2.5}$. Seperti kasus pada pertengahan bulan Desember 2024 kualitas udara menurun ditandai dengan peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ di semua lokasi pemantauan, namun kondisi cuaca pada saat tersebut di sekitar Jakarta terjadi hujan.

Kota Jakarta berbatasan dengan wilayah lain yang merupakan daerah padat penduduk juga memiliki kawasan industri. Potensi adanya pencemaran udara lintas batas (*transboundary air pollution*) antar wilayah administrasi sangat besar, mengingat adanya beberapa daerah kawasan industri besar di luar Kota Jakarta. Kondisi ini memerlukan bantuan pemodelan yang melibatkan faktor meteorologi. Faktor musim memengaruhi kondisi tersebut, karena pada musim kemarau angin timuran memasuki wilayah kota Jakarta dan udara yang lebih kering mendorong peningkatan konsentrasi partikulat, sedangkan pada musim hujan bertiup angin baratan yang cenderung basah dan bersamaan dengan curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pada laporan ini juga dilakukan analisis kondisi meteorologi, yang dihubungkan dengan fluktuasi konsentrasi pencemar udara

Beberapa kebijakan yang telah dilaksanakan dalam rangka pengendalian kualitas udara adalah program Ganjil Genap (GAGE) pada 25 ruas jalan di Kota Jakarta, program *Car Free Day* (CFD) atau Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) di semua wilayah administratif, program *Low Emission Zone* (LEZ), serta program Uji Emisi kendaraan bermotor. Pada laporan ini akan dievaluasi program HBKB tingkat Provinsi DKI Jakarta, serta program Ganjil Genap dan LEZ. Data *traffic counting* pada tahun 2024 tidak tersedia dari instansi yang berwenang, sehingga tidak digunakan dalam mengevaluasi $PM_{2.5}$ yang terpantau dari alat pemantau kualitas udara. Pemantauan kualitas udara pada Zona Rendah Emisi (LEZ) pada tahun 2024 dilakukan menggunakan LCS.

2. Maksud dan Tujuan

Maksud pelaksanaan Pemantauan Kualitas Udara merupakan upaya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk mendapatkan hasil analisis kualitas udara di wilayah DKI Jakarta tahun 2024 secara komprehensif untuk dapat diinformasikan kepada seluruh pemangku kepentingan.

Tujuan kegiatan ini adalah :

1. Menyusun analisis kualitas udara ambien secara rutin di Provinsi DKI Jakarta, termasuk sebaran sumber pencemar, permodelan sebaran pencemar, dan fluktuasi pencemaran udara.
2. Menyusun status mutu kualitas udara ambien Provinsi DKI Jakarta.
3. Menyusun analisis evaluasi kebijakan berdasarkan hasil analisis sebaran sumber pencemar dan permodelan.
4. Menyusun rekomendasi kebijakan berdasarkan hasil analisis sebaran sumber pencemar dan permodelan.
5. Menyusun modul penggunaan perangkat lunak *Aermod View* dan *Calroads*.
6. Melakukan pelatihan penggunaan perangkat lunak *Aermod View* dan *Calroads*.
7. Menyusun laporan kualitas udara Provinsi DKI Jakarta untuk pemangku kepentingan yang berkaitan, termasuk kepada publik.

METODOLOGI

Analisis data dan evaluasi kualitas udara ambien tahun 2024 dilakukan dengan tahapan metode sebagai berikut : 1) identifikasi kondisi lokasi pemantauan kualitas udara, 2) analisis data kualitas udara dan kondisi meteorologi, 3) analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), 4) analisis kualitas udara pada kegiatan HBKB dan di ruas jalan ganjil-genap, 5) analisis kualitas udara ($PM_{2.5}$) yang diukur menggunakan LCS, 6) analisis tren data kualitas udara selama 3 tahun terakhir, 7) pemodelan sebaran konsentrasi $PM_{2.5}$, serta 8) analisis status mutu udara ambien tahun 2024.

1. Identifikasi Lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien (SPKUA)

Lokasi pemantauan kualitas udara di Provinsi DKI Jakarta telah ditentukan peruntukannya berdasar karakteristik lokasinya. Identifikasi lokasi diperlukan untuk melihat kondisi lingkungan di sekitar SPKU, mencakup koordinat, karakteristik wilayah, ketinggian lokasi, identifikasi sumber emisi yang berpotensi memberi kontribusi terhadap pola konsentrasi pencemar udara yang terukur oleh alat pemantau udara. Keberadaan vegetasi berupa tumbuhan dan bangunan di sekitar alat juga dapat memengaruhi fluktuasi kondisi meteorologi seperti radiasi dan kecepatan angin yang terukur. Identifikasi lokasi dilaksanakan dengan cara survei langsung ke lokasi pemantauan.

Selain pemantauan yang dilakukan oleh DLH DKI, terdapat beberapa pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh lembaga lain seperti Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), serta Kedutaan Besar Amerika Serikat di Jakarta (US Embassy), serta pemantauan yang dilakukan oleh kolaborator. Pada laporan ini ditambahkan analisa secara umum dari lokasi-lokasi tersebut.

2. Analisis Kualitas Udara dan Faktor Meteorologi

Analisis kualitas udara dilakukan berdasar data per 30 menit (data awal) parameter pencemar, untuk mendapatkan nilai rata-rata harian, nilai konsentrasi maksimum dan minimum, serta fluktuasi diurnal (pagi, siang, sore dan malam hari). Adapun parameter pencemar udara yang dipantau dan dianalisis terdiri dari partikulat ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}), karbonmonioksida (CO), Nitrogen Oksida (NO, NO_2 dan NOx), Sulfurdioksida (SO_2), serta ozon (O_3) terutama di 5 SPKU referensi milik DLH DKI (DKI1 -DKI5). Pemantauan parameter Hidrokarbon (CH_4 , NMHC, dan THC) dilakukan pada 3 lokasi, yaitu di SPKUA DKI1 Bundaran HI, DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk. Perbandingan terhadap Nilai BMUA dilakukan dengan merujuk kepada Peraturan Pemerintah No 22 tahun 2021 Lampiran VII (Lampiran 1). Selain parameter polutan tersebut di atas, mulai bulan September 2023 diukur kandungan *Black Carbon* (BC) pada 5 titik lokasi menggunakan alat pemantau hasil kerjasama dengan mitra strategis WRI di DKI2-DKI5 dan Kantor Walikota Jakarta Timur. Analisis juga dilakukan terhadap data kualitas udara yang dipantau oleh lembaga lain seperti BMKG, US Embassy dan KLHK.

Analisis kondisi meteorologi dilakukan berdasar parameter meteorologi yang tercatat di setiap SPKU, antara lain berupa suhu udara, kelembaban, radiasi global, arah dan kecepatan angin serta curah hujan. Analisis data meteorologi terdiri dari analisis data per jam, harian juga analisis musiman. Analisis data perjam digunakan sebagai dasar untuk melihat pola

harian pagi, siang sore dan malam (diurnal), juga untuk melihat keterkaitan antara kondisi meteorologi dengan konsentrasi pencemar udara. Analisis harian dilakukan untuk menghubungkan kondisi akumulasi harian terutama curah hujan dengan konsentrasi pencemar udara. Pola musiman dianalisis berdasar parameter curah hujan untuk melihat hubungan fluktuasi konsentrasi pencemar dengan musim dan kemarau. Fluktuasi dari waktu ke waktu dianalisis dan ditinjau pengaruhnya terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar udara di lokasi SPKUA yang sama, menggunakan analisis statistik dan program *Rstudio*. Analisis arah dan kecepatan angin serta analisis gabungan kualitas udara dan meteorologi lainnya dilakukan menggunakan *RStudio* yaitu *windrose* dan *polar plot*.

3. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Salah satu instrumen dalam penilaian kualitas udara adalah nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Nilai ISPU ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020. Adapun parameter pencemar yang dijadikan indikator adalah PM_{10} , $PM_{2.5}$, karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_2), sulfur dioksida (SO_2), ozon (O_3), dan hidrokarbon (HC). Tata cara perhitungan ISPU terlampir (Lampiran 2).

4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara (HBKB dan Kebijakan Ganjil Genap (Gage))

Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) atau dikenal sebagai *Car Free Day* (CFD) diselenggarakan sebagai sebuah kampanye pembatasan penggunaan kendaraan bermotor untuk mendukung kualitas udara yang lebih baik. Di DKI Jakarta pelaksanaan HBKB tersebut dilakukan per wilayah, pada lokasi dan waktu yang sudah ditentukan, yaitu hari Minggu pukul 06.00-11.00 WIB. Kegiatan di wilayah Provinsi DKI dipusatkan di Bundaran HI, setiap hari Minggu, namun di setiap wilayah administrasi dilaksanakan 1 kali dalam 1 bulan, bergantian antar wilayah. Analisis ISPU di setiap wilayah kota administrasi dilakukan oleh masing-masing suku dinas lingkungan hidup (Sudin LH). Kegiatan HBKB dilaksanakan berdasar Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No.12 Tahun 2016.

Data kualitas udara di lokasi HBKB Provinsi DKI Jakarta merupakan data yang terukur di SPKUA DKI1 Bundaran HI, karena pelaksanaan HBKB Jakarta Pusat adalah di sekitar Bundaran HI dan ruas Jl Sudirman. Data hasil pemantauan dianalisis dengan cara membandingkan antara hari Minggu saat pelaksanaan HBKB (pukul 06.00-11.00 WIB) dan rata-rata Hari Kerja (Senin-Jum'at) serta Sabtu sebagai hari libur Non HBKB pada periode waktu yang sama. Selanjutnya dilakukan perhitungan % perbedaan konsentrasi saat HBKB dengan non HBKB.

Kegiatan pembatasan kendaraan menggunakan plat nomor sesuai tanggal ganjil dan genap merupakan salah satu upaya dalam mengendalikan pencemaran udara. Peta Lokasi penerapan Ganjil Genap terlampir (Lampiran 3). Analisis kualitas udara pada jalur GAGE menggunakan perbandingan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada jalur GAGE dan non GAGE.

5. Pemodelan Kualitas Udara

Pemodelan dilakukan melalui 3 cara :

- a. Pemodelan sebaran secara spasial antar waktu, konsentrasi $PM_{2.5}$ berdasar data hasil pemantauan SPKU maupun dari LCS, rata-rata per bulan menggunakan bantuan perangkat lunak *ArcGIS*.
- b. Pemodelan sebaran pencemar dari emisi industri dan transportasi menggunakan perangkat lunak *AERMODVIEW* dan *Callroads* (Modul terlampir)
- c. Pemodelan estimasi sumber emisi menggunakan perangkat lunak *HYSPLIT CWT*

6. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2022 – 2024)

Kondisi kualitas udara selama tahun 2022 – 2024 dianalisis trennya, dengan bantuan *Rstudio*. Tren yang dianalisis adalah data rata-rata harian, data bulanan dan rata-rata tahunan.

7. Analisis Status Mutu Udara Ambien tahun 2024

Analisis status mutu udara ambien dilakukan sesuai dengan metodologi yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 Lampiran III tentang Pedoman Teknis Penentuan Status Mutu Udara Daerah.

HASIL EVALUASI

1. Gambaran Umum Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA)

Lokasi pemantauan kualitas udara ambien di DKI Jakarta saat ini berjumlah 34, 14 di antaranya dikelola oleh DLH Provinsi DKI Jakarta. Terdapat 4 stasiun pemantau yang dikelola oleh instansi lain yaitu Kementerian Lingkungan Hidup (Gelora Bung Karno (GBK)), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di Kemayoran, dan Kedutaan Besar Amerika Serikat (Tugu Tani dan HangJebat). Terdapat 3 SPKUA yang merupakan kerjasama dengan mitra strategis *World Resources Institute* (WRI), yaitu di Rusun Marunda, Kantor Walikota Jakarta Timur dan Kantor Walikota Jakarta Barat (Tabel 1). Pemantauan PM_{2.5} menggunakan alat pemantau berbiaya rendah atau dikenal *Low Cost Sensor* (LCS) di 13 titik lokasi (Tabel 2), yang telah beroperasi sejak Desember 2022 sebagai bagian dari kerjasama dengan mitra *Vital Strategies* (VS). Peta posisi lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 1 dan gambaran masing-masing lokasi pemantau diuraikan pada sub bab selanjutnya. Selain pemantauan partikulat, SO₂, CO, NO₂, SO₂, O₃, hidrokarbon, mulai tahun 2023 berlangsung pemantauan *Black carbon* (BC) untuk mengetahui kandungan karbon di udara, yang merupakan kerjasama dengan mitra strategis WRI. Pemantauan BC tersebut berada di lima lokasi yaitu di Kelapa Gading (DKI2), Jagakarsa (DKI3), Lubang Buaya (DKI4), Kebon Jeruk (DKI5) dan di Kantor Walikota Jakarta Timur (CAC2).

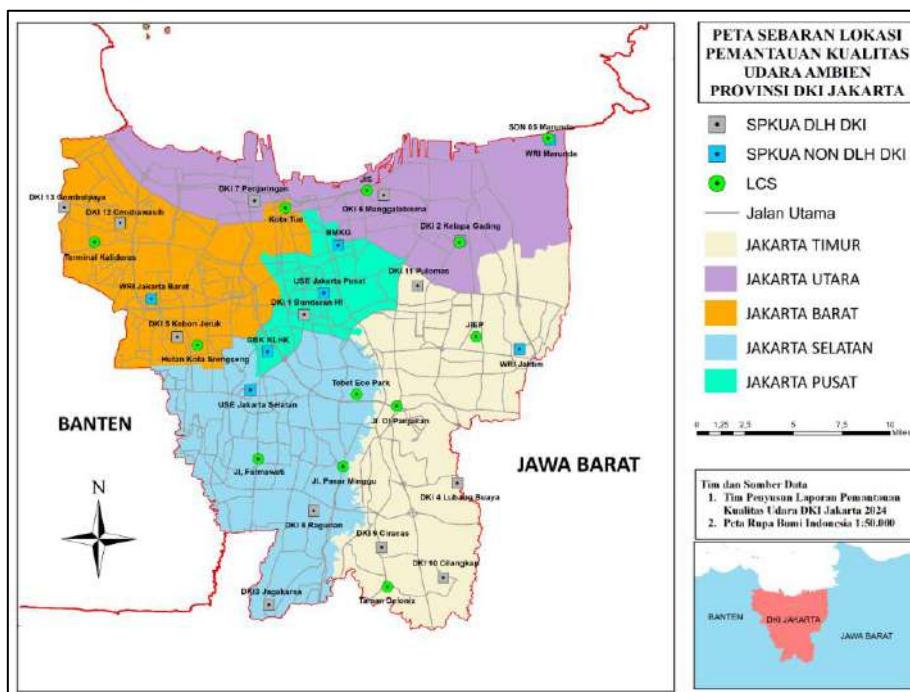
Masing-masing lokasi pemantauan memiliki kondisi lingkungan yang berbeda satu dengan yang lain, baik jenis aktivitas di sekitarnya maupun bentuk bangunan dan kondisi vegetasi yang ada di sekelilingnya. Hal tersebut akan memengaruhi perbedaan karakteristik pencemar yang menjadi parameter dominan, maupun perbedaan kondisi meteorologi yang dapat memengaruhi fluktuasi konsentrasi pencemar yang terukur. Penempatan alat pemantau disesuaikan dengan tujuan pemantauan yang dilakukan, serta peruntukannya. Sebagai contoh, pemantauan khusus untuk mengukur pengaruh emisi kendaraan bermotor (sumber transportasi), maka penempatannya di tepi jalan (*road side*), akan berbeda dengan lokasi penempatan di area pemukiman ataupun industri.

Tabel 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) DKI Jakarta

No	Nama / Lokasi Stasiun/ Peruntukan	Koordinat		Tipe/Metode Pengukuran
		Bujur Timur	Lintang Selatan	
1	DKI1 / Bundaran HI –Jakarta Pusat / roadside	106.8235	-6.19466	Referensi
2	DKI2 / Kelapa Gading-Jakarta Utara / kaw. komersil	106.9109	-6.15357	Referensi
3	DKI3 / Jagakarsa – Jakarta Selatan / pemukiman	106.8037	-6.35693	Referensi
4	DKI4 / Lubang Buaya – Jakarta Timur / campuran	106.9092	-6.28889	Referensi
5	DKI5 / Kebon Jeruk – Jakarta Barat / pemukiman	106.7526	-6.207255	Referensi
6	DKI6 RPTRA Manggalabisma	106.866872	-6.128763	Sensor
7	DKI7 Rusunawa Penjaringan	106.795659	-6.13093	Sensor
8	DKI8 PPOP Ragunan	106.826150	-6.3070388	Sensor
9	DKI9 GOR Ciracas	106.867	-6.32478	Sensor
10	DKI10 Kebon Bibit Cilangkap	106.9015	-6.34164	Sensor
11	DKI11 Pacuan Kuda Pulomas	106.8871	-6.1784	Sensor
12	DKI12 GOR Cendrawasih	106.7206	-6.1433	Sensor
13	DKI13 Taman Maju Bersama Gombolpaya	106.6891	-6.1346	Sensor
14	DKI14 RPTRA P. Panggang Tanjung Timor	106.6039	-5.74177	Sensor
15	GBK / Gelora Bung Karno	106.803	-6.215395	
16	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Pusat)	106.8345	-6.182458	Referensi
17	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Selatan)	106.7933	-6.236677	Referensi
18	BMKG Kemayoran	106.8425	-6.155914	Referensi
19	WRI / Kantor Walikota Jakarta Barat	106.737892	-6.18586	BAMs
20	WRI / Kantor Walikota Jakarta Timur	106.944	-6.21391	BAMs
21	WRI / Rusunawa Marunda Clincing	106.961114	-6.09705	BAMs

Tabel 2 Lokasi Pemantauan Kualitas Udara menggunakan *Low Cost Sensor* (LCS)

No	Nama Lokasi	Koordinat	
		Bujur Timur	Lintang Selatan
1	Hutan Kota Srengseng	106.763763	-6.211772
2	JIEP	106.9196	-6.2070
3	JIS	106.8587	-6.1252
4	Jl. DI Panjaitan	106.8753	-6.2458
5	Jl. Fatmawati	106.7977	-6.2753
6	Jl. Pasar Minggu	106.8452	-6.2796
7	Kota Tua	106.8129	-6.1349
8	Pulau Pramuka	106.6130	-5.7447
9	SDN Marunda	106.9600	-6.0963
10	SPKU Kelapa Gading	106.9105	-6.1542
11	Taman Delonix	106.8701	-6.3469
12	Tebet Eco Park	106.8529	-6.2392
13	Terminal Kalideres	106.7061	-6.1540



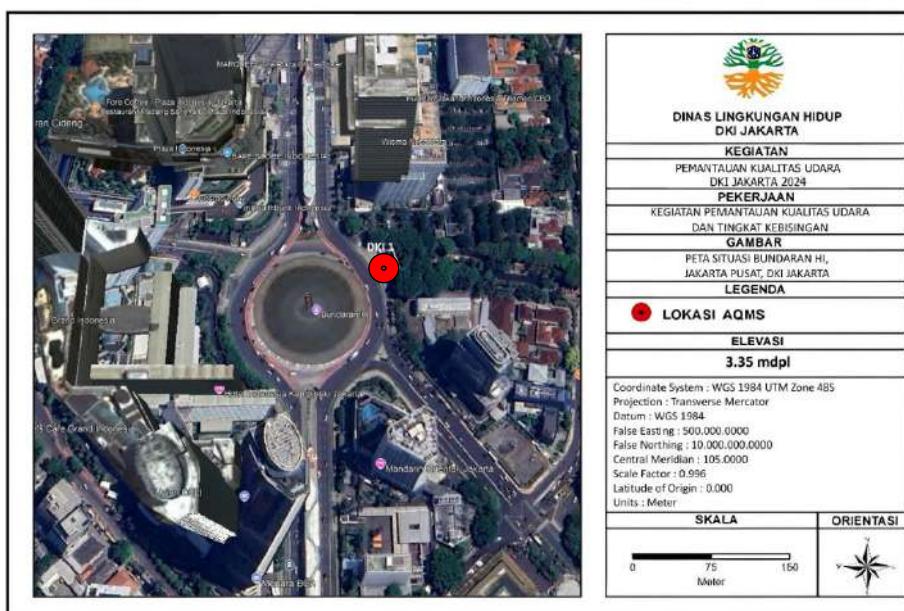
Gambar 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta (tanpa Kepulauan Seribu)

1.1. SPKUA DKI1 Bundaran HI

Lokasi SPKUA DKI1 terletak di wilayah Jakarta Pusat, dekat Bundaran Hotel Indonesia (Bundaran HI), dan merupakan area di pinggir jalan raya (*roadside*), pada ketinggian tempat 3.35 m dpl. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, NO, NO₂, NOx, THC, NMHC, dan CH₄.

Berdasarkan kondisi di sekitarnya, maka konsentrasi pencemar udara yang terukur memiliki kontribusi terbesar dari kendaraan bermotor yang melintas di sekitar lokasi tersebut. Sebagaimana diketahui lokasi Bundaran HI merupakan lokasi yang dekat dengan kawasan perkantoran, baik ke arah Utara yaitu Jalan Thamrin maupun ke arah Tenggara, yaitu Jalan Sutan Sjahrir dan menjadi pusat dari 4 jalan utama di Jakarta Pusat, termasuk Jalan Sudirman, Jalan Kebon Kacang Raya, dan Jalan Imam Bonjol (Gambar 2). Di sekitar SPKUA terdapat vegetasi tanaman yang cukup tinggi di sebelah Timur dan Timur Laut, serta air mancur di pusat bundaran yang dapat memengaruhi kondisi iklim mikro di sekitarnya. Lanskap berupa jalan aspal dan bangunan tinggi berdinding kaca lebih mendominasi, sehingga dapat memengaruhi kondisi suhu udara di sekitar lokasi Bundaran HI.

Keberadaan vegetasi yang tinggi perlu diperhatikan, karena dapat memengaruhi data meteorologi yang terukur, khususnya radiasi matahari serta angin. Matahari terbit dari sebelah timur tidak akan langsung terukur oleh sensor, sehingga besaran nilai radiasi akan terpengaruh. Demikian pula angin yang bertiup dari arah Timur, Timur Laut ataupun Tenggara dapat terhalang oleh vegetasi tersebut, sehingga meminimalisir terbawanya pencemar dari bagian Timur. Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI ditunjukkan pada Gambar 3.

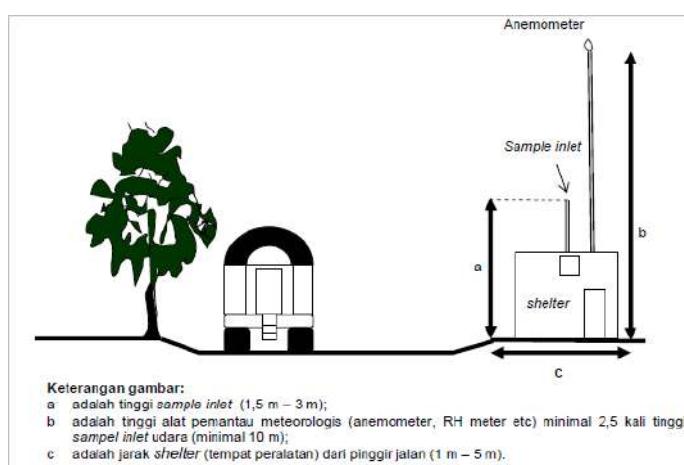


Gambar 2 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat



Gambar 3 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI
(Dokumentasi: DLH DKI Jakarta, 2023/2024)

Jika merujuk kepada persyaratan lokasi pemantauan *roadside* sebagaimana tercantum dalam SNI Nomor 19-7119.9-2005, kondisi vegetasi harus disesuaikan kembali. Posisi stasiun pemantau kualitas udara *roadside* menurut SNI tersebut ditunjukkan pada Gambar 4. Walaupun demikian, kondisi sekitar SPKUA Bundaran HI memberi gambaran bahwa data kualitas udara yang terukur kemungkinan besar adalah data emisi dari lalu lintas di sekitar Bundaran HI saja, sehingga data tersebut cukup merepresentasikan data *roadside* Bundaran HI.

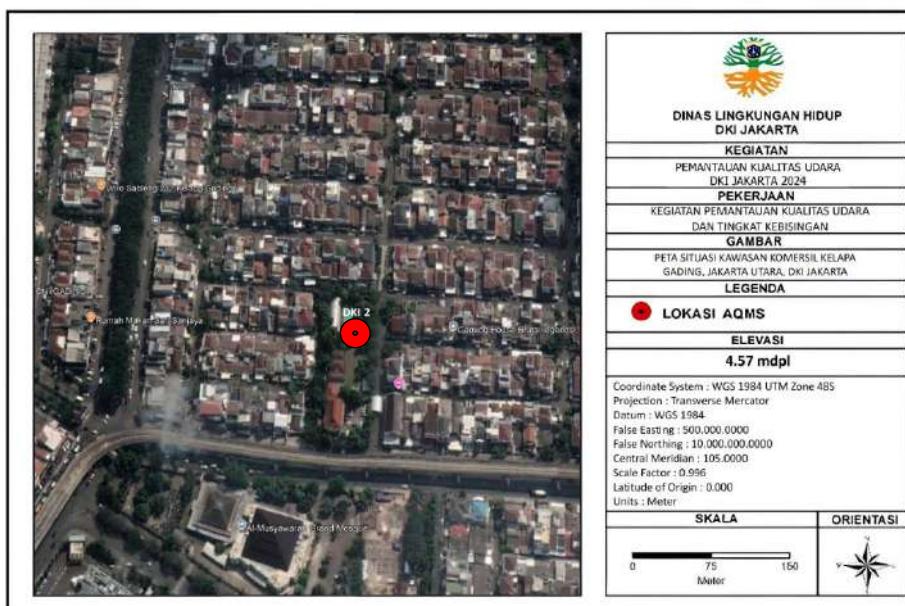


Gambar 4 Posisi stasiun pemantau kualitas udara *roadside* menurut SNI 19-7119.9-2005

1.2. SPKUA DKI2 Kelapa Gading

Lokasi SPKUA DKI2 Kelapa Gading berada di wilayah Jakarta Utara, dengan posisi di sekitar pemukiman penduduk, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Ketinggian daerah ini sekitar 4.57 m dpl. Keadaan kepadatan lalu lintas di sekitarnya tidak terlalu tinggi, namun di jalan arteri terdekat merupakan jalan yang cukup padat lalu lintas dan terdapat jalan layang di sebelah Selatan. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan bermotor dan aktivitas domestik. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.

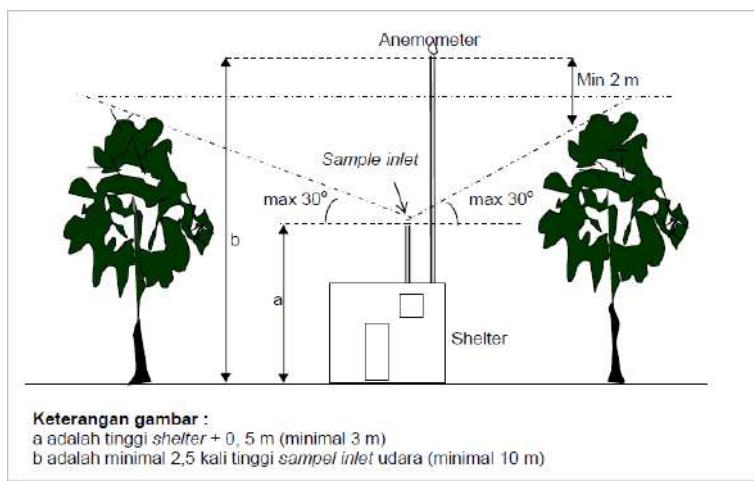
Bangunan SPKUA DKI2 dikelilingi vegetasi yang cukup dekat dengan sensor alat pengukuran (Gambar 6). Kondisi di sekitar SPKUA DKI2 merupakan perumahan, beberapa di antaranya memiliki ketinggian > 1 lantai, yang dapat memengaruhi aliran udara di sekitar SPKUA. Hal ini akan memengaruhi hasil pengukuran faktor meteorologi maupun konsentrasi pencemar udara. Kondisi ini sudah tidak memenuhi syarat lokasi pemantauan menurut SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji kualitas udara ambien. Ketentuan tinggi dan jarak sensor pemantau terhadap bangunan dan atau vegetasi terdekat sesuai SNI tersebut ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



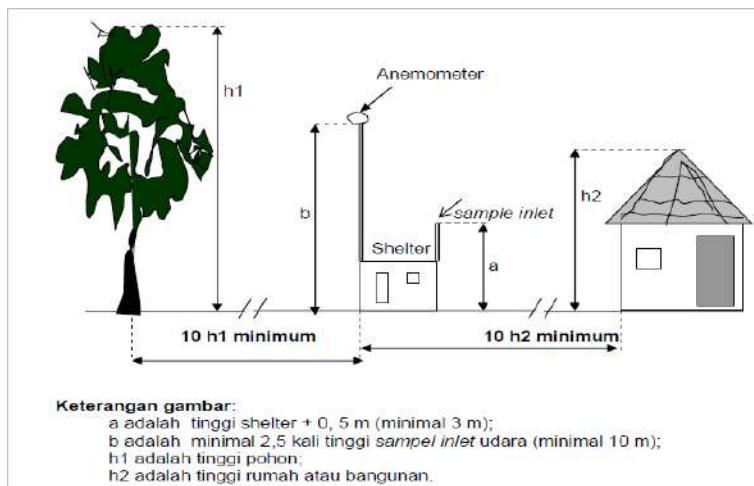
Gambar 5 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara



Gambar 6 Kondisi vegetasi di sekitar alat pemantau di SPKUA DKI2 Kelapa Gading
(Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, 2023)



Gambar 7 Posisi ketinggian sensor alat pemantau terhadap pohon atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005



Gambar 8 Posisi jarak alat pemantau terhadap bangunan atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005

Sumber emisi potensial lainnya adalah area atau kawasan industri sebelah Timur dan Tenggara lokasi tersebut yang berpotensi melepaskan emisi pencemar, dan dapat terbawa ke arah area SPKUA DKI2 Kelapa Gading pada kondisi arah dan kecepatan angin tertentu (Gambar 9). Namun demikian, kondisi ini memerlukan penelaahan lebih lanjut melalui pemodelan.



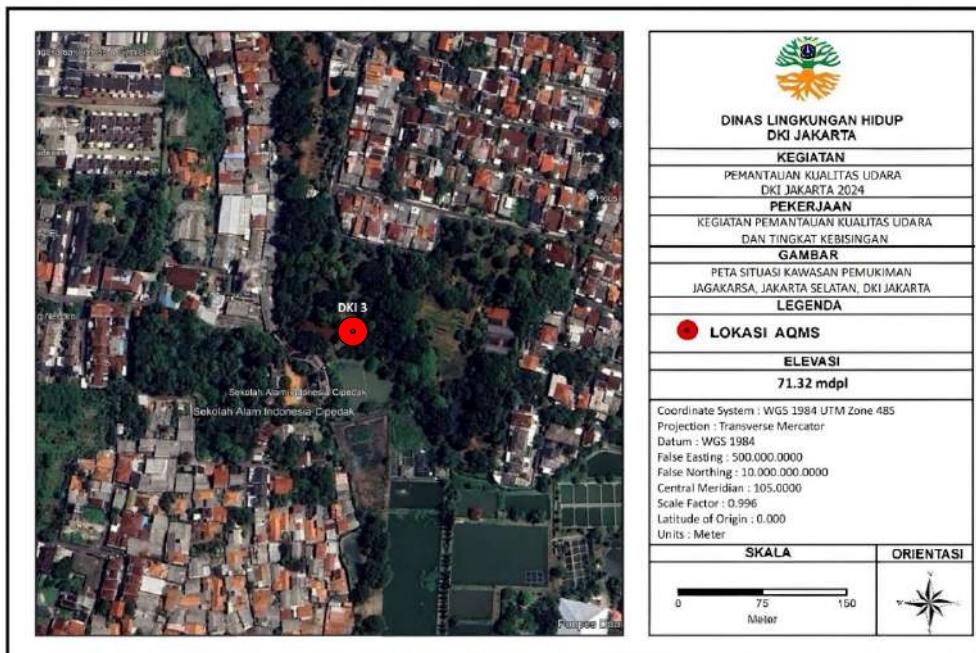
Gambar 9 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading terhadap aktivitas lainnya di wilayah Jakarta Utara seperti industri (lingkaran biru) dan jalan tol (panah hijau) (Sumber: Googlemap 2023)

1.3. SPKUA DKI3 Jagakarsa

Posisi SPKUA DKI3 berada di Jagakarsa, Jakarta Selatan, pada ketinggian 71.23 m dpl. Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 merupakan lokasi kebun pembibitan milik Dinas Pertamanan, yang berbatasan juga dengan perumahan penduduk. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, NO, NO₂, NOx, THC, NMHC, dan CH₄.

Sumber-sumber pencemar yang berada di sekitar SPKUA DKI3 seharusnya tidak banyak kontribusi dari kendaraan bermotor maupun aktivitas domestik, karena posisinya di tengah-tengah kebun (Gambar 10). Perlu adanya pantauan aktivitas di sekitar SPKUA tersebut, yang dapat memengaruhi konsentrasi pencemar yang terukur. Sebagai contoh aktivitas pembakaran sampah atau aktivitas pengolahan tanah maupun pemupukan dalam proses pembibitan.

Di sebelah selatan stasiun terdapat kolam ikan dan di sekitarnya terdapat pohon-pohon juga tanaman perdu dan bibit tanaman hias. Kondisi pohon tinggi di sekitarnya berjarak tidak terlalu dekat dengan sensor alat pemantau (Gambar 11).



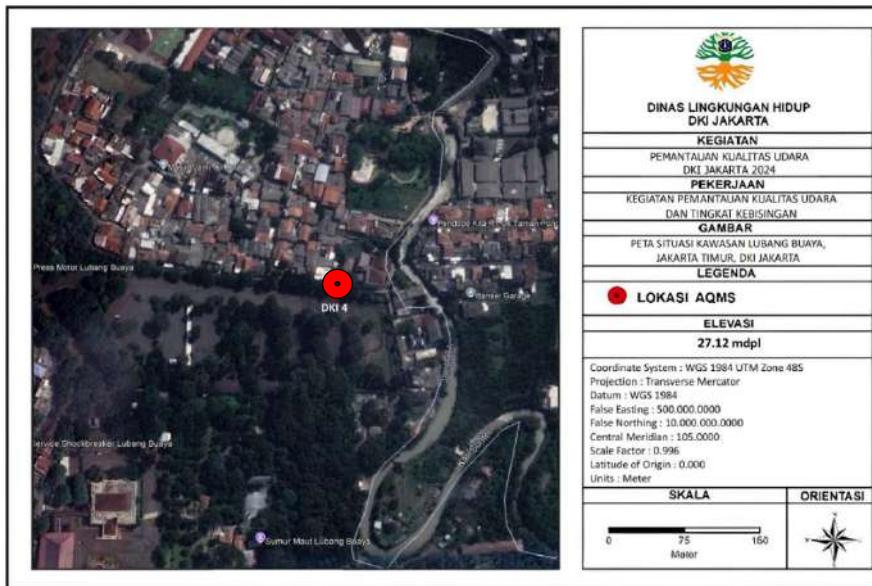
Gambar 10 Kondisi SPKUA DKI3 Jagakarsa Jakarta Selatan



Gambar 11 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 Jagakarsa (Dokumentasi: Tim *Survey* DLH DKI, 2023)

1.4. SPKUA DKI4 Lubang Buaya

Stasiun pemantau DKI4 berada di daerah Lubang Buaya Jakarta Timur, dengan ketinggian tempat 27.12 m dpl, dan terletak dekat pemukiman. Lokasi SPKUA itu sendiri berada di halaman parkir Monumen Pancasila Sakti, dengan posisi tepat di pinggir pagar batas jalan (Gambar 12). Pemukiman terdapat di sebelah utara stasiun, terhalang oleh pagar dan jalan. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.



Gambar 12 Kondisi SPKUA DKI4 Lubang Buaya Jakarta Timur

Di samping kanan dan kiri SPKUA DKI4 masih terdapat pepohonan yang berpotensi melebihi ketinggian sensor dengan jarak sangat dekat (Gambar 13a). Hal ini dapat memengaruhi data yang terukur terutama kecepatan angin serta radiasi matahari. Kondisi lain yang berpotensi mempengaruhi konsentrasi pencemar udara di area tersebut adalah kendaraan di halaman parkir, aktivitas masyarakat di area pemukiman (pembakaran sampah, aktivitas konstruksi, kendaraan bermotor) serta fasilitas lain pada area parkir (Gambar 13b).



(a)

(b)

Gambar 13 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya (a) kondisi vegetasi, (b) dekat area parkir Pancasila Sakti Monumen (Dokumentasi Tim DLH, 2023)

1.5. SPKUA DKI5 Kebon Jeruk

Lokasi SPKUA DKI5 berada di Kebon Jeruk Jakarta Barat, berada di dekat pemukiman, dengan ketinggian sekitar 6 mdpl (Gambar 14). Sumber emisi pencemar udara terdekat yang lebih dominan adalah aktivitas domestik masyarakat di pemukiman. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , NO , NO_2 , NOx , THC , $NMHC$, dan CH_4 .

Berdasarkan data kondisi lapangan, tidak ada tegakan vegetasi maupun bangunan yang tinggi dengan jarak sangat dekat (Gambar 15). Namun demikian terdapat area terbuka berupa lapangan olahraga, berlantai beton, yang akan memengaruhi suhu udara di atasnya pada siang hari, sehingga potensi terdapat tekanan rendah dan memicu pergerakan massa udara ke area tersebut (angin). Posisi Lapangan terbuka berada di sebelah barat SPKUA, yang berada di tengah perumahan penduduk dengan ketinggian rumah maksimal 2 lantai.



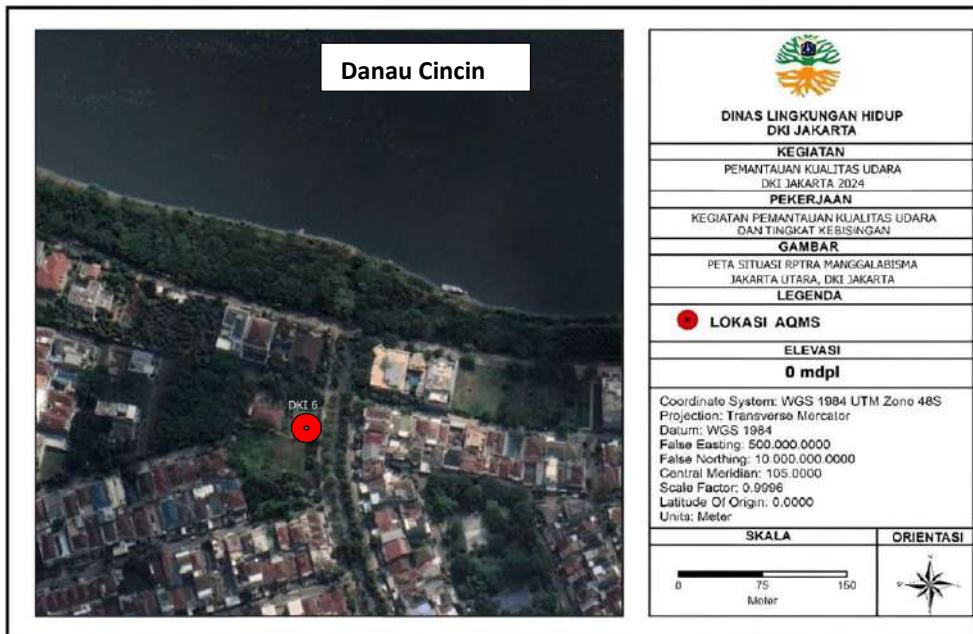
Gambar 14 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat



Gambar 15 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat. Lapangan olahraga di sebelah kanan SPKUA dalam foto ini (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, 2023)

1.6. SPKUA DKI6 Manggalabisma

Pemantauan kualitas udara di lokasi ini berada di halaman Ruang Publik Terpadu ramah Anak (RPTRA), di wilayah Jakarta Utara, sekitar 150 m dari Danau Cincin. Sekitar lokasi pemantauan adalah area pemukiman, namun pada jarak 1 km ke arah tenggara terdapat area industri dan pergudangan, seperti *spare part* kendaraan bermotor, logistik juga beberapa industri pangan serta sanitasi (Gambar 16). Parameter yang diukur PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂ serta data meteorologi. Pengukuran data di lokasi ini mulai berjalan pada bulan Maret 2024.



Gambar 16 Posisi Lokasi pemantauan kualitas udara di RPTRA Manggalabisma Jakarta Utara

Kondisi sekitar stasiun pemantauan ditunjukkan pada Gambar 17, berada di halaman RPTRA, bersebelahan dengan lapangan olahraga yang terbuka. Terdapat jarak yang cukup dengan jalan raya, yang dibatasi pepohonan. Di sekitar bangunan SPKUA terdapat tajuk vegetasi yang berdekatan dengan sensor, perlu dipantau agar tidak memengaruhi hasil pengukuran. Bangunan rumah di sekitar RPTRA tidak terlalu tinggi, sehingga tidak mengganggu aliran udara.



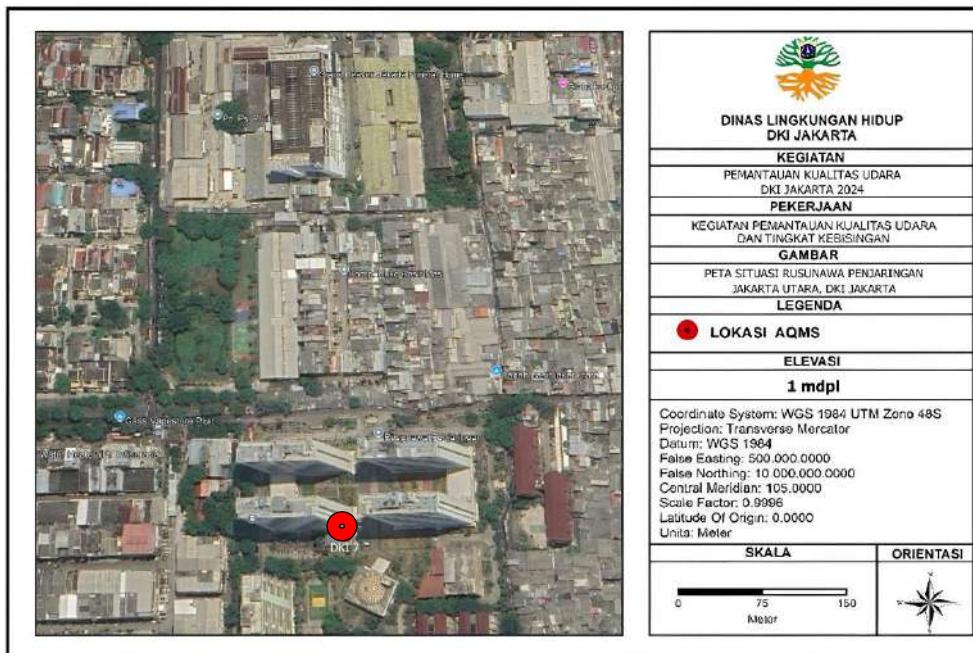
Gambar 17 Kondisi sekitar stasiun pemantau kualitas udara RPTRA Manggalabisma



Gambar 17 lanjutan Kondisi sekitar stasiun pemantau kualitas udara RPTRA Manggalabisma

1.7. SPKUA DKI7 Rusunawa Penjaringan

Lokasi pemantauan DKI7 berada di daerah Penjaringan Jakarta Utara, tepatnya di area pemukiman dan perdagangan juga ada beberapa area industri (Gambar 18). Di sekitar pemantauan terdapat bangunan-bangunan tinggi rumah susun dan dikelilingi area dengan permukaan beton, sehingga kondisi pada siang hari sangat panas, karena belum banyak vegetasi yang ditanam. Pada jarak sekitar 1 km di arah Timur Laut terdapat Waduk Pluit, dan 200 m ke arah selatan terbentang jalan Tol Pelabuhan. Aktivitas masyarakat di sekitar lokasi tersebut adalah transportasi, penjual makanan di tepi jalan serta terdapat gedung krematorium. Kondisi sekitar alat pemantau terdapat gedung tinggi dan vegetasi yang berdekatan dengan sensor pengukur gas. Parameter yang diukur adalah PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂, serta data meteorologi, yang mulai terukur pada bulan Maret 2024.



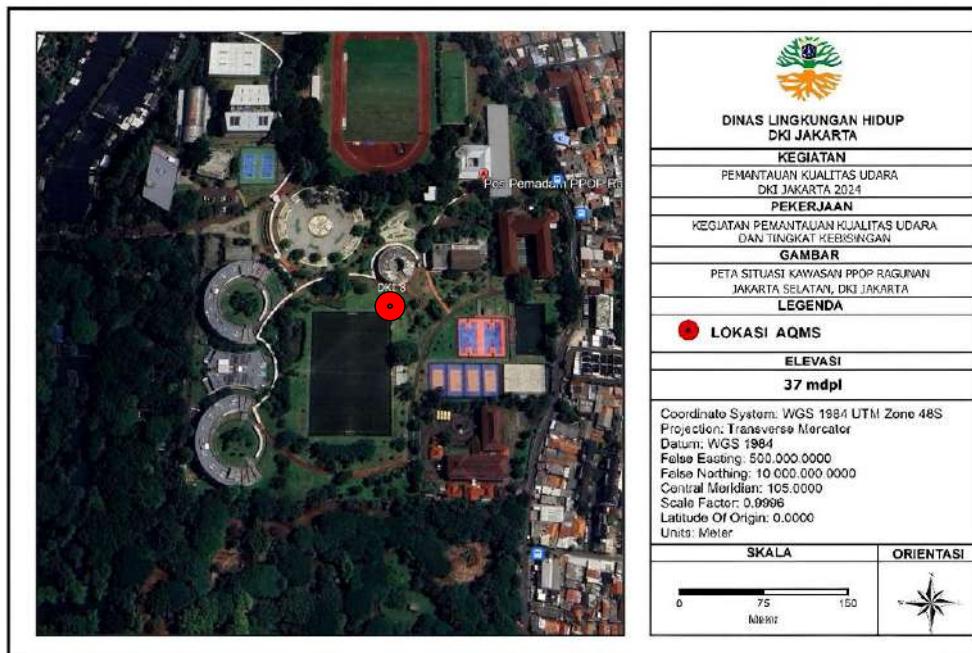
Gambar 18 Posisi Lokasi pemantauan kualitas udara di Penjaringan



Gambar 19 Kondisi sekitar stasiun pemantau kualitas udara Penjaringan

1.8. SPKUA DKI8 Ragunan

Stasiun pemantau kualitas udara di sekitar Ragunan terletak di lapangan atlet Pusat Pelatihan Olahraga pelajar (PPOP) Ragunan. Posisi stasiun pemantau berada di tepi lapangan olahraga yang luas, kondisi udara cukup terbuka walaupun ada gedung yang relatif tinggi di sekitarnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 20 dan Gambar 21. Sumber-sumber emisi potensial di sekitar lokasi pemantauan relatif sedikit, walaupun demikian lokasi sekitarnya adalah berupa pemukiman penduduk (200 m), jalan raya (Jl Kebagusan) sekitar 150 m, dan 500 m dari area wisata Kebun Binatang Ragunan. Namun masih dibatasi oleh vegetasi dan ruang terbuka hijau lain, sehingga tidak langsung memengaruhi udara yang terukur pada sensor pemantauan. Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 , serta data meteorologi, dengan mulai pemantauan bulan Maret 2024.



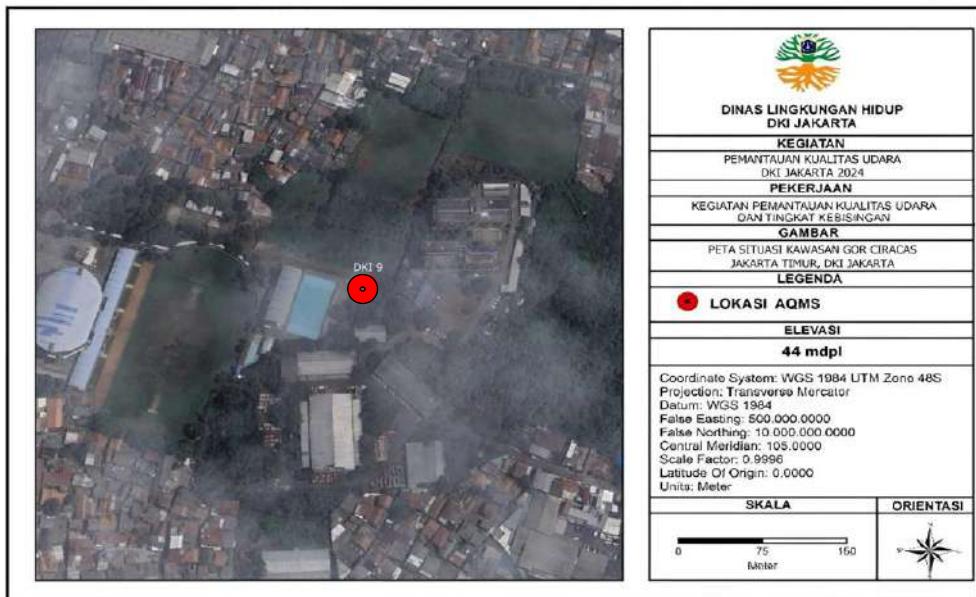
Gambar 20 Posisi lokasi pemantauan kualitas udara di Ragunan



Gambar 21 Kondisi lingkungan sekitar SPKU Ragunan (tanda panah kuning gedung tinggi sekitar 4 lantai), dan lapangan bola sebelah kanan

1.9. SPKUA DKI 9 Ciracas

Lokasi pemantauan kualitas udara DKI9 Ciracas terletak di dekat Gedung Olah Raga (GOR) Ciracas. Dekat lokasi penempatan stasiun pemantauan terdapat kolam renang (Gambar 22). Area sekitar lokasi GOR Ciracas merupakan area terbuka hijau, yang berbatasan dengan pemukiman penduduk pada jarak sekitar 250 m, yang di antaranya terdapat aktivitas industri skala kecil menengah. Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 serta data meteorologi.



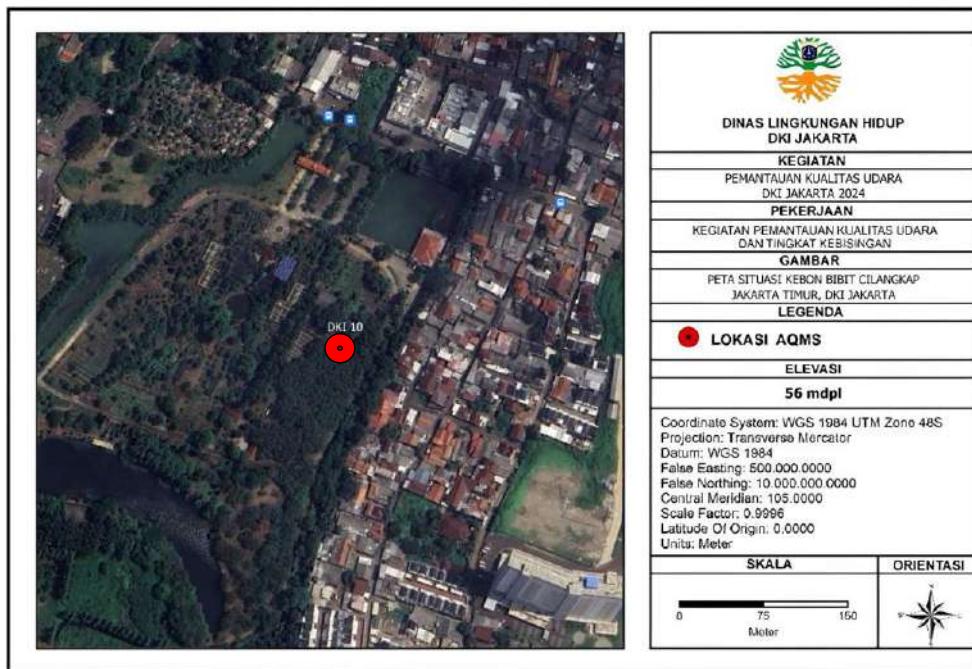
Gambar 22 Posisi Lokasi SPKU DKI9 Ciracas Jakarta Timur



Gambar 23 Kondisi sekitar lokasi SPKU DKI9 Ciracas Jakarta Timur

1.10. SPKUA DKI 10 Cilangkap

Posisi lokasi pemantauan kualitas udara DKI10 di Cilangkap berada di area Kebun Bibit Pertanian Agrowisata Cilangkap (Gambar 24). Area sekitarnya didominasi oleh lahan pembibitan, dan rumah-rumah kaca pembibitan tanaman pertanian. Walaupun demikian terdapat lokasi pemukiman penduduk yang cukup padat pada jarak sekitar 200 m dan jalan raya Cilangkap. Kondisi sekitar stasiun pemantau ditunjukkan pada Gambar 25, terdapat vegetasi yang berdekatan dengan sensor terutama anemometer. Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 serta data meteorologi.



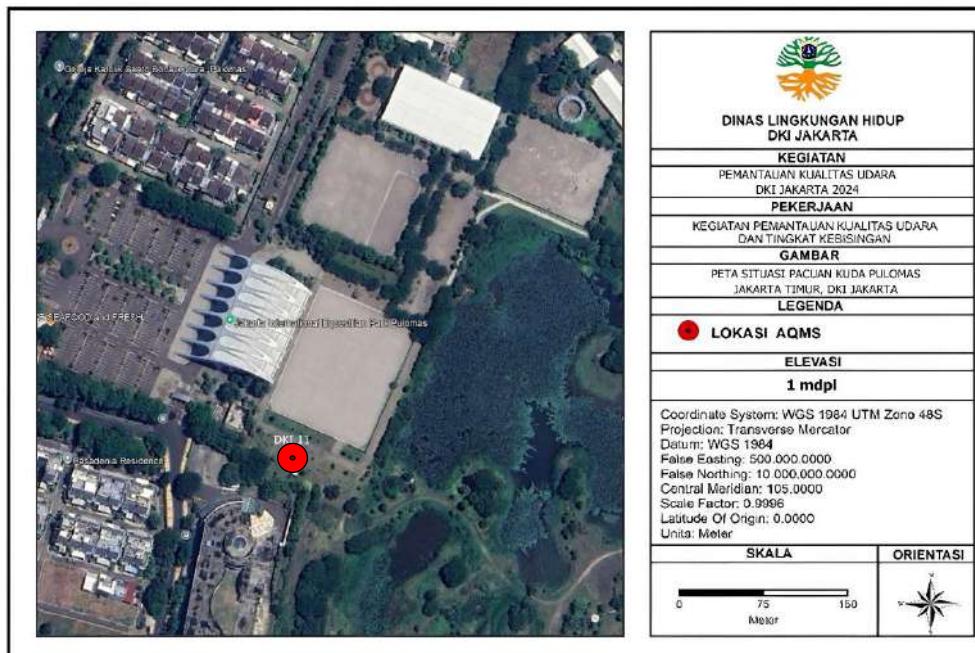
Gambar 24 Posisi lokasi pemantauan kualitas udara DKI10 Cilangkap



Gambar 25 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI10 Cilangkap

1.11. SPKUA DKI 11 Pulomas

Pemantauan kualitas udara di sekitar Pulomas berada di area Pacuan Kuda (Gambar 26). Kondisi sekitar lokasi pemantauan merupakan area terbuka, berbatasan dengan lokasi pemukiman penduduk berupa kompleks perumahan yang tertata. Kondisi sensor alat pengukur cukup bebas dari penghalang sehingga aliran udara cukup terbuka (Gambar 27). Parameter yang diukur PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂ serta data meteorologi.



Gambar 26 Posisi lokasi pemantauan DKI11 Pulomas Jakarta Timur



Gambar 27 Kondisi lokasi sekitar pemantauan DKI11 Pulomas

1.12. SPKUA DKI 12 Cendrawasih

Lokasi pemantauan DKI12 Cendrawasih terletak di area sekitar Gedung Olah Raga (GOR) Cendarawasih Jakarta Barat (Gambar 28). Area sekitarnya cukup terbuka, kecuali di sebelah selatan terdapat area perumahan penduduk, dan jarak dengan vegetasi terdekat relatif jauh, sehingga aliran udara tidak terganggu (Gambar 29). Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 serta data meteorologi.



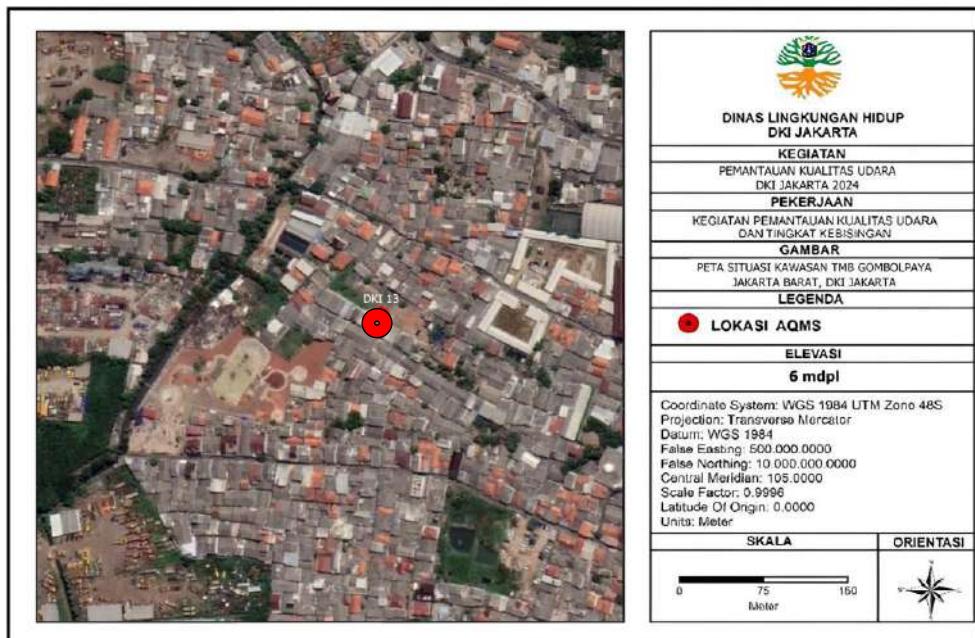
Gambar 28 Posisi pemantauan kualitas udara DKI12 Cendrawasih di Jakarta Barat



Gambar 29 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI12 Cendrawasih

1.13. SPKUA DKI 13 Gombolpaya

Lokasi pemantauan kualitas udara DKI13 Gombolpaya terletak di area RTH Taman Maju Bersama (TMB) Gombolpaya, Kalideres, Jakarta Barat. Di sekitar RTH tersebut merupakan area pemukiman penduduk yang cukup padat (Gambar 30). Terdapat vegetasi dekat alat pemantau yang berpotensi memengaruhi aliran udara (Gambar 31). Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 serta data meteorologi.



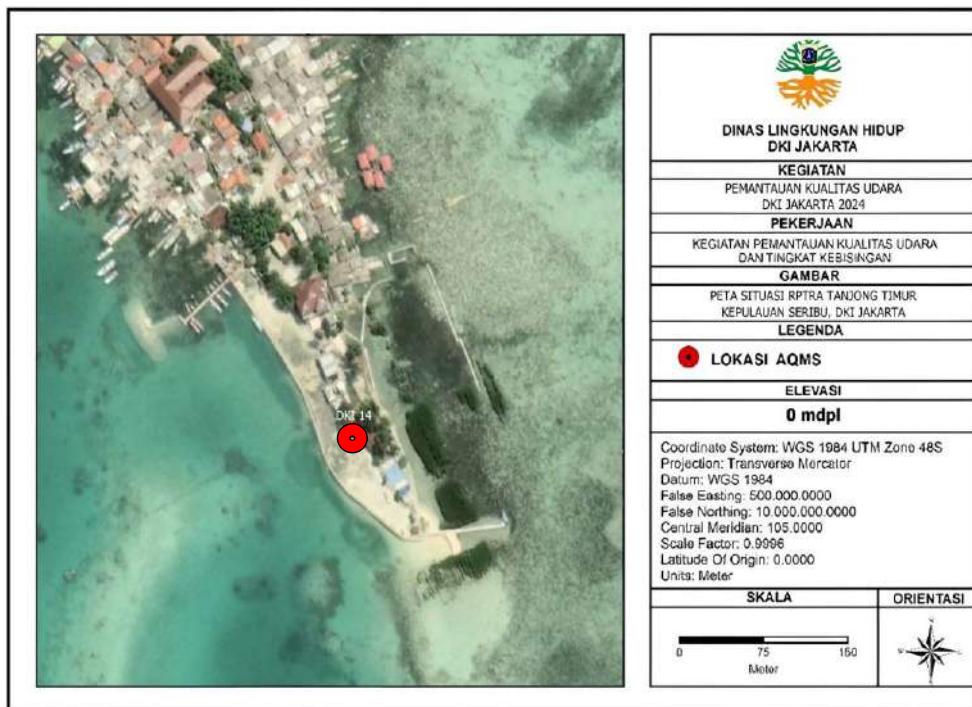
Gambar 30 Posisi pemantauan kualitas udara DKI13 Gombolpaya di Jakarta Barat



Gambar 31 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI13 Gombolpaya di Jakarta Barat

1.14. SPKUA DKI 14 Tanjung Timor

Lokasi pemantauan kualitas udara DKI14 Tanjung Timor terletak di area RPTRA Tanjung Timor, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu (Gambar 32). Area sekitar alat pemantau cukup terbuka, tetapi dikelilingi vegetasi berukuran kecil hingga sedang yang tampak cukup rapat (Gambar 33). Posisi RPTRA Tanjung Timor yang berada di Pulau Panggang, dikelilingi lautan, sehingga aliran udara akan dipengaruhi oleh angin laut, dan kualitas udaranya akan sangat dipengaruhi aktivitas setempat. Parameter yang diukur PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 serta data meteorologi.



Gambar 32 Posisi pemantauan kualitas udara DKI14 Tanjung Timor di Kepulauan Seribu



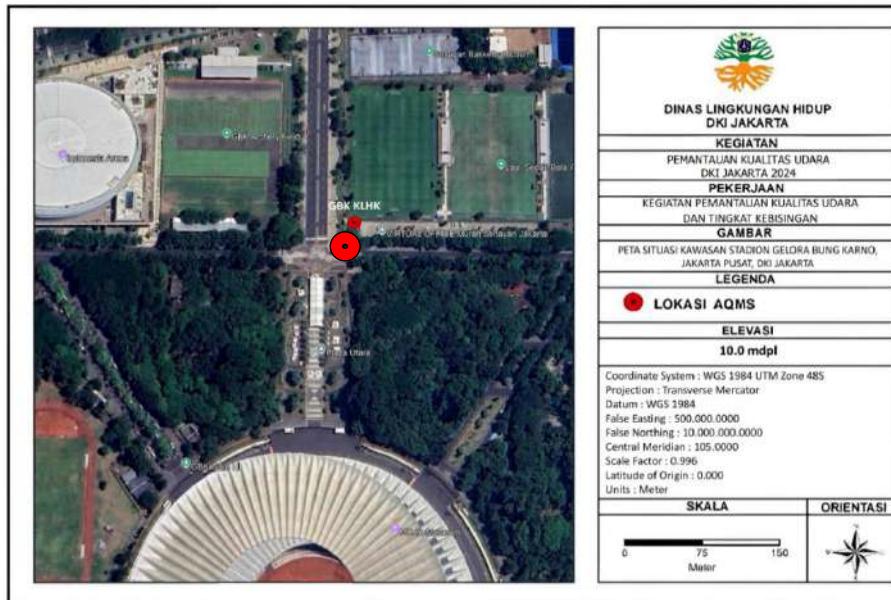
Gambar 33 Kondisi sekitar lokasi pemantauan DKI14 Tanjung Timor di Kepulauan Seribu

1.15. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Non-DLH (KLHK, BMKG, Kedutaan Besar Amerika Serikat)

1.15.1. Stasiun Pemantau Kualitas Udara KLHK (GBK)

Pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh KLHK berlokasi di Gelora Bung Karno (GBK). Parameter yang dipantau di lokasi tersebut terdiri dari partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$), SO_2 , NO_2 , CO dan O_3 , serta data meteorologi, dengan periode data 30 menit. Posisi lokasi pemantauan di GBK ditunjukkan pada Gambar 34, berdekatan dengan jalan raya dan sekaligus perempatan. Kondisi sekitar lokasi pemantauan kualitas udara di GBK ditunjukkan

pada Gambar 35, cukup terbuka, ada vegetasi tetapi tidak terlalu dekat dengan sensor pemantauan. Posisi stasiun dekat dengan jalan raya sehingga akan memengaruhi data konsentrasi pencemar dari emisi kendaraan bermotor yang terukur.



Gambar 34 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah

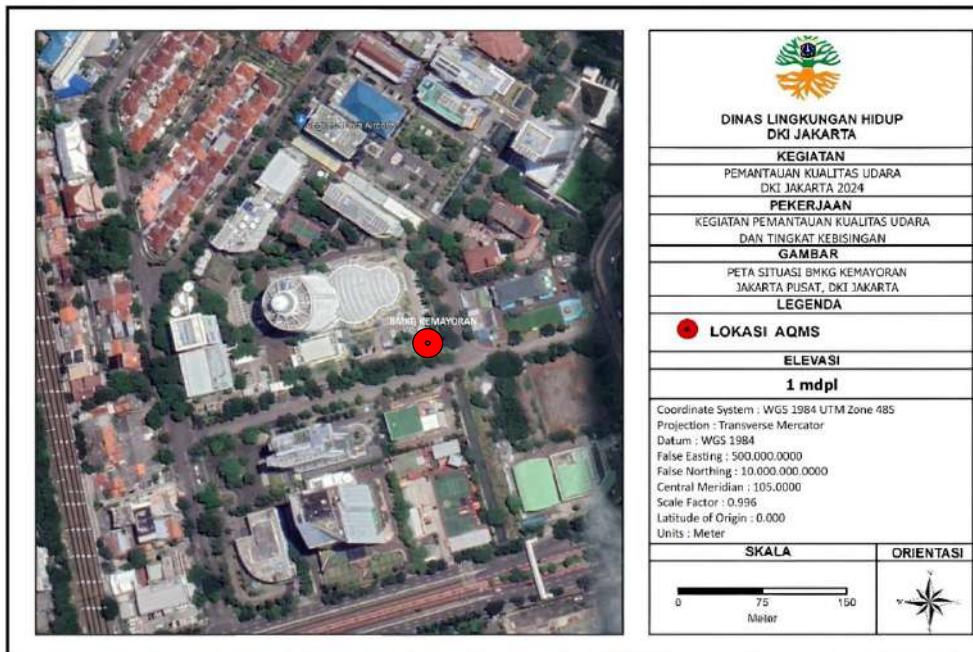


Gambar 35 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK (Dokumentasi DLH 2021)

1.15.2. Stasiun Pemantau Kualitas Udara BMKG (Kemayoran)

Lokasi pemantauan kualitas udara ambien milik BMKG terletak di kawasan gedung BMKG Kemayoran, yaitu di area Taman Alat (Gambar 36). Posisi alat pemantau berada di area terbuka, berbatasan dengan pertigaan jalan di luar area perkantoran BMKG. Lokasi sekitarnya cukup padat lalu lintas, dan juga terdapat warung-warung penjual makanan, yang ramai dikunjungi para pekerja yang istirahat pada siang hari. Posisi peralatan yang

dipasang di lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 37. Parameter pencemar yang diolah dalam laporan ini adalah parameter $PM_{2.5}$ dengan periode data per jam selama bulan Januari-November 2024.



Gambar 36 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran



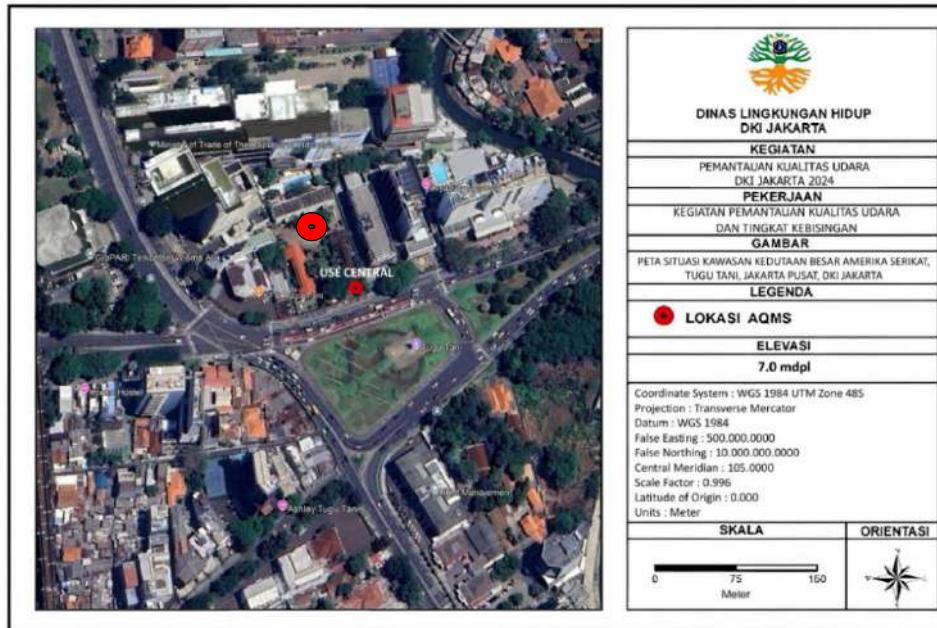
(a) (b)

Gambar 37 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran (a) posisi terhadap gedung utama (b) posisi terhadap vegetasi di sekitarnya (Sumber: Dokumen Tim DLH)

1.15.3. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Kedutaan Besar Amerika Serikat

Lokasi pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh Kedutaan Besar Amerika Serikat (US Embassy) terletak pada 2 lokasi yaitu di dekat Tugu Patung Tani untuk lokasi Jakarta Pusat dan di Jalan Hang Jebat untuk lokasi Jakarta Selatan. Parameter yang dipantau $PM_{2.5}$ dan O_3 (hanya di Jakarta Pusat), dengan periode data per jam. Di kantor Jakarta Pusat, alat pemantau berada di area halaman kantor, dengan posisi alat di atas atap bangunan dekat dengan canopy/vegetasi (Gambar 38). Sekitar lokasi adalah jalan raya utama yang ramai.

Sedangkan di Jalan Hang Jebat merupakan jalan raya yang lebih kecil namun cukup padat lalulintas dengan jenis kendaraan lebih beragam. Di sekitar lokasi adalah pemukiman penduduk juga perkantoran (Gambar 39). Posisi lokasi alat pemantauan di bagian atap belakang, berdekatan dengan gedung lain di belakangnya.



Gambar 38 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat



Gambar 39 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan

1.15.4. Stasiun Pemantau Kualitas Udara *World Resources Institute (WRI)*

Pada tahun 2023 WRI menempatkan alat pemantauan di 3 lokasi, yaitu di Rumah Susun Marunda, Kantor Walikota Jakarta Barat dan Kantor Walikota Jakarta Timur. Posisi pemantauan pada ketiga lokasi terletak di atap gedung sehingga sangat terbuka, suhu udara dipengaruhi juga oleh lantai beton, dan angin relatif lebih kencang.

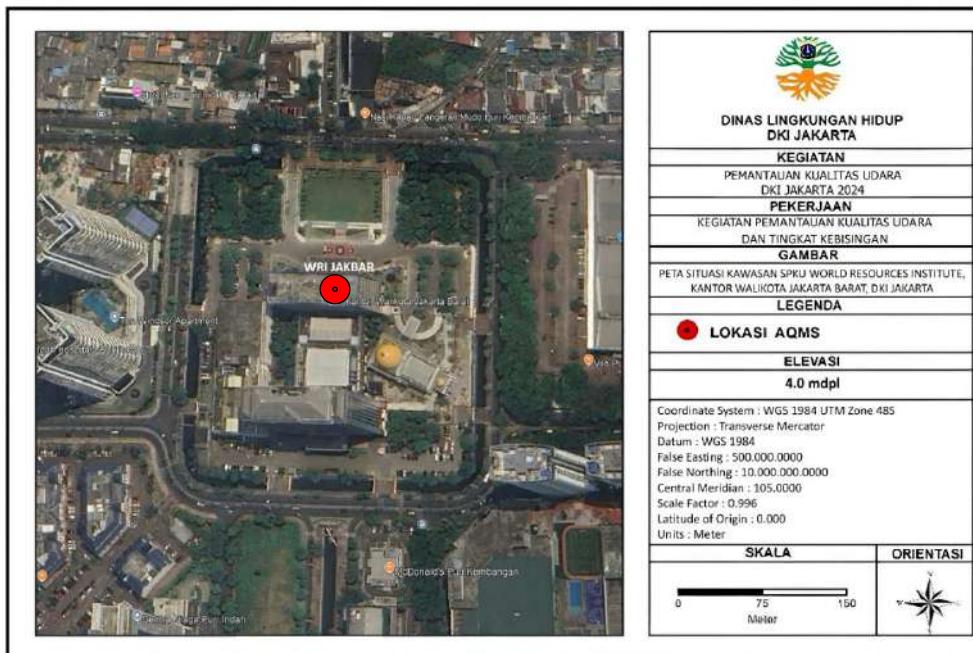


Gambar 40 Alat pemantauan di kantor walikota Jakarta Timur (kiri) dan Jakarta Barat (kanan)

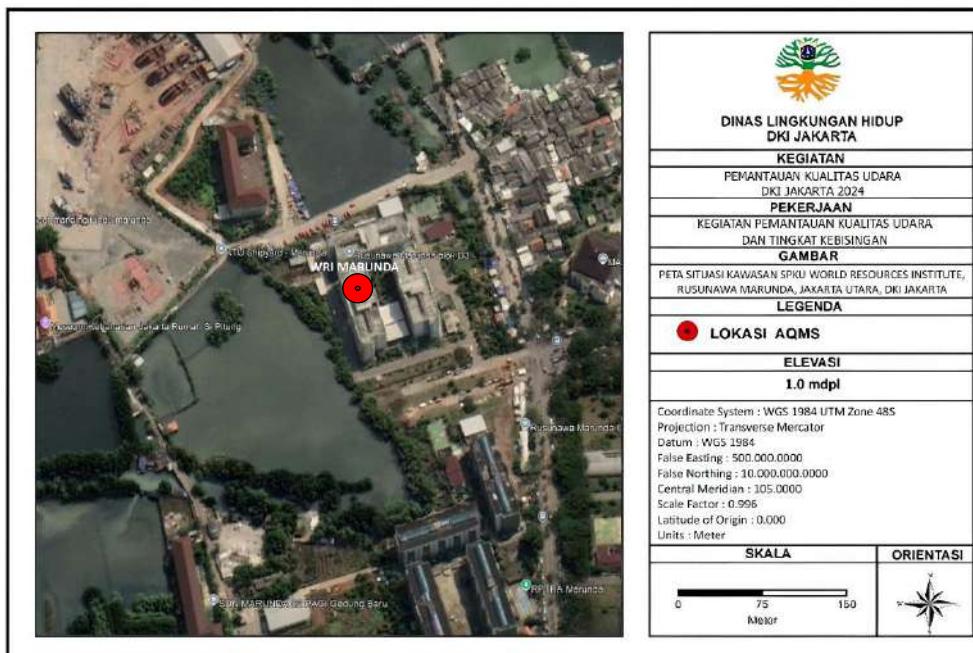


(a)

Gambar 41 Lokasi pemantauan WRI (a) Jakarta Timur, (b) Jakarta Barat, (c) Marunda Jakarta Utara



(b)



(c)

Gambar 41 lanjutan Lokasi pemantauan WRI (a) Jakarta Timur, (b) Jakarta Barat, (c) Marunda Jakarta Utara

1.16. Pemantau Kualitas Udara menggunakan *Low Cost Sensor (LCS)*

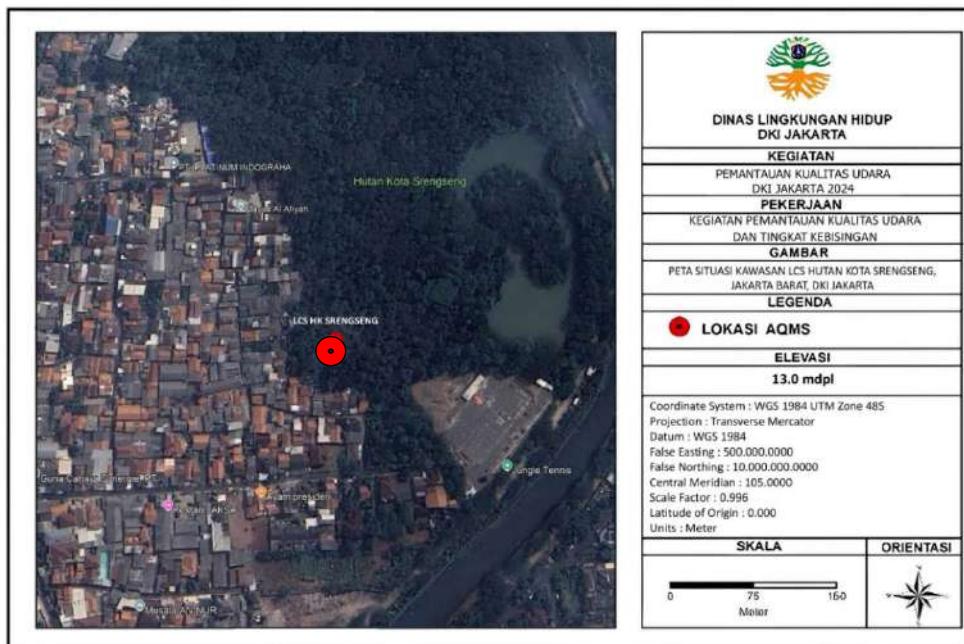
1.16.1. LCS Hutan Kota Srengseng

Lokasi penempatan LCS Hutan Kota Srengseng adalah di daerah Kembangan, Jakarta Barat, berada di dalam wilayah Hutan Kota Srengseng dengan alat terpasang pada tiang listrik

hutan kota. Di sekitar alat pemantau terdapat tutupan vegetasi yang sangat rimbun dengan jarak cukup rapat mengelilingi pengukur sehingga berpotensi menghambat aliran udara. Lokasi alat pengukur berada dekat pagar pembatas dengan pemukiman penduduk yang cukup padat, sehingga sumber-sumber pencemar yang berpotensi berkontribusi adalah aktivitas domestik, di antaranya berfungsi sebagai *home industri*. Namun demikian, vegetasi hutan kota seharusnya dapat meredam sebaran pencemar udara dari luar lokasi (Gambar 42).



Gambar 42 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Hutan Kota Srengseng



Gambar 43 Posisi alat pemantau LCS Hutan Kota Srengseng

1.16.2. LCS *Jakarta Industrial Estate (JIEP) Pulogadung*

Lokasi pemantauan di sekitar daerah Cakung, Jakarta Timur, berada di sekitar Gedung Graha Daya Guna (Kantor Pengelola) tepatnya di area parkiran mobil dekat jalan dan dikelilingi beberapa area industri (Gambar 44). Di sekitar pemantauan terdapat bangunan tinggi gedung pengelola dan lahan parkiran serta jalan raya. Di dekat alat pemantau terdapat

tutupan vegetasi berupa pohon dan kanopi parkiran mobil sehingga akan memengaruhi aliran udara (Gambar 45).



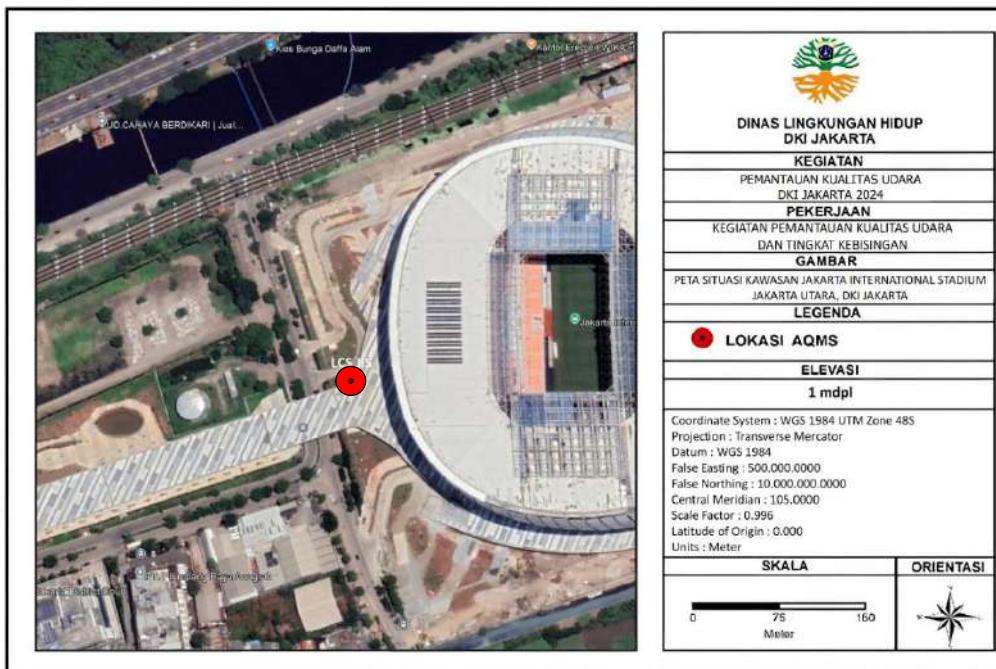
Gambar 44 Posisi Lokasi LCS Jakarta Industrial Estate Pulogadung (JIEP)



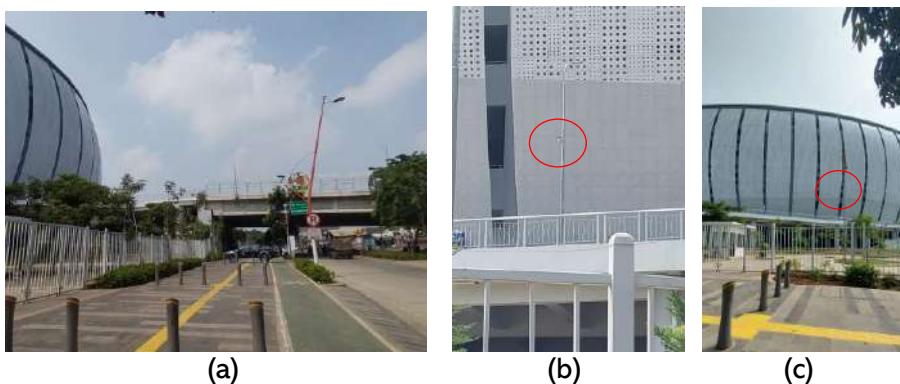
Gambar 45 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jakarta Industrial Estate Pulogadung (JIEP)

1.16.3. LCS Jakarta International Stadium (JIS)

Salah satu lokasi pemantauan di Jakarta Utara, berada di dalam kawasan *Jakarta International Stadium* tepatnya di selasar samping Gedung JIS (Gambar 46). Di sekitar pemantauan terdapat bangunan tinggi gedung JIS dan jalan arteri Sunter Permai Raya. Kondisi udara di sekitar alat pemantau cukup terbuka, karena berada di posisi selasar gedung JIS pada lantai 2 (Gambar 47). Sumber emisi terdekat adalah kendaraan di jalan raya, baik jalan arteri maupun jalan layang dan aktivitas lain terutama jika terdapat *event* yang diselenggarakan di gedung JIS.



Gambar 46 Posisi Lokasi LCS Jakarta International Stadium (JIS)



Gambar 47 Kondisi sekitar lokasi LCS *Jakarta International Stadium (JIS)* (a) lokasi sekitar dekat jalan raya dan jalan layang, (b) posisi pemantau pada ketinggian lantai 2 selasar JIS, (c) *view* posisi sensor dari jalan raya

1.16.4. LCS JI. D.I. Pandjaitan

Lokasi pemantauan di sekitar daerah Cipinang Cempedak, Jakarta Timur, berada di tepi jalan raya (Gambar 48), dengan alat terpasang pada tiang lampu penerangan jalan di depan Gedung Hive Office. Di sekitar pemantauan terdapat beberapa tutupan vegetasi dengan ukuran kecil hingga besar, beberapa gedung tinggi dan sangat dekat dengan jalan raya utama yaitu Jalan D.I Panjaitan, Interchange Cawang, Tol Cawang Grogol dan Tol Cililitan. Kondisi jalan raya tersebut seringkali padat lalulintas (Gambar 49).



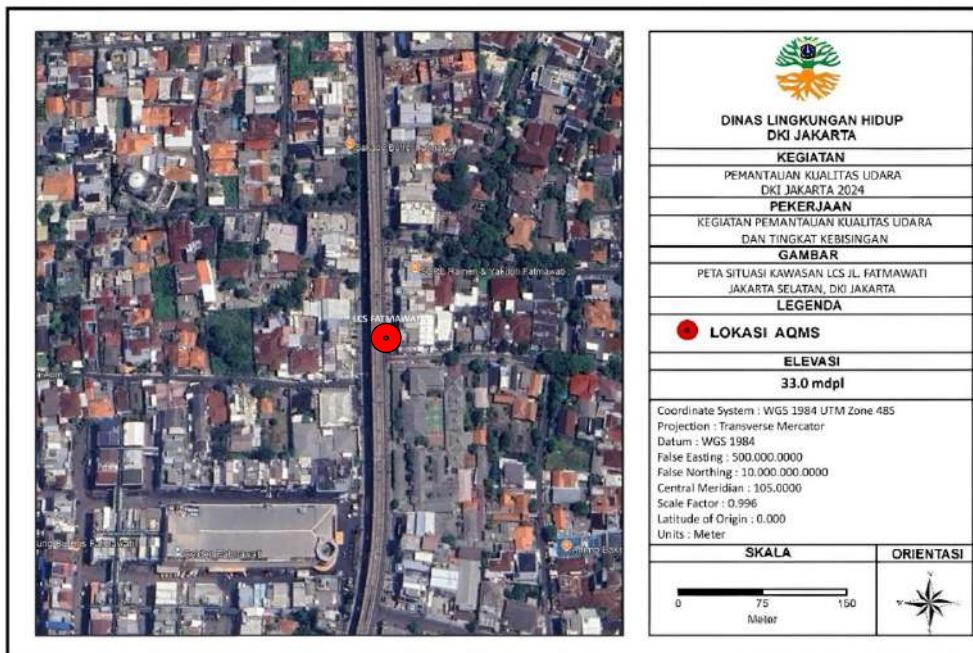
Gambar 48 Posisi Lokasi LCS Jl. D.I. Panjaitan di Jakarta Timur



Gambar 49 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. D.I. Panjaitan di Jakarta Timur

1.16.5. LCS Jl. Fatmawati

Lokasi pemantauan di sekitar daerah Cilandak, Jakarta Selatan, berada di Jalan Raya RS Fatmawati Raya yaitu pada jalur pemisah jalan 2 arah (Gambar 50). Sekitar lokasi pemantauan adalah jalan raya yang padat kendaraan dan bangunan pertokoan (ruko) dan area perdagangan. Di bagian atas terdapat jalur MRT (*Mass Rapid Transit*). Sumber emisi utama adalah kendaraan bermotor roda 2 dan roda 4, dengan tingkat kepadatan lalulintas tinggi (Gambar 51).



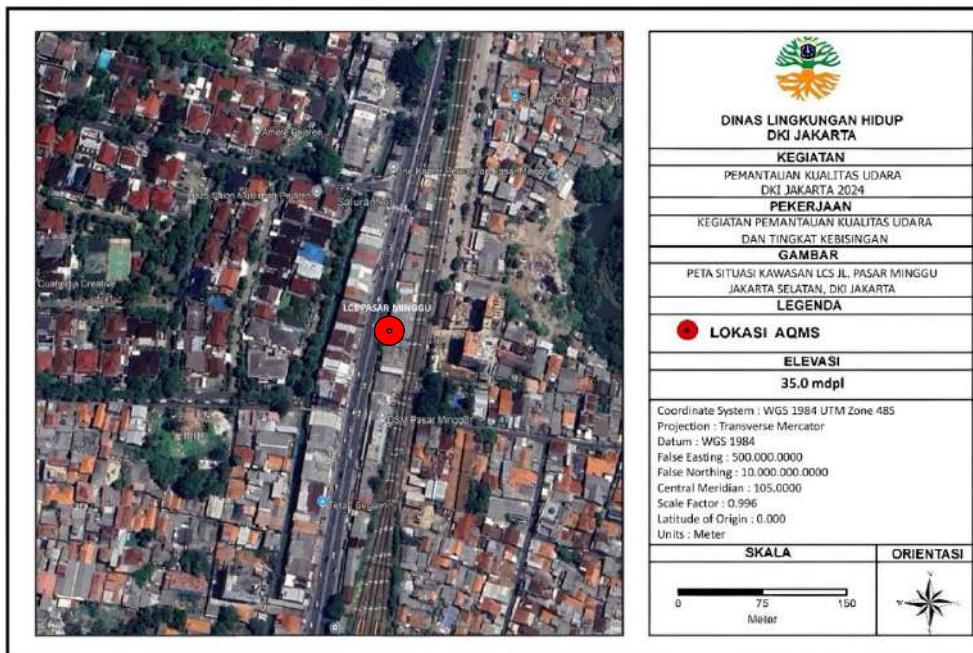
Gambar 50 Posisi Lokasi LCS Jl. Fatmawati



Gambar 51 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. Fatmawati

1.16.6. LCS Jl. Pasar Minggu

Lokasi pemantauan di sekitar daerah Pasar Minggu, Jakarta Selatan, berada di tepi jalan raya dengan lalulintas padat, dan aktivitas masyarakat berupa aktivitas perdagangan (Gambar 52). Alat dipasang pada tiang listrik tepi jalan (Gambar 53), sehingga sumber emisi utama adalah kendaraan bermotor (lalulintas padat).



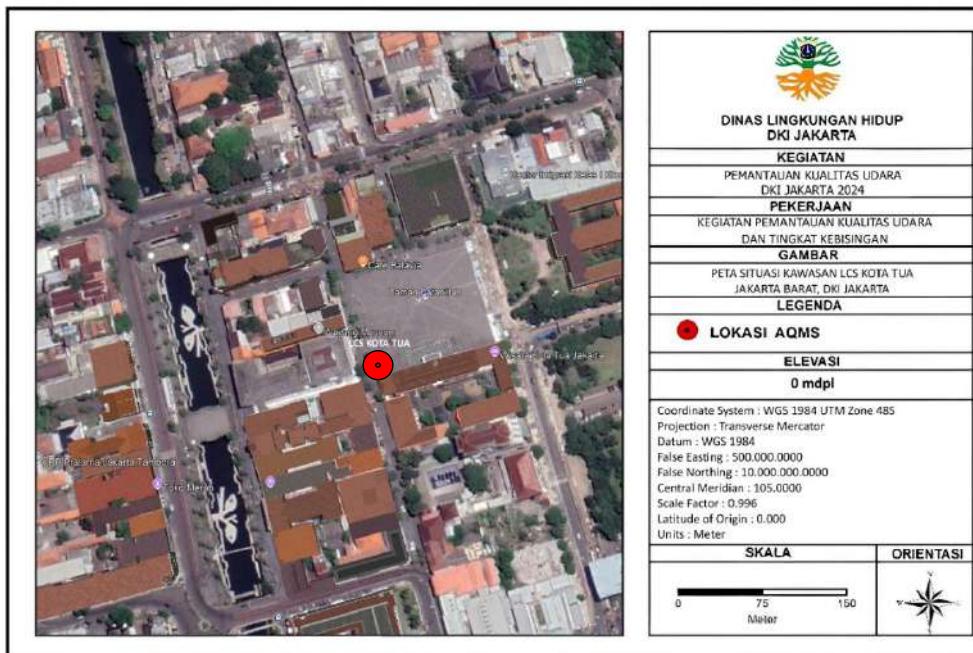
Gambar 52 Posisi Lokasi LCS Jl. Pasar Minggu di Jakarta Selatan



Gambar 53 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Jl. Pasar Minggu di Jakarta Selatan

1.16.7. LCS Kota Tua

Lokasi pemantauan di sekitar daerah Taman Sari, Jakarta Barat, berada di dalam kawasan Wisata Kota Tua Taman Fatahillah tepatnya di pinggir area lahan terbuka museum (Gambar 54). Kawasan Kota Tua merupakan daerah LEZ (*Low Emission Zone*) sehingga mobil dilarang melintas di daerah sekitar lokasi tersebut. Posisi alat pemantau dipasang pada tiang penunjuk arah (Gambar 55). Di sekitar pemantauan terdapat beberapa tutupan vegetasi yaitu pohon cukup tinggi, tetapi tidak terlalu lebat sehingga tidak mengganggu alat pemantau.



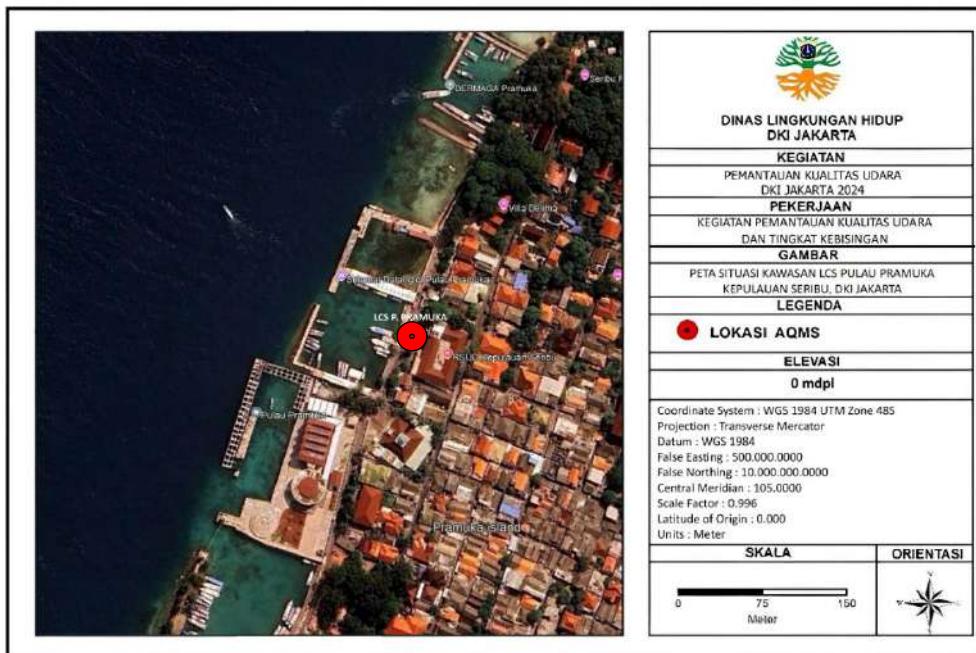
Gambar 54 Posisi Lokasi LCS Kota Tua di Jakarta Barat



Gambar 55 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Kota Tua di Jakarta Barat

1.16.8. LCS Pulau Pramuka

Lokasi pemantauan kualitas udara terletak di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu (Gambar 56). Area sekitar alat pemantau merupakan pemukiman penduduk (Gambar 57) cukup terbuka dan ditempatkan pada tiang listrik pinggir jalan. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan bermotor yang berlalu lalang di jalan dan aktivitas domestik.



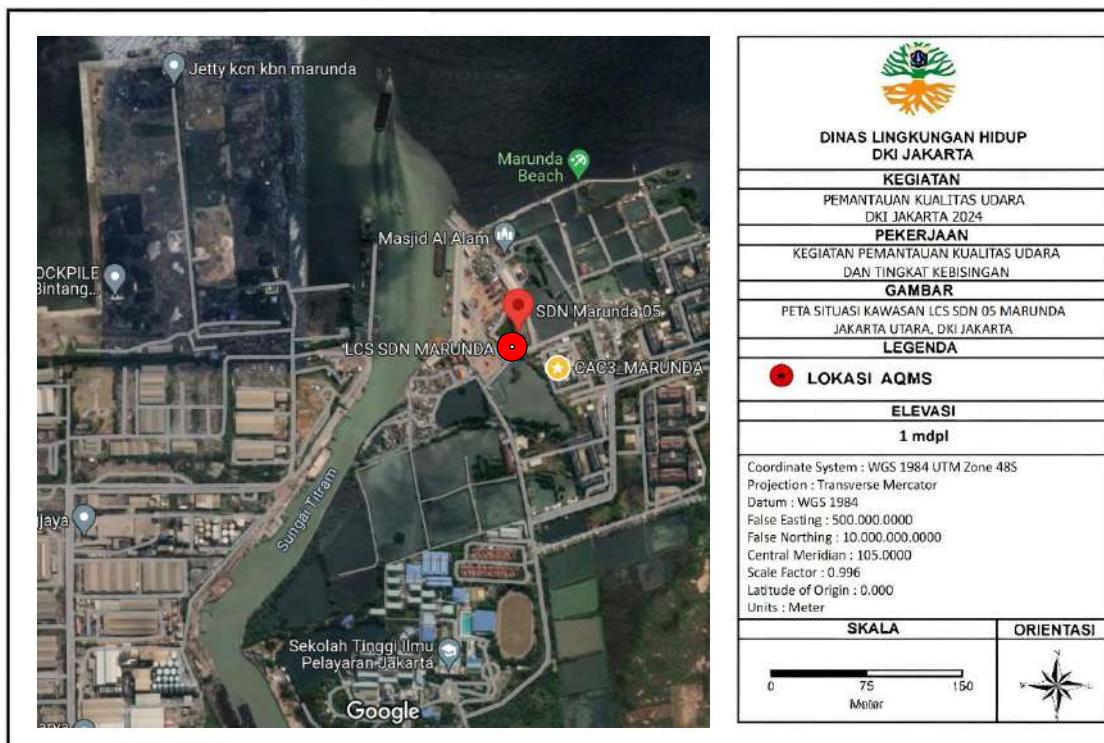
Gambar 56 Posisi Lokasi LCS Pulau Pramuka di Kepulauan Seribu



Gambar 57 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Pulau Pramuka di Kepulauan Seribu

1.16.9. LCS SDN Marunda

Lokasi pemantauan kualitas udara terletak di sebelah barat SDN Marunda 05, Cilincing, Jakarta Utara (Gambar 58). Area sekitar alat pemantau berada di area cukup terbuka dan ditempatkan pada tiang lampu listrik pinggir jalan. Area pemantauan dikelilingi vegetasi berukuran kecil hingga sedang dan sebelah timur alat pemantau terdapat bangunan sekolah yang cukup tinggi (Gambar 59). Di sebelah selatan alat terdapat area terbuka berupa kolam perairan serta di sebelah barat alat pemantau terdapat area lahan terbuka dengan pembatas vegetasi ukuran sedang. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan, industri yang berjarak 2-3 km dan aktivitas domestik.



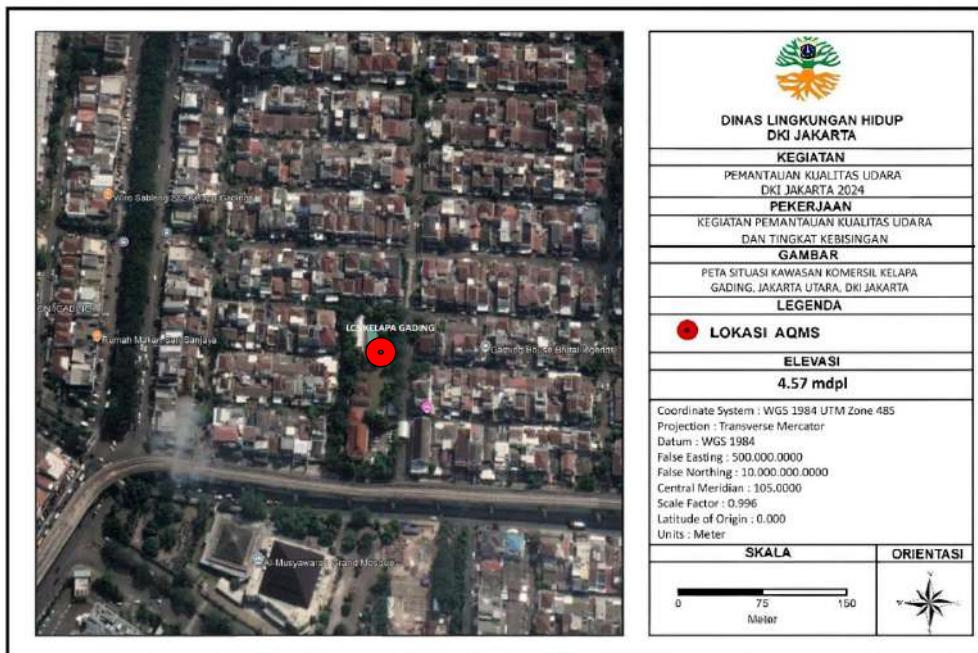
Gambar 58 Posisi Lokasi LCS SDN Marunda di Jakarta Utara



Gambar 59 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS SDN Marunda di Jakarta Utara

1.16.10. LCS SPKU Kelapa Gading

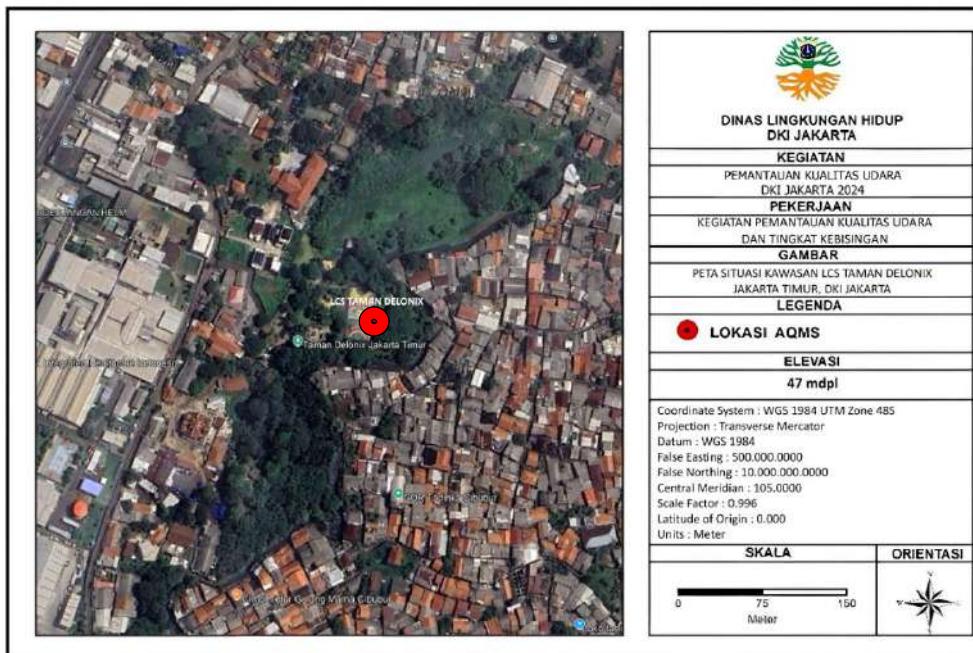
Penempatan alat pemantauan kualitas udara di Kelapa Gading, Jakarta Utara, berada di tengah-tengah pemukiman penduduk (Gambar 60) tepatnya di Lokasi yang sama dengan SPKUA DKI2 Kelapa Gading. Keadaan kepadatan lalu lintas di sekitarnya tidak terlalu tinggi, namun di jalan arteri terdekat merupakan jalan yang cukup padat lalu lintas dan terdapat jalan layang di sebelah Selatan. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan bermotor dan aktivitas domestik. Alat pemantau dikelilingi vegetasi yang cukup dekat dengan sensor alat. Selain itu terdapat bangunan-bangunan yang cukup tinggi dengan jarak dekat, yang dapat memengaruhi aliran udara.



Gambar 60 Posisi LCS Kelapa Gading Jakarta Utara

1.16.11. LCS Taman Delonix

Lokasi pemantauan di daerah Pekayon, Jakarta Timur, berada di dalam wilayah Taman Delonix tepatnya di sebelah tenggara kawasan lapangan basket yang terbuka dan taman bermain anak (Gambar 61). Di sekitar belakang tiang alat pemantau terdapat vegetasi yang cukup tinggi, berukuran sedang hingga besar namun jarak tidak terlalu rapat. Namun demikian perlu dipantau tajuk vegetasi tersebut agar tidak mengganggu sensor (Gambar 62). Di sekitar lokasi Taman Delonix terdapat pemukiman penduduk yang padat. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan bermotor serta aktivitas domestik lainnya. Pada saat tertentu masyarakat suka melakukan aktivitas bakar sampah, terutama membakar sampah daun-daunan.



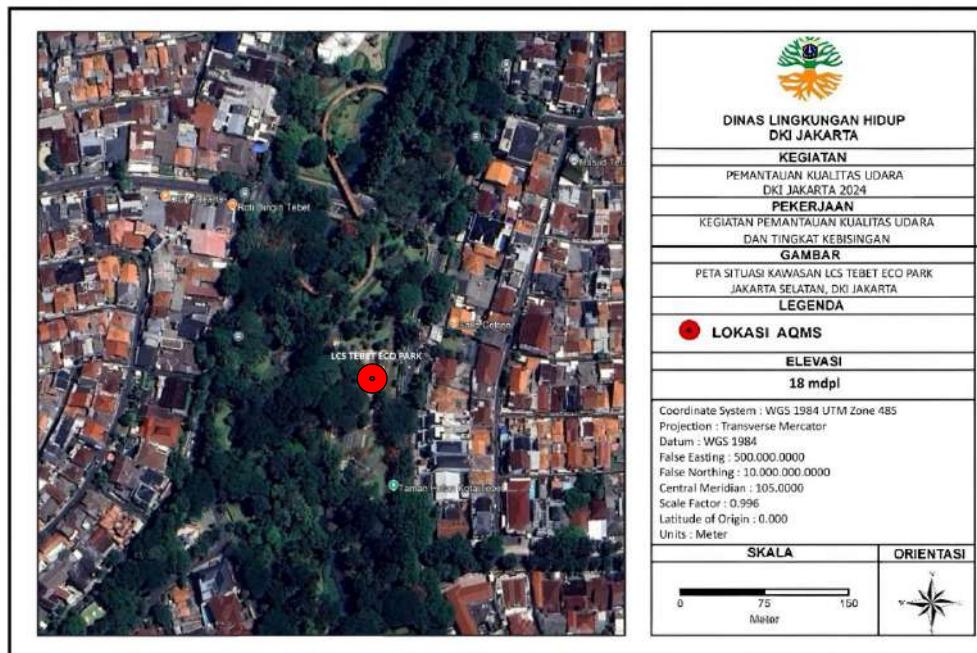
Gambar 61 Posisi Lokasi LCS Taman Delonix



Gambar 62 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Taman Delonix

1.16.12. LCS Tebet Ecopark

Lokasi pemantauan di daerah Tebet, Jakarta Selatan, yaitu dalam area Tebet Ecopark (Gambar 63), di kawasan taman bermain anak dengan alat terpasang pada tiang lampu taman. Tidak jauh dari lokasi alat terdapat jalan arteri yaitu Jl. Tebet Timur Raya. Sumber emisi terdekat adalah kendaraan serta aktivitas domestik lainnya. Di sekitar alat pemantau terdapat beberapa tutupan vegetasi mengelilingi alat berukuran sedang hingga besar dengan jarak tidak terlalu rapat (Gambar 64). Di lokasi ini juga perlu dipantau agar tajuk tanaman tidak terlalu mendekat ke lokasi sensor. Lokasi ini merupakan lokasi yang dicanangkan sebagai *Low emission Zone* (LEZ).



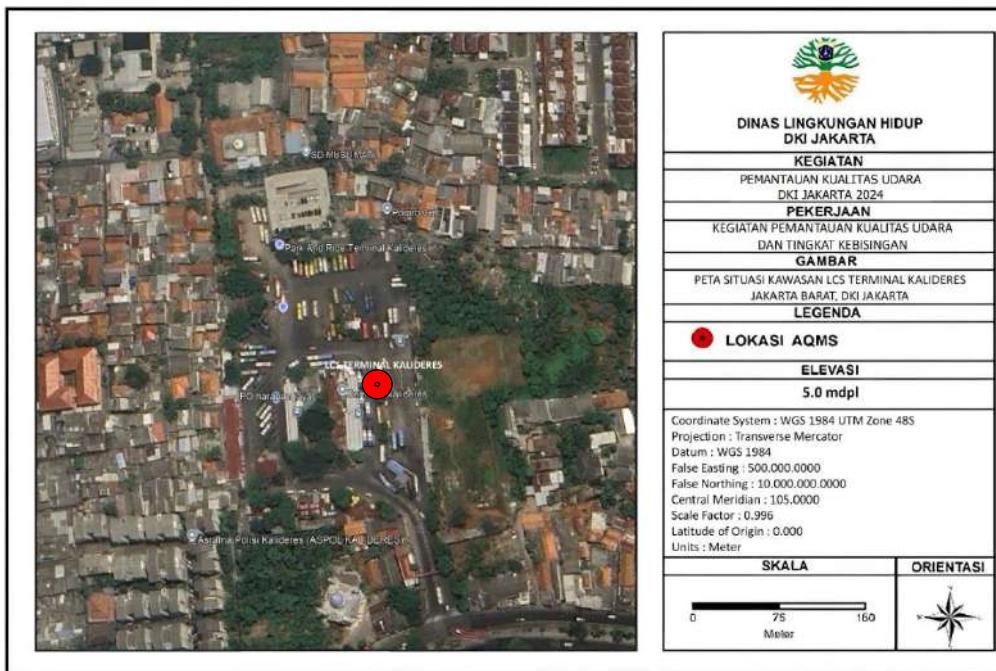
Gambar 63 Posisi Lokasi LCS Tebet Ecopark



Gambar 64 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Tebet Ecopark

1.16.13. LCS Terminal Kalidores

Lokasi pemantauan di daerah Kalideres, Jakarta Barat, berada di dalam wilayah Terminal Kalideres dengan alat terpasang pada tiang listrik (Gambar 65). Di sekitar alat pemantau terdapat beberapa kios pedagang dan tenda berukuran sedang (Gambar 66). Sumber emisi terdekat adalah kendaraan baik itu roda dua dan empat (mobil dan bus) karena memang alat ditempatkan di area terminal serta aktivitas domestik lainnya.



Gambar 65 Posisi Lokasi LCS Terminal Kalideres



Gambar 66 Kondisi sekitar lokasi pemantauan LCS Terminal Kalideres

2. Kualitas Udara per Wilayah Administrasi

Pada setiap wilayah administrasi terdapat alat pemantau berupa SPKUA referensi milik DLH DKI Jakarta, dan ada beberapa pemantau berupa LCS serta milik mitra strategis dan instansi lain. Pembahasan meliputi kondisi kualitas udara dan meteorologi per wilayah.

2.1. JAKARTA PUSAT

Kondisi lokasi pemantauan



Pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Pusat dilakukan pada 4 titik pantau, yaitu DKI1 Bundaran HI, GBK KLHK, BMKG Kemayoran, US Embassy. Gambar 67 menunjukkan sebaran lokasi pemantauan di Jakarta Pusat (tanda bintang kuning), garis merah adalah batas wilayah administrasi.

Gambar 67 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Pusat

Kondisi kualitas udara

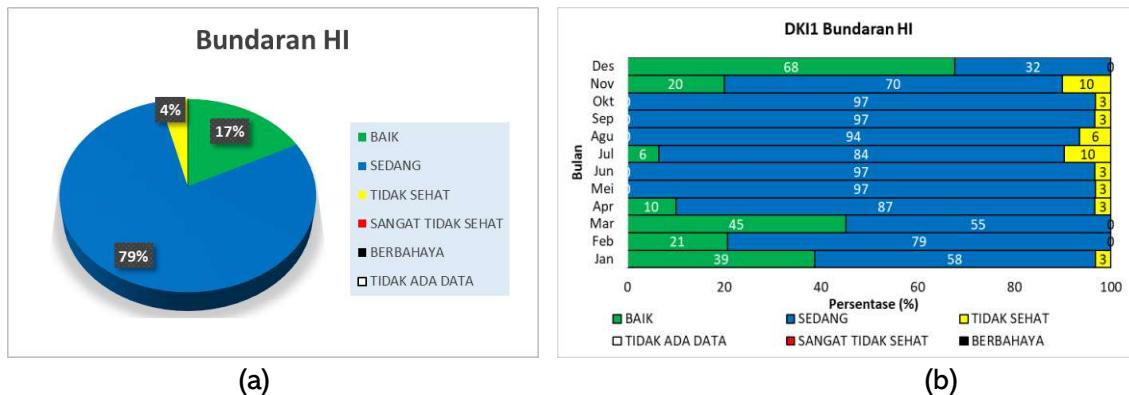
Kualitas udara hasil pengukuran tahun 2024 di Jakarta Pusat menunjukkan konsentrasi rata-rata PM₁₀, PM_{2.5} dan O₃ sudah melampaui nilai BMUA tahunan (Tabel 3). Konsentrasi rata-rata PM_{2.5} tertinggi terukur di Kemayoran (BMKG), hal ini ada pengaruh aktivitas pembangunan gedung di sekitarnya. Konsentrasi PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ dan O₃ di sekitar GBK lebih tinggi daripada Bundaran HI. Data partikulat di GBK tersedia Januari – November 2024. Parameter NO₂ di Bundaran HI lebih tinggi daripada GBK, dan sudah melampaui BMUA 1 tahun. Parameter NO₂ yang lebih tinggi di Bundaran HI dapat disebabkan oleh kontribusi kendaraan bermotor di Bundaran HI.

Tabel 3 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Pusat

Parameter	Lokasi Pemantauan				Rata-rata	BMUA 1 Tahun	
	DKI1 Bundaran HI	KLHK GBK	US Embassy Tugu Tani	BMKG Kemayoran		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	55.4	61.1			58.2	40	15
PM2.5	32.6	34.1	32.4	47.1	36.5	15	5
SO2	18.8	47.8			33.3	45	
CO	1750.0	1087.9			1418.9		
O3	55.4	60.5			58.0	35	
NO2	55.2	35.7			45.4	50	10
THC (ppmC)	2.9				2.9		
NMHC (ppmC)	0.9				0.9		
CH4 (ppm)	2.0				2.0		

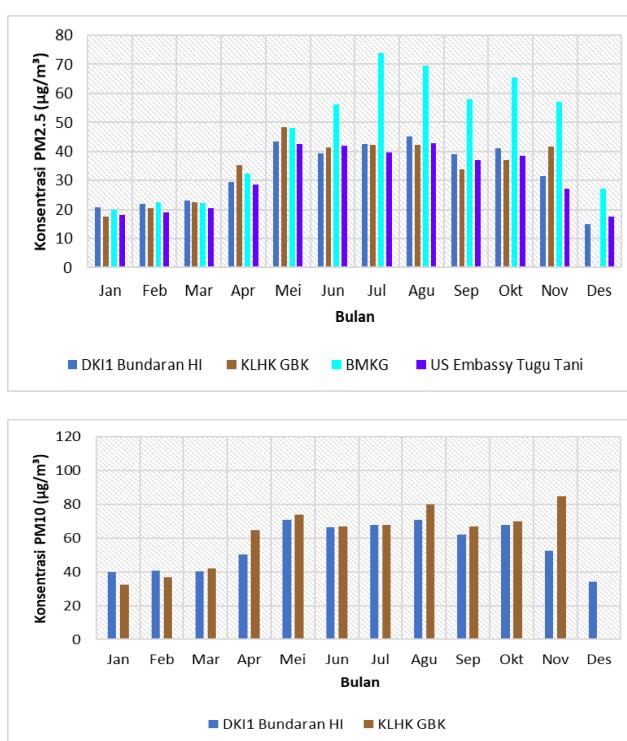
Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Analisis ISPU di wilayah Jakarta Pusat diwakili oleh pengukuran di Bundaran HI, yang menunjukkan kualitas udara tahun 2024 sebagai berikut : 79% hari berkategori “sedang”, 17% hari berkategori “baik”, 4% hari berkategori “tidak sehat”. **Parameter kritis : PM_{2.5}**, dengan jumlah hari “baik” terbanyak pada bulan Desember (Gambar 68), bersamaan dengan musim hujan



Gambar 68 Persentase ISPU wilayah Jakarta Pusat (a) tahunan (b) per bulan

Fluktuasi konsentrasi rata-rata partikulat per bulan wilayah Jakarta Pusat

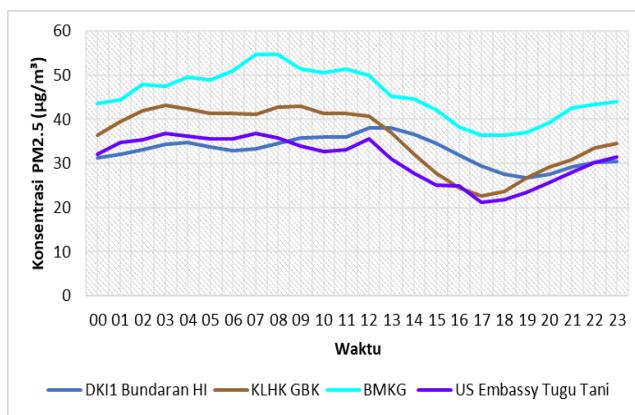


Gambar 69 Fluktuasi konsentrasi partikulat (PM_{2.5} atas, PM₁₀ bawah) rata-rata per bulan wilayah Jakarta Pusat

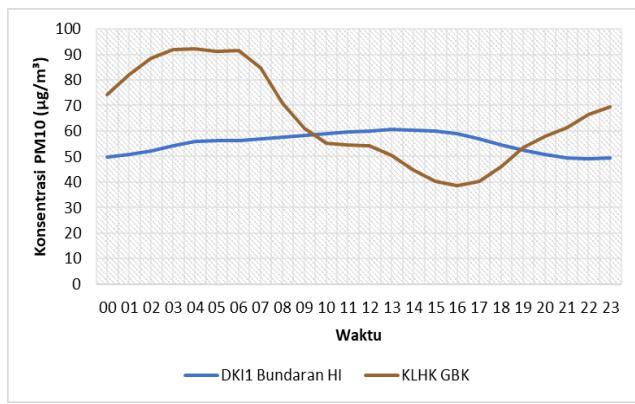
Konsentrasi PM_{2.5}. Secara umum konsentrasi rata-rata bulanan Bundaran HI, GBK dan Tugu Tani (US Embassy) relatif setara. Namun konsentrasi PM_{2.5} di BMKG bulan Mei-Desember, meningkat sangat cepat hingga melebihi nilai BMUA 24 jam (55 µg/m³), yang dipengaruhi oleh kegiatan konstruksi pembangunan gedung, bersamaan dengan musim kemarau.

Konsentrasi PM₁₀. DKI1 Bundaran HI dan GBK KLHK, menunjukkan konsentrasi PM₁₀ rata-rata bulanan yang setara, kecuali pada bulan November, konsentrasi PM₁₀ tertinggi di GBK > 80 µg/m³, melebihi nilai BMUA 24 jam (75 µg/m³).

Fluktuasi konsentrasi diurnal wilayah Jakarta Pusat



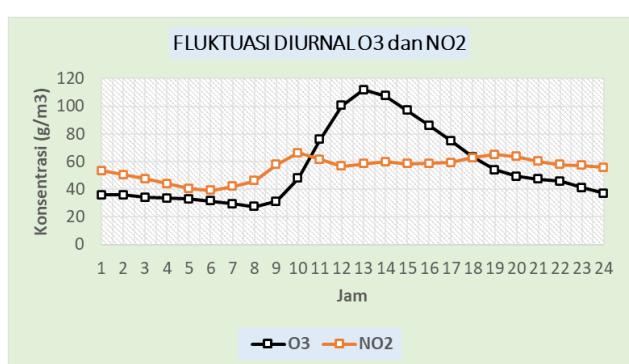
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} secara diurnal menunjukkan pola umum yang sama yaitu malam hingga pagi cukup tinggi, menurun menjelang siang hingga mencapai minimum sore hari sekitar pukul 18.00 WIB. Penurunan konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh atmosfer yang tidak stabil pada siang hari, yang mendorong gerak vertikal masa udara dan menyebabkan pencampuran intensif, menurunkan konsentrasi partikel di udara.



Gambar 70 Fluktuasi konsentrasi partikulat diurnal wilayah Jakarta Pusat

Fluktuasi diurnal O₃ dan NO₂

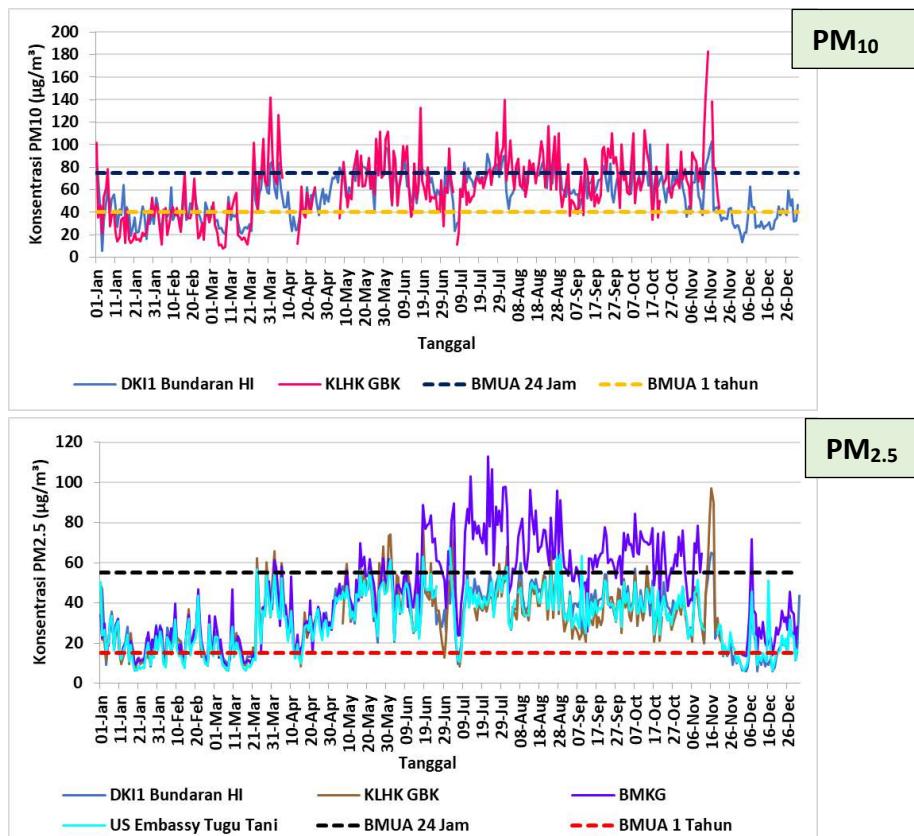
Pembentukan O₃ sekunder melibatkan radiasi matahari dan prekursor, salahsatunya adalah NO₂ (Balamurugan *et al.* 2022). Pola fluktuasi diurnal O₃, sejalan dengan pola radiasi matahari, dan pada Gambar 71 terlihat ketika O₃ meningkat menjelang siang hari dengan puncak sekitar pk. 13.00 WIB, NO₂ sedikit menurun, dan relatif stabil pada siang hari hingga sore menjelang malam hari. Konsentrasi NO₂ mencapai maksimum pada 2 titik waktu, pagi hari sekitar pukul 10.00 WIB dan pukul 19.00 WIB.



Gambar 71 Fluktuasi konsentrasi O₃ dan NO₂ diurnal wilayah Jakarta Pusat

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

Konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian berfluktuasi, namun demikian di wilayah Jakarta Pusat pada 2 titik pantau menunjukkan pola yang sama. Ketersediaan data di GBK adalah Januari-November 2024. Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5}, juga relatif sama antar lokasi, namun pada bulan Juni pengukuran di Kemayoran (BMKG) meningkat dengan signifikan hingga bulan November, bersamaan dengan kegiatan konstruksi pembangunan gedung, dan kondisi curah hujan berkurang memasuki musim kemarau. Secara umum pola fluktuasi partikulat di Jakarta Pusat menunjukkan peningkatan memasuki musim kemarau, dan rendah pada musim hujan.

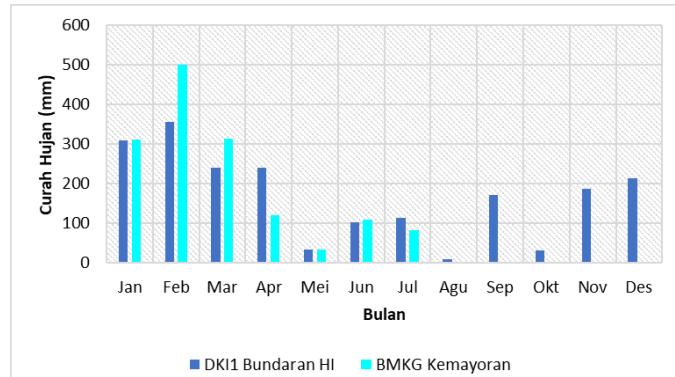


Gambar 72 Fluktuasi konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Pusat

Kondisi meteorologi di wilayah Jakarta Pusat

1) CURAH HUJAN

Curah hujan bulanan di Jakarta Pusat diwakili data DKI1 Bundaran HI (Januari-Desember 2024) dan BMKG (Januari-Juli). Curah hujan tertinggi pada bulan Februari sebesar 356 mm di Bundaran HI dan 500 mm di Kemayoran (BMKG). Curah hujan menurun signifikan memasuki bulan Mei dan meningkat kembali pada bulan Juni-Juli. Di Bundaran HI tercatat curah hujan terendah pada bulan Agustus, pada September meningkat kembali tetapi pada bulan Oktober rendah. Peningkatan curah hujan pada musim kemarau dapat diakibatkan gangguan cuaca seperti siklon tropis.

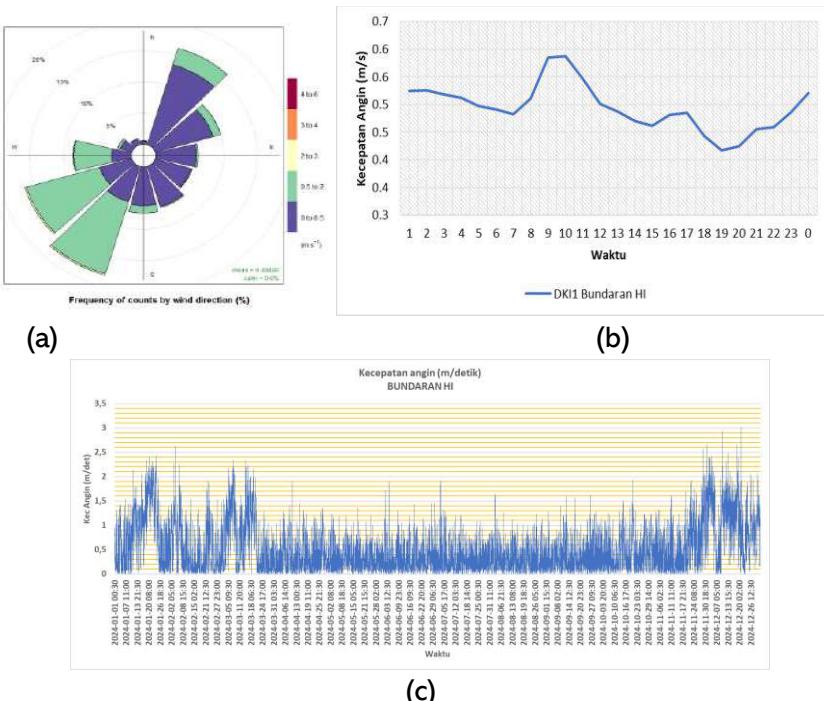


Gambar 73 Curah hujan bulanan wilayah Jakarta Pusat

2) ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

Kondisi angin selama tahun 2024 di Jakarta Pusat yang diwakili data Bundaran HI, arah dominan Barat Daya dan Timur Laut, dengan kecepatan 0 – 3 m/detik (Gambar 74a). Secara diurnal rata-rata kecepatan angin maksimum pada siang hari, dan menjadi sangat rendah (ca/m) pada malam hari (Gambar 74b). Kecepatan angin yang tinggi pada siang hari bersamaan dengan radiasi dan suhu udara tinggi menyebabkan kondisi atmosfer tidak stabil dan terjadi pencampuran massa udara yang intensif sehingga dapat menurunkan konsentrasi polutan. Kecepatan angin yang rendah pada malam hari dapat mendorong akumulasi polutan di permukaan, sehingga konsentrasi meningkat.

Fluktuasi kecepatan angin menunjukkan peningkatan kecepatan pada musim hujan (musim angin baratan), sedangkan mulai bulan akhir Maret-pertengahan November kecepatan relatif lebih rendah (Gambar 74c). Kecepatan angin tertinggi mencapai 3 m/detik pada akhir Desember.

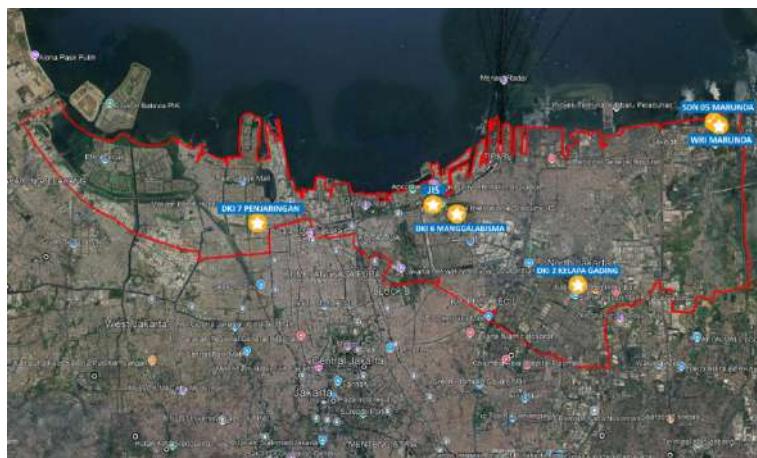


Gambar 74 Kondisi meteorologi (a) arah angin (b) kecepatan angin diurnal (c) kecepatan angin 30 menit wilayah Jakarta Pusat

2.2. JAKARTA UTARA

Kondisi lokasi pemantauan

Lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Utara tersebar di 6 lokasi (Gambar 75), yaitu DKI2 Kelapa Gading, Rusun Marunda, Rusunawa Penjaringan, RPTRA Manggalabisma LCS Kelapa gading, LCS JIS dan LCS SD Marunda 05. Sebaran titik pantau belum merata, terdapat kekosongan pada bagian timur dan barat yang berbatasan dengan Bekasi dan Tangerang. Wilayah tersebut dapat diusulkan untuk dilakukan pemantauan jika sudah ada penambahan alat.



Gambar 75 Sebaran pemantau kualitas udara di wilayah Jakarta Utara

Kondisi kualitas udara

Kualitas udara di wilayah Jakarta Utara menunjukkan konsentrasi rata-rata PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , dan O_3 melampaui BMUA 1 tahun. Namun demikian data polutan gas pada kedua SPKU berbasis sensor baru stabil mulai 13 Juni 2024 setelah adanya kalibrasi, sehingga tidak dimasukkan dalam analisis. Konsentrasi rata-rata tertinggi untuk polutan PM_{10} senilai 63.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Kelapa Gading dan $PM_{2.5}$ tertinggi di Rusun Marunda senilai 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kondisi sekitar Rusun Marunda merupakan area terminal angkutan yang dapat berkontribusi terhadap kualitas udara yang terukur.

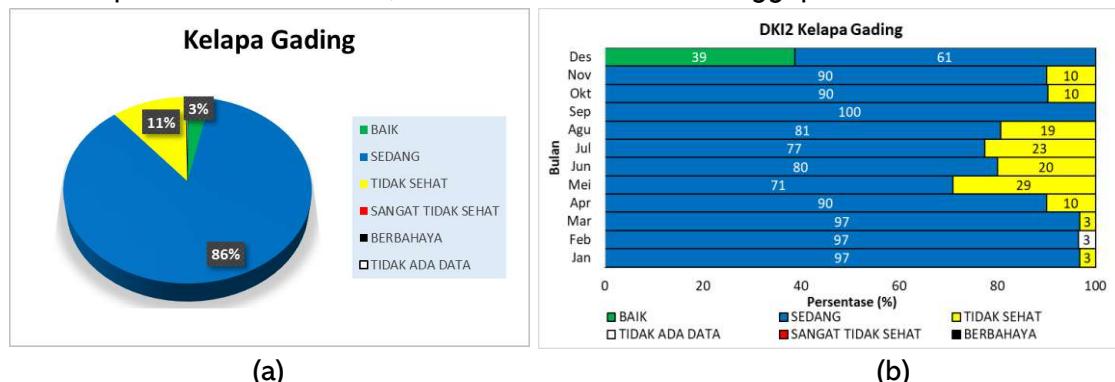
Tabel 4 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Utara

Parameter	Lokasi Pemantauan						Rata-rata	BMUA 1 Tahun	
	DKI2 Kelapa Gading	DKI6 Manggalabisma	DKI7 Penjaringan	LCS Kelapa Gading	LCS SDN 05 Marunda	WRI Marunda		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	63.4	47.3	34.4				48.4	40	15
PM2.5	35.8	40.9	30.2	34.3	39.0	42.0	37.0	15	5
SO2	67.9	112.8	123.5				101.4	45	
CO	900.0	275.9	1322.0				832.6		
O3	53.2	19.3	19.3				30.6	35	
NO2	43.4	18.7	22.8				28.3	50	10

Keterangan : Warna kuning menandakan data tidak lengkap 1 tahun

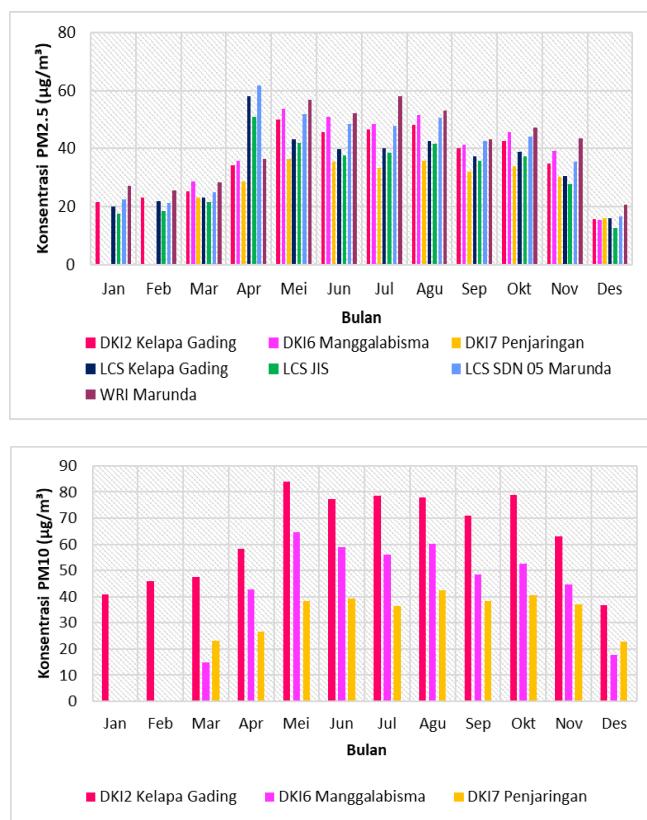
Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

ISPU Wilayah Jakarta Utara diwakili data DKI2 Kelapa Gading, menunjukkan kondisi kualitas udara selama tahun 2024 : terdapat 86% hari berkategori “sedang”, 11% hari berkategori “tidak sehat”, dan 3% hari berkategori “baik”. Adapun parameter kritis : PM_{2.5}, hari “baik” tercatat pada bulan Desember, dan hari “tidak sehat” tertinggi pada bulan Mei.



Gambar 76 Persentase ISPU wilayah Jakarta Utara (a) tahunan (b) per bulan

Fluktuasi konsentrasi partikulat bulanan



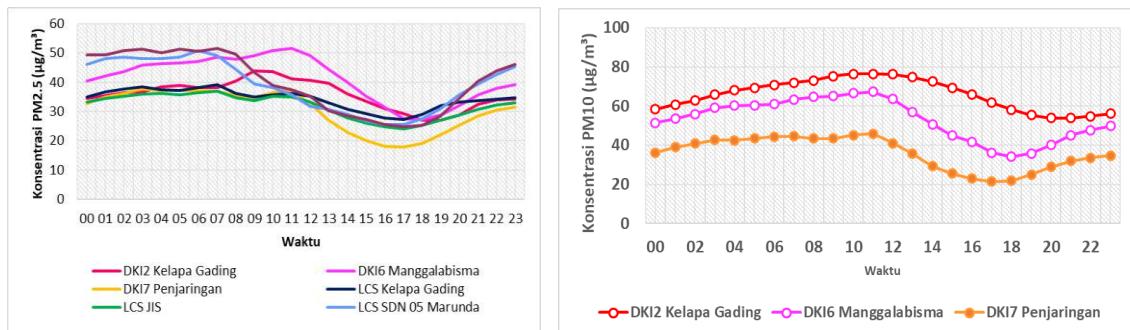
Gambar 77 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Utara

Fluktuasi konsentrasi polutan diurnal

Pola konsentrasi PM_{2.5}, dan PM₁₀ mengalami kenaikan pada pagi dan malam hari, serta penurunan pada siang hingga sore hari. Daerah Marunda cenderung mempunyai nilai konsentrasi PM_{2.5} tertinggi pada malam hingga pagi hari sedangkan siang hari konsentrasi tinggi di sekitar Manggalabisma, disusul Kelapa Gading, terendah di Penjaringan.

Secara bulanan konsentrasi PM_{2.5} berfluktuasi, peningkatan konsentrasi tercatat memasuki bulan April, sejalan dengan musim kemarau. Konsentrasi tertinggi di SDN 05 Marunda bulan April, sedangkan Mei-Desember tertinggi di Rusun Marunda. Oleh karena itu daerah Marunda perlu mendapat perhatian intensif terkait konsentrasi tinggi PM_{2.5} tersebut. Konsentrasi PM₁₀ rata-rata bulanan diwakili data DKI2 Kelapa Gading, DKI6 Manggalabisma dan DKI7 Penjaringan. Konsentrasi tertinggi tercatat di Kelapa Gading bulan Mei $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapat peningkatan konsentrasi PM₁₀ memasuki musim kemarau mulai Mei-Oktober 2024. Memasuki musim hujan konsentrasi menurun.

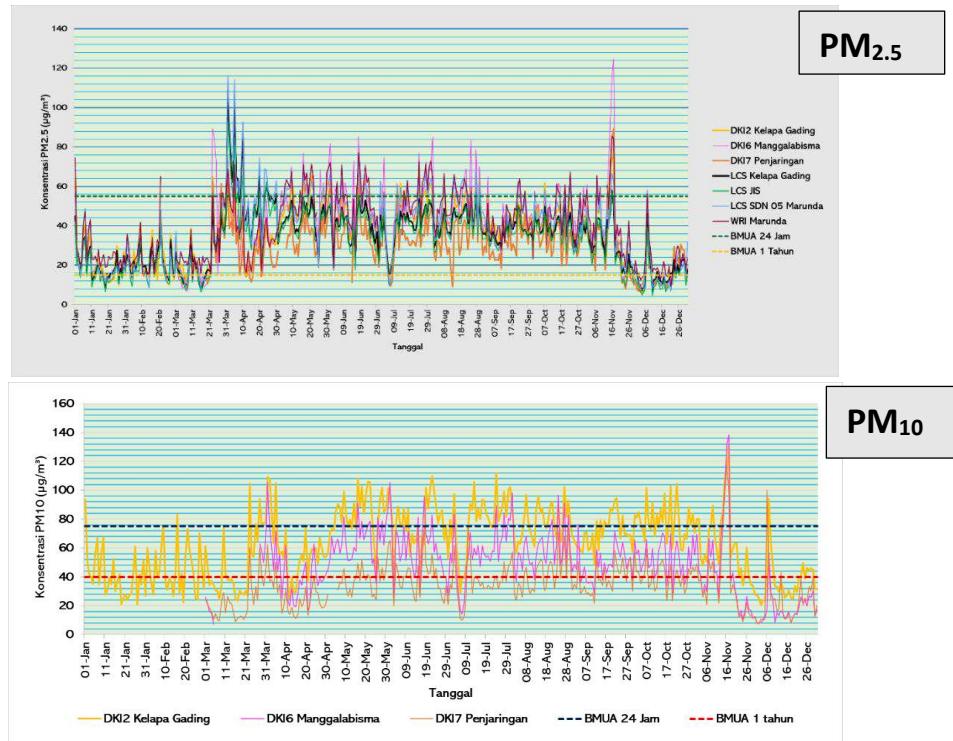
Konsentrasi PM₁₀ memiliki fluktuasi diurnal relatif sama namun di Kelapa Gading, penurunan konsentrasi pada siang menjelang sore tidak drastis, dan konsentrasi terendah terjadi pukul 20.00 WIB, sementara lokasi lain terendah pada pukul 17.00-18.00 WIB.



Gambar 78 Pola fluktuasi diurnal partikulat di Jakarta Utara

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

Pola fluktuasi konsentrasi harian PM_{2.5} maupun PM₁₀ di wilayah Jakarta Utara selama tahun 2024 menunjukkan peningkatan yang signifikan mulai bulan Maret hingga November. Pada musim hujan terlihat lebih rendah, sehingga rata-rata di bawah BMUA 24 jam. Namun demikian pola tersebut lebih jelas terlihat untuk PM_{2.5}. Konsentrasi PM₁₀ signifikan menurun pada bulan Desember, pada 3 lokasi pengukuran yaitu Kelapa Gading, Manggalabismma maupun Penjaringan. Konsentrasi di Kelapa Gading relatif lebih tinggi dibanding 2 lokasi lainnya.

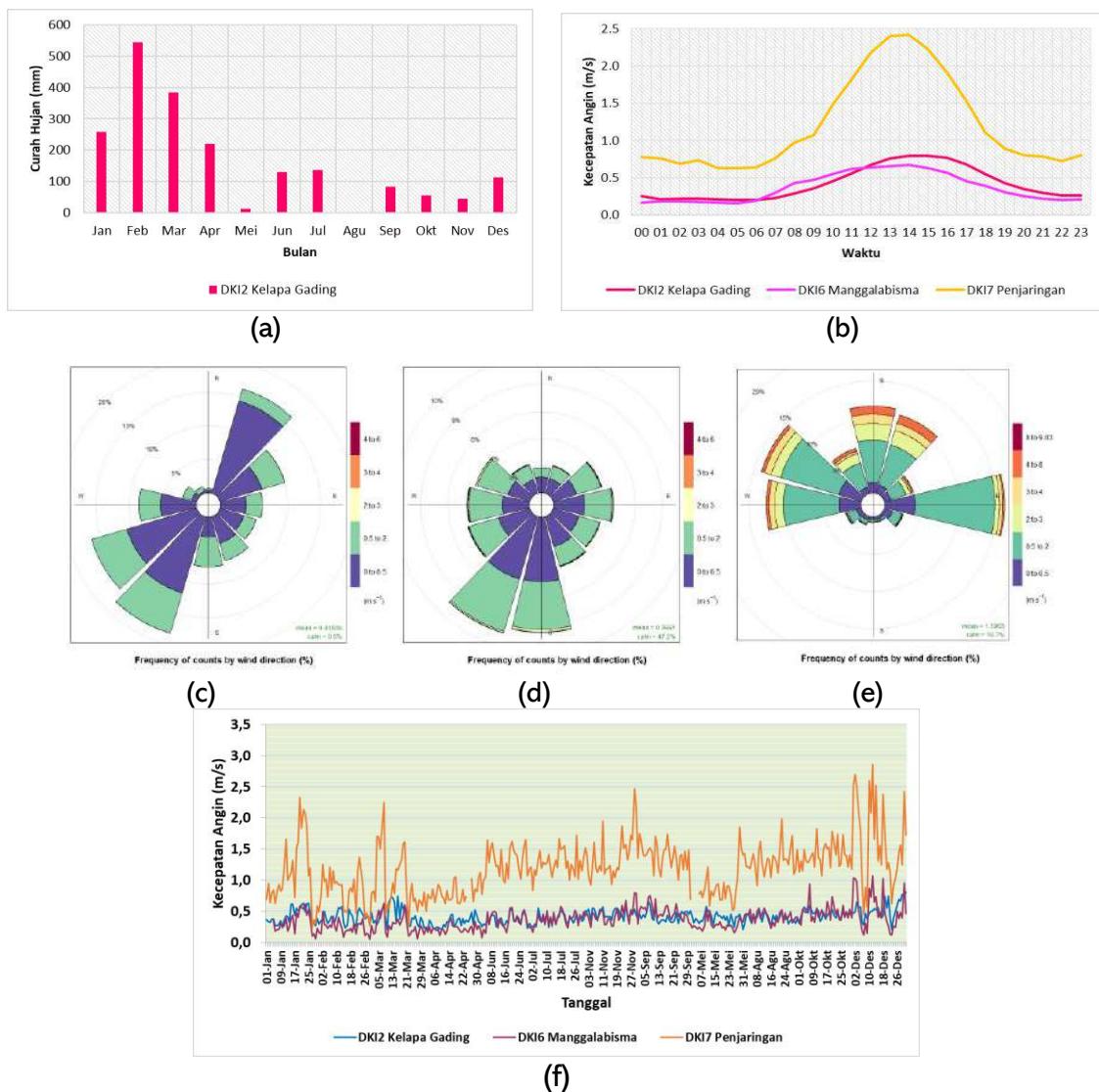


Gambar 79 Pola fluktuasi harian partikulat di Jakarta Utara

Kondisi meteorologi di wilayah Jakarta Utara

Data curah hujan di Jakarta Utara, diwakili oleh data DKI2 Kelapa Gading. Curah hujan bulanan tertinggi terukur pada bulan Februari sebesar 545.6 mm dan curah hujan tahun

2024 sebesar 1981.8 mm. Curah hujan terendah pada bulan Agustus hanya 1 mm (Gambar (80 a)). Kecepatan angin berdasar data 3 stasiun (Gambar (80 b)), terukur tinggi di Penjaringan terendah di Kelapa Gading. Kecepatan angin meningkat pada siang hari mencapai maksimum sekitar pukul 14.00 WIB. Malam hari kecepatan angin sangat rendah cenderung *calm*. Analisis *windrose* selama tahun 2024 menunjukkan angin dominan di DKI2 Kelapa Gading adalah arah Barat Daya-Timur Laut (Gambar 80 c) sedangkan di Manggalabisma cenderung dari Selatan dan Barat Daya (Gambar 80 d), sebaliknya di Rusun Penjaringan didominasi Barat hingga Utara, dengan kecepatan lebih tinggi mencapai 8 m/detik (Gambar 80 e). Perbedaan arah angin antar lokasi dipengaruhi oleh kondisi sekitar pemantauan, seperti keberadaan tegakan atau vegetasi baik pohon maupun gedung, serta suhu udara. Kecepatan angin harian di Kelapa Gading, Penjaringan dan Manggalabisma tahun 2024 menunjukkan fluktuasi yang relatif sama, namun di Penjaringan kecepatan angin jauh lebih tinggi, dan mengalami peningkatan pada musim hujan (angin baratan), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 80 f.



Gambar 80 Kondisi meteorologi (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) windrose Kelapa Gading (d) windrose Manggalabisma (e) windrose Penjaringan dan (f) kecepatan angin harian wilayah Jakarta Utara

2.3. JAKARTA SELATAN

Kondisi lokasi pemantauan

Pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Selatan dilakukan di 6 lokasi yaitu DKI3 Jagakarsa, Tugu Tani (US Embassy), DKI8 Ragunan, LCS Tebet Ecopark, LCS Jl. Pasar Minggu dan LCS Jl. Fatmawati. Berdasar sebaran lokasi, ada beberapa kekosongan pemantauan di bagian barat yang berbatasan dengan Tangerang Selatan dan Tangerang, sehingga bisa dipertimbangkan ketika ada penambahan lokasi pemantauan.



Gambar 81 Lokasi pemantauan kualitas udara di Jakarta Selatan

Kondisi kualitas udara

Kualitas udara di wilayah Jakarta Selatan berdasarkan nilai rata-rata 6 titik pantau, konsentrasi $PM_{2.5}$ sebesar $37.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ telah melampaui BMUA 1 tahun. Parameter PM_{10} , SO_2 , NO_2 dan O_3 berdasar data di Jagakarsa sudah melebihi BMUA 1 tahun. Data SPKU Ragunan belum dimasukkan dalam analisis, karena ketersediaan data yang terbatas. Sementara itu, konsentrasi rata-rata $PM_{2.5}$ tertinggi tercatat di Jalan Pasar Minggu (LCS) senilai $45.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO_2 dan NO_2 di Jagakarsa yang tinggi melampaui BMUA 1 tahun, perlu mendapat perhatian untuk evaluasi kondisi sumber-sumber emisi yang dapat berkontribusi.

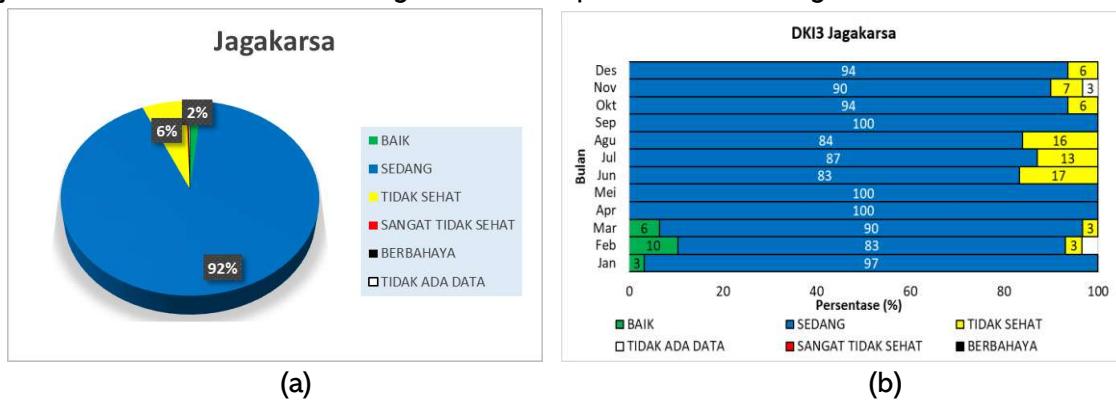
Tabel 5 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Selatan

Parameter	Lokasi Pemantauan						Rata-rata	BMUA 1 Tahun	
	DKI3 Jagakarsa	DKI8 Ragunan	US Embassy Jl. Hang Jebat	LCS Tebet Ecopark	LCS Jl. Fatmawati	LCS Jl. Pasar Minggu		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	54.3	42.1					48.2	40	15
PM2.5	33.3	31.2	41.2	34.3	38.3	45.6	37.3	15	5
SO2	67.9	103.3					85.6	45	
CO	960.0	526.3					743.2		
O3	41.9	19.3					30.6	35	
NO2	78.8	17.6					48.2	50	10
THC (ppmC)	2.2						2.2		
NMHC (ppmC)	1.1						1.1		
CH4 (ppm)	1.2						1.2		

Warna kuning menunjukkan data konsentrasi gas tidak lengkap 1 tahun (belum stabil)

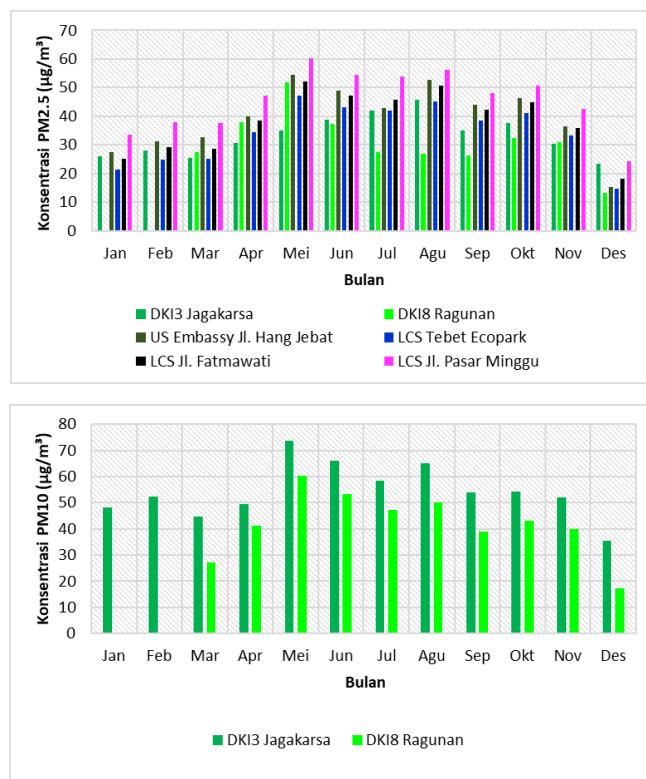
Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kualitas udara di wilayah Jakarta Selatan berdasar ISPU di DKI3 Jagakarsa, terdapat 92% hari berkategori “sedang”, 2% hari berkategori “baik”, dan 6% hari berkategori “tidak sehat” (Gambar 82a), dengan parameter kritis dominan adalah $PM_{2.5}$. Terdapat beberapa hari dengan parameter kritis NO_2 dan SO_2 . Berdasar data per bulan, pada musim kemarau jumlah hari “tidak sehat” meningkat terutama pada bulan Juni- Agustus.



Gambar 82 Persentase ISPU wilayah Jakarta Selatan (a) tahunan, (b) per bulan

Fluktuasi konsentrasi polutan bulanan



Gambar 83 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Selatan

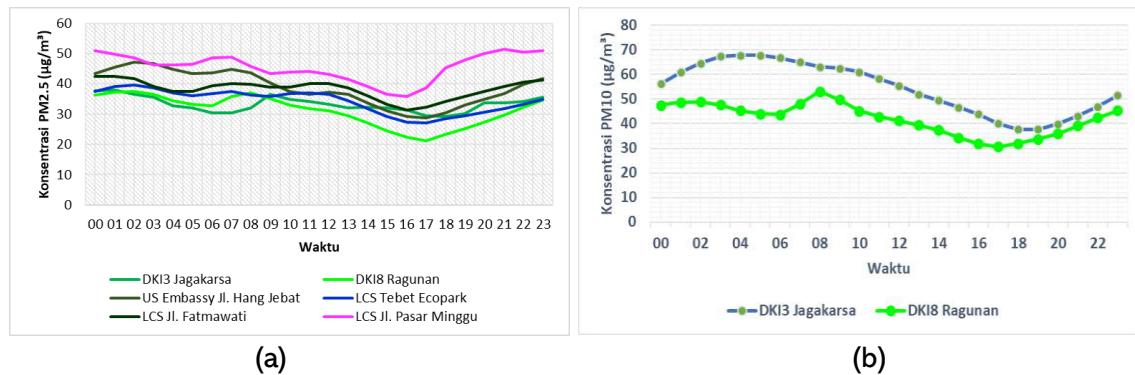
Fluktuasi konsentrasi polutan diurnal

Konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jakarta Selatan menunjukkan pola diurnal relatif sama antar lokasi (Gambar 84a). Konsentrasi meningkat pada malam hari, menurun menjelang pagi hingga

Konsentrasi $PM_{2.5}$ tercatat peningkatan dari Januari hingga Oktober, selanjutnya menurun. Jl Pasar Minggu memiliki konsentrasi tertinggi setiap bulan, terendah di ragunan. Konsentrasi $PM_{2.5}$ tertinggi terukur pada bulan Mei, dan terendah pada bulan desember, bersamaan dengan musim hujan.

Konsentrasi PM_{10} yang terukur di Jagakarsa lebih tinggi dariapada di Ragunan. Terjadi peningkatan konsentrasi PM_{10} mulai bulan Mei, menurun hingga Juli meningkat kembali pada bulan Agustus. Menjelang akhir tahun mengalami penurunan sejalan dengan waktu memasuki musim hujan. Sebagaimana $PM_{2.5}$, konsentrasi PM_{10} tertinggi pada bulan Mei dan terendah bulan Desember.

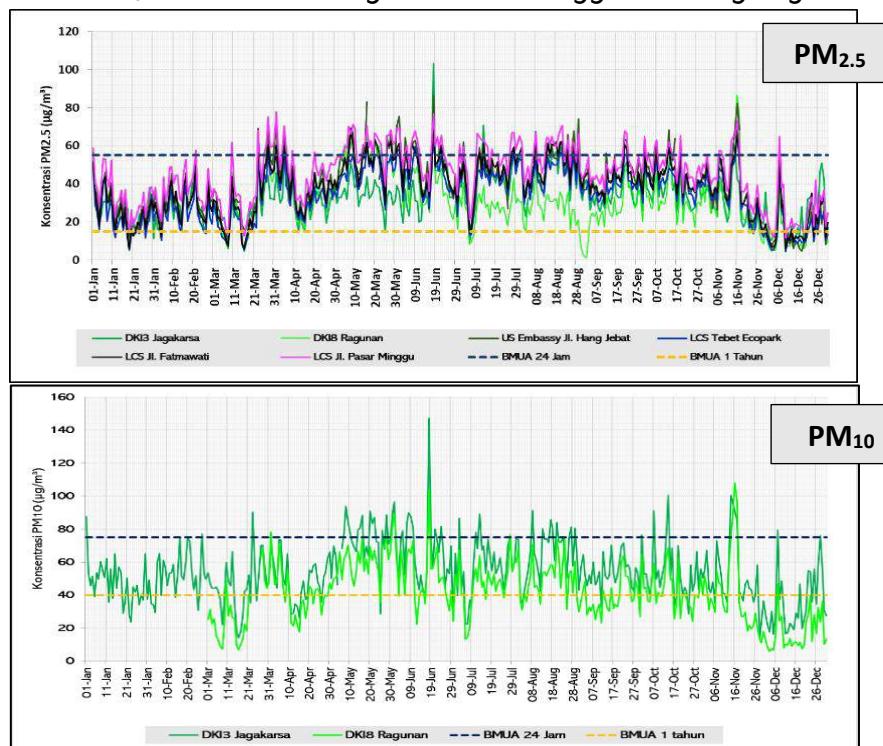
siang, minimum pada sore hari sekitar pukul 16.00-17.00 WIB. Konsentrasi tertinggi sepanjang hari terukur di Jl. Pasar Minggu, bahkan jauh lebih tinggi dari lokasi lainnya pada malam hari. Konsentrasi terendah malam hingga pagi hari di Jagakarsa, sedangkan siang hingga sore hari di Ragunan. Pola diurnal PM₁₀ hampir sama, namun konsentrasi lebih tinggi pada periode dini hari, dan terendah menjelang malam sekitar pukul 18.00-19.00 WIB (Gambar 84 b). Pada umumnya terdapat peningkatan konsentrasi partikulat pada pagi hari.



Gambar 84 Fluktuasi diurnal partikulat wilayah Jakarta Selatan (a) PM_{2.5}, (b) PM₁₀

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

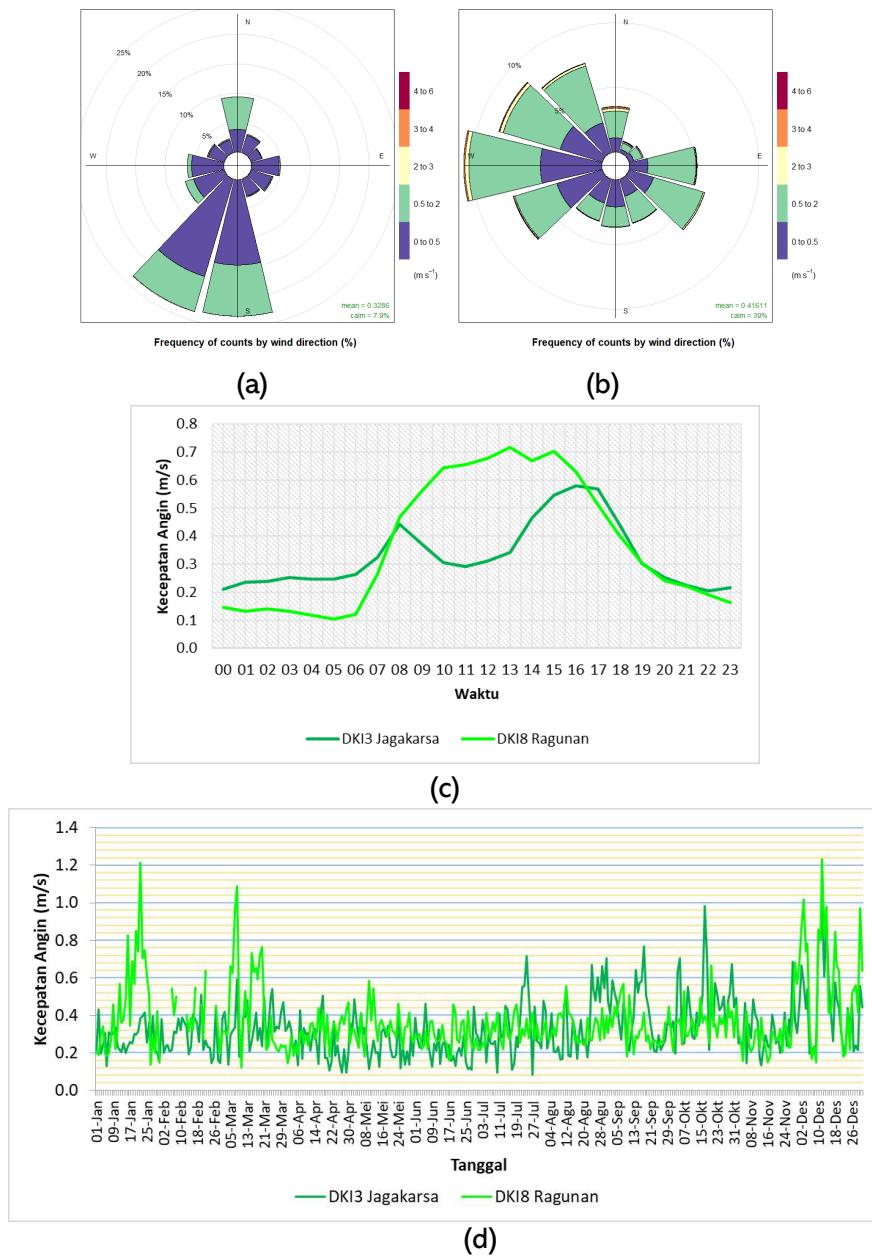
Pola fluktuasi harian di semua lokasi relatif sama, hanya sedikit berbeda besarnya, secara umum PM_{2.5} di Jl. Pasar Minggu lebih tinggi, terendah di Ragunan terutama pada musim kemarau (Gambar 85). Jalan Pasar Minggu merupakan lokasi dengan lalu lintas padat. Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} di wilayah Jakarta Selatan menunjukkan peningkatan memasuki musim kemarau dan menurun pada musim hujan hingga kurang dari BMUA 24 jam. Konsentrasi PM₁₀ harian di DKI3 Jagakarsa lebih tinggi dibanding Ragunan.



Gambar 85 Fluktuasi rata-rata harian partikulat wilayah Jakarta Selatan

Kondisi meteorologi di wilayah Jakarta Selatan

Angin dominan di wilayah Jakarta Selatan berdasar data di Jagakarsa adalah 50% dari Selatan dan Barat Daya (Gambar 86a), sedangkan di Ragunan dari Barat dan Barat Laut (Gambar 86b), kecepatan angin rendah 0 – 2 m/detik, bahkan di Ragunan 39% adalah angin *calm* (angin mendekati 0 m/detik) . Secara diurnal kecepatan angin maksimum pada sore hari, dan menjadi sangat rendah (calm) pada malam hari (Gambar 86c). Kecepatan angin rata-rata harian menunjukkan peningkatan pada musim hujan (Gambar 86d)



Gambar 86 Kondisi meteorologi Jakarta Selatan (a) windrose Jagakarsa, (b) windrose Ragunan, (c) kecepatan angin diurnal (d) kecepatan angin rata-rata harian

2.4. JAKARTA TIMUR

Kondisi lokasi pemantauan

Pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Timur dilakukan pada 8 titik pantau, yaitu DKI4 Lubang Buaya, Kantor Walikota Jaktim (WRI), DKI9 Ciracas, DKI10 Cilangkap, DKI11 Pulomas, LCS JI DI Panjaitan, LCS Taman Delonix dan LCS JIEP. Pada tahun 2024 data di Kantor Walikota Jakarta Timur tidak lengkap, sehingga tidak diikutsertakan dalam analisis.



Gambar 87 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Timur

Kondisi kualitas udara

Kualitas udara di Jakarta Timur menunjukkan konsentrasi partikulat rata-rata tahunan sudah melampaui BMUA 1 tahun. Konsentrasi **PM₁₀** tertinggi di Lubang Buaya sebesar **75.2 µg/m³** dan **PM_{2.5}** di Taman Delonix **44.1 µg/m³**. Taman Delonix berdekatan dengan penduduk yang berpotensi melakukan pembakaran sampah terbuka. Sementara JI DI Panjaitan juga terukur mendekati nilai tertinggi, dengan potensi emisi dari transportasi. Polutan gas berdasar data Lubang Buaya, O₃ sudah melampaui BMUA 1 tahun, sedangkan SO₂ hampir mendekati BMUA 1 tahun, sedangkan NO₂ masih di bawah BMUA 1 tahun. Polutan gas di pemantauan SPKU lain belum lengkap, baru dimulai pada bulan Juni.

Tabel 6 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Timur

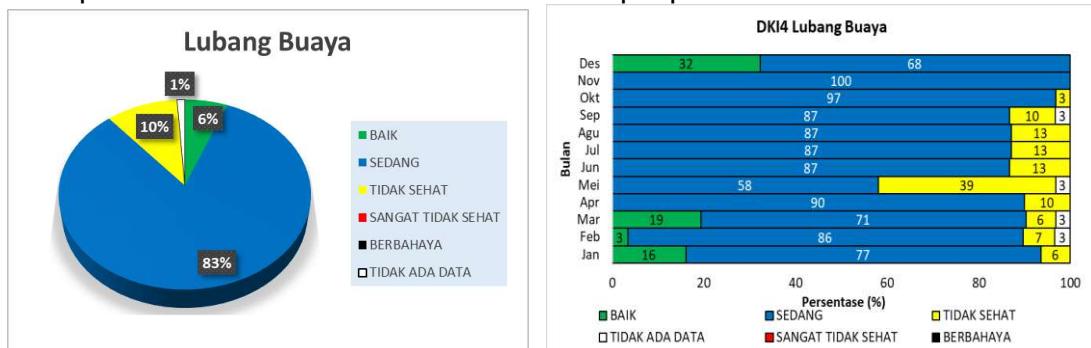
Parameter	Lokasi Pemantauan								Rata-rata	BMUA 1 Tahun	
	DKI4 Lubang Buaya	DKI9 Ciracas	DKI10 Cilangkap	DKI11 Pulomas	LCS JI. DI Panjaitan	LCS JIEP	LCS Taman Delonix	WRI Jaktim		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	75.2	47.2	66.3	52.2					60.2	40	15
PM2.5	33.5	32.6	40.2	32.3	43.3	41.1	44.1	39.5	38.3	15	5
SO2	42.7	113.0	92.0	94.9					85.6	45	
CO	1580.0	417.2	318.1	1413.6					932.2		
O3	51.5	19.3	19.3	19.3					27.3	35	
NO2	23.4	21.0	20.9	28.8					23.5	50	10

Keterangan : Warna kuning menandakan data tidak lengkap 1 tahun

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kualitas udara berdasar ISPU di wilayah Jakarta Timur diwakili data DKI4 Lubang Buaya, menunjukkan dominasi hari “sedang” sebesar 83%, hari berkategori “baik” sejumlah 6 % dan hari berkategori “tidak sehat” 10 % (Gambar 88a). Nilai ISPU per bulan dengan persentase hari berkategori baik tertinggi pada bulan Desember, sedangkan hari tidak sehat

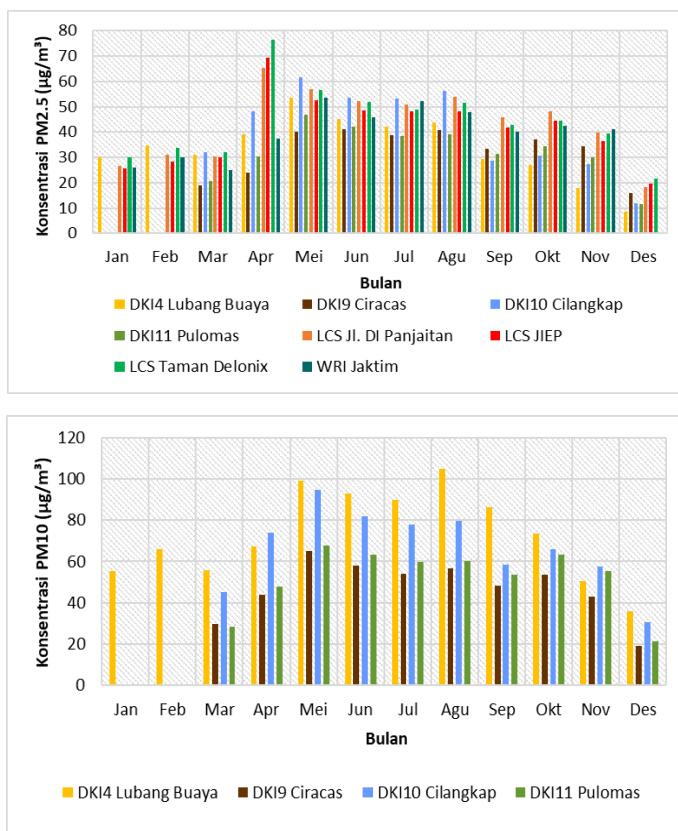
tertinggi pada bulan Mei (Gambar 88b). Adapun parameter kritis dominan adalah $PM_{2.5}$, namun pada bulan November dan Desember terdapat parameter kritis SO_2 . Gambar



Gambar 88 Persentase ISPU wilayah Jakarta Timur (a) tahunan, (b) per bulan

Konsentrasi polutan rata-rata per bulan wilayah Jakarta Timur

Konsentrasi $PM_{2.5}$ rata-rata bulanan menjelang musim kemarau, dan menurun pada musim hujan. Konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan April terutama di JI DI Panjaitan, Taman Delonix dan sekitar JIEP, di Cilangkap dan Lubang Buaya tertinggi pada bulan Mei.



Pada bulan April dan Mei terdapat beberapa lokasi melebihi nilai BMUA 24 jam, yaitu di JI Panjaitan, Taman Delonix, Cilangkap, dan sekitar JIEP. Daerah Cilangkap, JI DI Panjaitan, Taman Delonix dan WRI Jaktim relatif lebih tinggi dibanding yang lain.

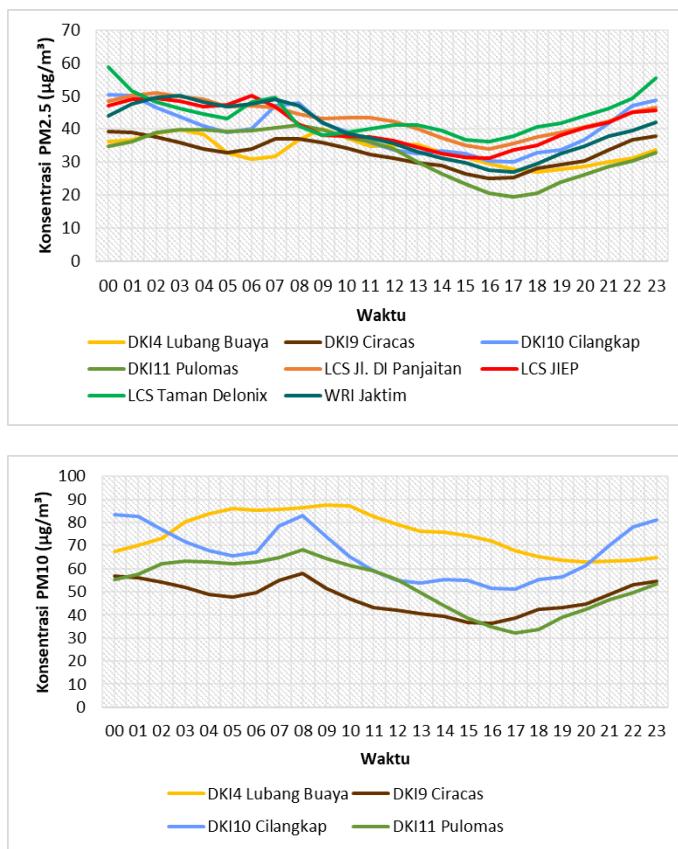
Konsentrasi PM_{10} diwakili 4 lokasi yaitu Lubang Buaya, Ciracas, Cilangkap, dan Pulomas, menunjukkan rata-rata bulanan tertinggi di Lubang Buaya bulan Agustus. Pada musim kemarau (Mei-Agustus) Lubang Buaya dan Cilangkap memiliki konsentrasi rata-rata harian $>$ BMUA 24 jam. Pada bulan November-Desember konsentrasi PM_{10} di Lubang Buaya menurun.

Gambar 89 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Timur

Hasil pemantauan di Lubang Buaya untuk parameter gas (SO_2 , CO , O_3 dan NO_2), terdapat peningkatan terutama setelah memasuki musim kemarau.

Fluktuasi konsentrasi polutan diurnal wilayah Jakarta Timur

Pola fluktuasi konsentrasi PM secara diurnal menunjukkan pola umum yang hampir sama antar lokasi di Jakarta Timur, yaitu malam hingga pagi cukup tinggi hampir $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, menurun menjelang siang hingga mencapai minimum sore hari sekitar pukul 16.00-17.00

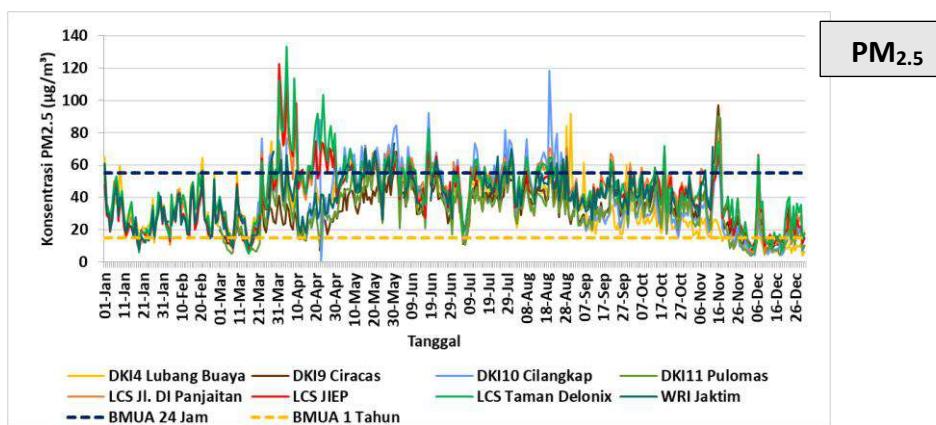


WIB ($<40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pada pagi hari terjadi peningkatan konsentrasi sesaat dengan waktu berbeda antar lokasi. Di sekitar JIEP dan Taman Delonix sekitar pukul 06.00 WIB, sedangkan di Cilangkap dan Lubang Buaya sekitar pukul 08.00 WIB. Pada beberapa lokasi menunjukkan peningkatan pada siang hari. Aktivitas masyarakat berangkat bekerja dapat mempengaruhi hal tersebut. Pola diurnal PM_{10} menunjukkan pola fluktuasi konsentrasi hampir sama, kecuali di Lubang Buaya penurunan terjadi menjelang malamhari, sebaliknya di Cilangkap, malam hari meningkat sangat signifikan. Konsentrasi PM_{10} tertinggi siang hari di Lubang Buaya mendekati $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan malam hari di Cilangkap sekitar $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

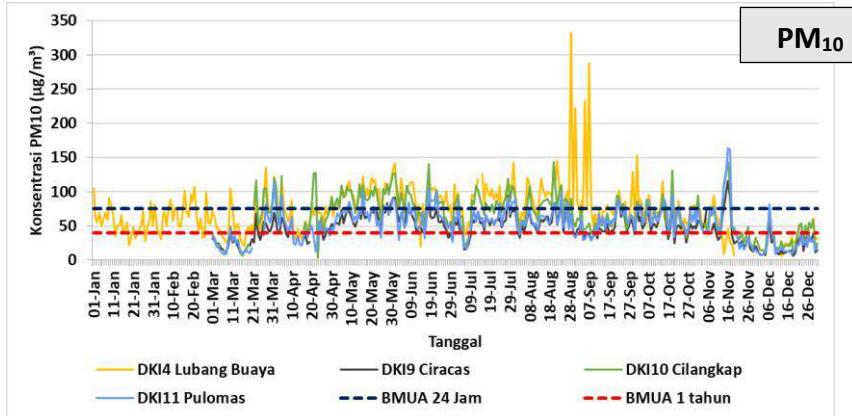
Gambar 90 Fluktuasi rata-rata konsentrasi partikulat diurnal wilayah Jakarta Timur

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

Konsentrasi rata-rata harian $\text{PM}_{2.5}$ di wilayah Jakarta Timur terukur meningkat signifikan pada bulan Maret hingga Agustus. Konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember bersamaan dengan kondisi musim hujan. Konsentrasi antar lokasi relatif sama kecuali pada bulan Maret dan April, di Taman Delonix dan JIEP lebih tinggi dibanding lokasi lain.



Gambar 91 Fluktuasi rata-rata konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Timur



Gambar 91 lanjutan Fluktuasi rata-rata konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Timur

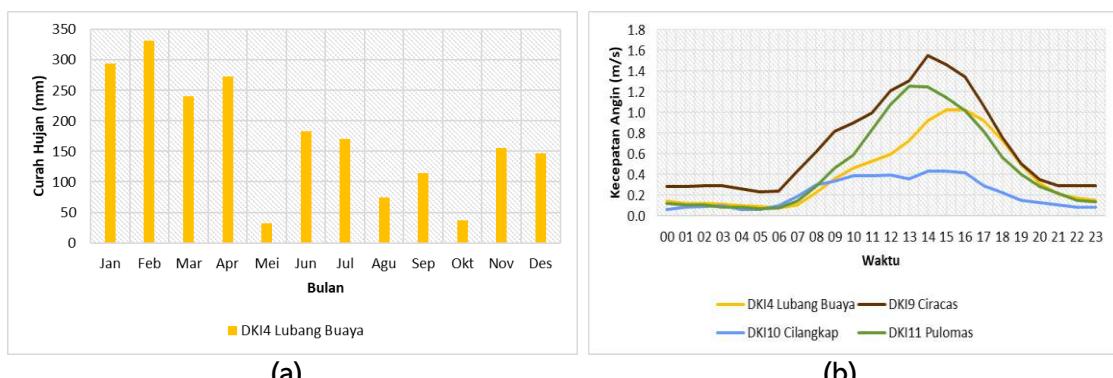


Konsentrasi PM₁₀ di Lubang Buaya relatif lebih tinggi dibanding lokasi lain, terutama pada musim kemarau dan tercatat peningkatan signifikan pada akhir Agustus hingga awal September. Menjelang akhir tahun terjadi penurunan konsentrasi yang signifikan, di semua lokasi pengukuran. Potensi kontribusi aktivitas masyarakat sekitar antara lain kegiatan pembersihan area parkir ketika musim kemarau pada awal September, menggunakan semprotan air yang sangat deras, juga pengeringan sehingga debu terangkat dan terukur oleh sensor.

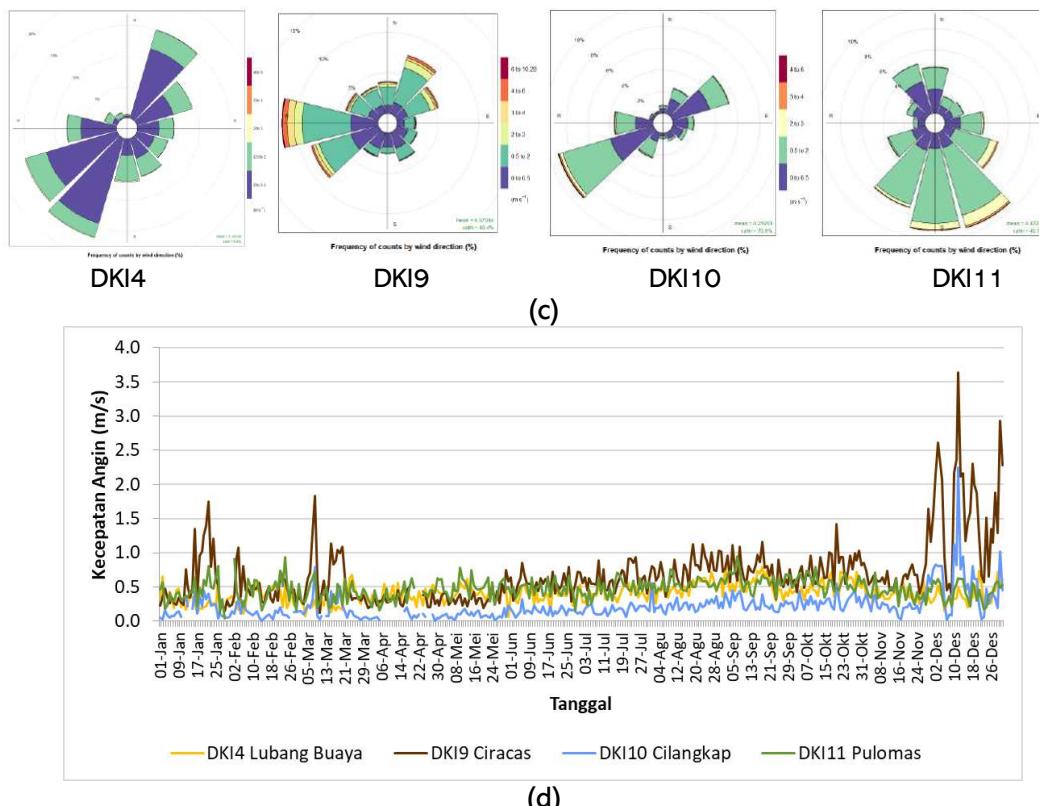
Gambar 92 Kegiatan masyarakat di sekitar Lubang Buaya

Kondisi meteorologi di wilayah Jakarta Timur

Curah hujan bulanan di Jakarta Timur tahun 2024 berdasarkan data di Lubang Buaya, tertinggi pada bulan Februari sebesar 331 mm (Gambar 93a). Curah hujan menurun memasuki bulan Mei dan meningkat kembali pada bulan Juni dan Juli. Kecepatan angin maksimum pada sore hari, tertinggi terukur di Ciracas. Pada malam hari kecepatan angin menjadi sangat rendah (*calm*) (Gambar 93b). Kecepatan angin terendah di Cilangkap.



Gambar 93 Kondisi meteorologi Jakarta Timur (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) windrose (d) kecepatan angin harian



Gambar 93 lanjutan Kondisi meteorologi Jakarta Timur (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) *windrose* (d) kecepatan angin harian

Arah angin dominan sangat beragam antar lokasi pengukuran, di Lubang Buaya dan Cilangkap didominasi angin Barat Daya-Timur Laut, di Ciracas dominan Baratan, di Pulomas didominasi angin dari Selatan dan Tenggara (Gambar 93c). Hal ini sangat ditentukan oleh kondisi lapangan, baik bentuk permukaan maupun keberadaan tegakan atau vegetasi sekitarnya. Kecepatan angin rata-rata harian terendah di Cilangkap, namun pada bulan Desember, di Cilangkap dan Ciracas terukur angin berkecepatan tinggi (Gambar 93d).

2.5. JAKARTA BARAT

Kondisi lokasi pemantauan



Pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Barat terdapat pada 7 titik pantau, yaitu DKI5 Kebon Jeruk, di Kantor Walikota Jakarta Barat (WRI), DKI12 Cendrawasih, DKI13 Gombolpaya, LCS Kota Tua, LCS Terminal Kalideres, dan LCS Hutan Kota Srengseng. Masih terdapat kekosongan pemantauan di bagian tengah wilayah Jakarta Barat.

Gambar 94 Peta sebaran lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta Barat

Kondisi kualitas udara wilayah Jakarta Barat

Kualitas udara di Jakarta Barat berdasar data pengukuran tahun 2024 (Tabel 7), konsentrasi partikulat sudah melampaui nilai BMUA 1 tahun. Konsentrasi PM_{10} rata-rata tertinggi di Kebon Jeruk sebesar $48.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi $PM_{2.5}$ rata-rata tahunan $38.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tertinggi di Terminal Kalideres sebesar $42.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di Kantor Walikota Jakarta Barat terukur tinggi, tetapi baru lengkap pada bulan Juni sehingga tidak merepresentasikan keseluruhan tahun. Konsentrasi rata-rata terendah adalah yang terukur di Hutan Kota Srengseng dan sekitar Kota Tua, keduanya mewakili lokasi hutan kota dan kawasan rendah emisi (LEZ). Parameter gas yaitu SO_2 , NO_2 , dan CO masih dibawah nilai BMUA nasional yang berlaku, sedangkan O_3 di DKI5 Kebon Jeruk sebesar $113.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sudah melebihi BMUA 1 tahun. Hidrokarbon memiliki konsentrasi rata-rata 3.01 ppmC untuk hidrokarbon total. Data konsentrasi gas (SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2) baru terkalibrasi pada 14 Juni di DKI12 Cendrawasih dan 15 Juni di DKI13 Gombolpaya, sehingga belum representatif.

Tabel 7 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Jakarta Barat

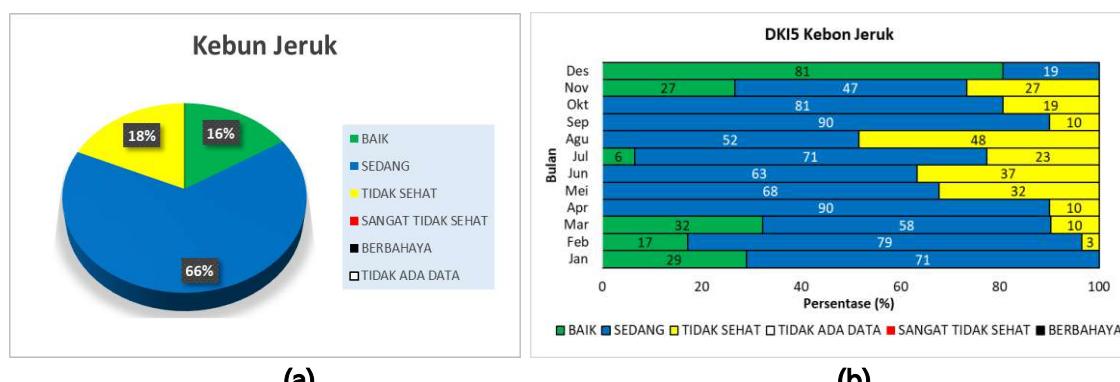
Parameter	Lokasi Pemantauan							Rata-rata	BMUA 1 Tahun	
	DKI5 Kebon Jeruk	DKI12 Cendrawasih	DKI13 Gombolpaya	LCS Kota Tua	LCS Terminal Kalideres	LCS Hutan Kota Srengseng	WRI Jakbar		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	48.2	42.5	44.8					45.2	40	15
PM2.5	38.5	39.3	36.6	34.5	42.6	34.4	42.9	38.4	15	5
SO2	32.3	84.5	136.2					84.3	45	
CO	1510.0	646.6	300.5					819.0		
O3	113.3	19.3	19.3					50.6	35	
NO2	24.0	27.6	20.8					24.1	50	10
THC (ppmC)	3.0							3.0		
NMHC (ppmC)	0.9							0.9		
CH4 (ppm)	2.1							2.1		

Keterangan : Warna kuning menandakan data tidak lengkap 1 tahun

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

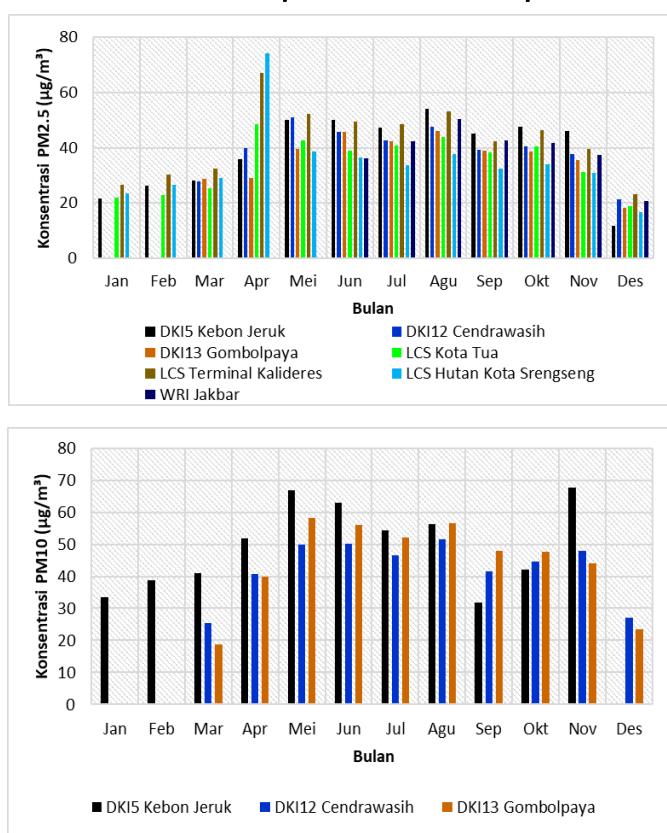
Berdasar data DKI5 Kebon Jeruk, tahun 2024 Jakarta Barat memiliki 66% hari berkategori “sedang”, 16% hari berkategori “baik”, dan 11% hari berkategori “tidak sehat” (Gambar 95a), dengan parameter kritis : $PM_{2.5}$. Terdapat beberapa hari dengan parameter kritis O_3 .

Jumlah hari berkategori “baik” terbanyak adalah pada bulan Desember, bersamaan dengan memasuki musim hujan. Sedangkan hari berkategori “tidak sehat” terbanyak pada musim kemarau, yaitu bulan Agustus (Gambar 95b).



Gambar 95 Persentase ISPU wilayah Jakarta Barat (a) tahunan, (b) per bulan

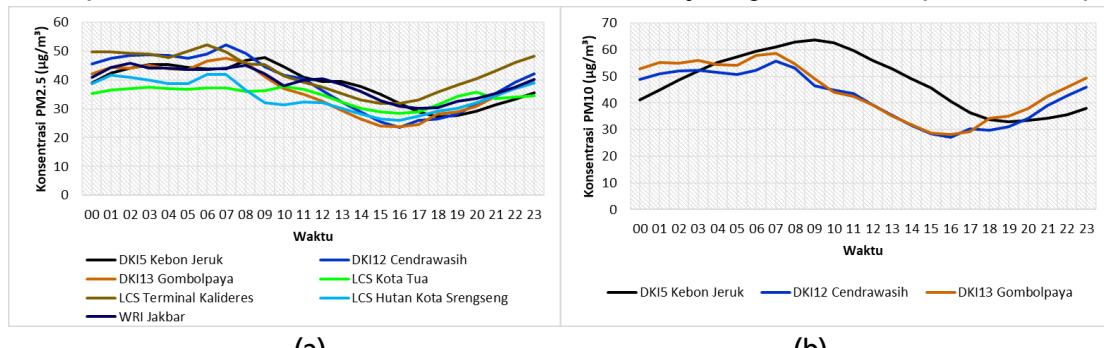
Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Barat



Gambar 96 Fluktuasi konsentrasi partikulat rata-rata per bulan wilayah Jakarta Barat

Fluktuasi konsentrasi polutan diurnal

Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} diurnal menunjukkan pola yang sama, malam hingga pagi cukup tinggi, maksimum sekitar pukul 06.00-08.00 WIB, menurun menjelang siang mencapai minimum sekitar pukul 16.00-18.00 WIB (gambar 97a). Aktivitas masyarakat berangkat bekerja dapat mempengaruhi hal tersebut. Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} di sekitar Kota Tua tidak besar, lokasi tersebut menjadi zona rendah emisi. Konsentrasi PM_{2.5} siang hari tertinggi di LCS Cendrawasih, sore menjelang malam tertinggi di Terminal Kalideres, sesuai dengan kondisi lingkungan terminal, sumber emisi utama dari transportasi. Fluktuasi PM₁₀ di Gombolpaya dan Cendrawasih relatif sama, maksimum pagi pukul 07.00 WIB, minimum pukul 16.00 WIB. Di Kebon Jeruk berbeda, puncak konsentrasi PM₁₀ terukur lebih siang sekitar pukul 9.00 WIB, dan terendah lebih lambat menjelang malam hari (Gambar 97b).

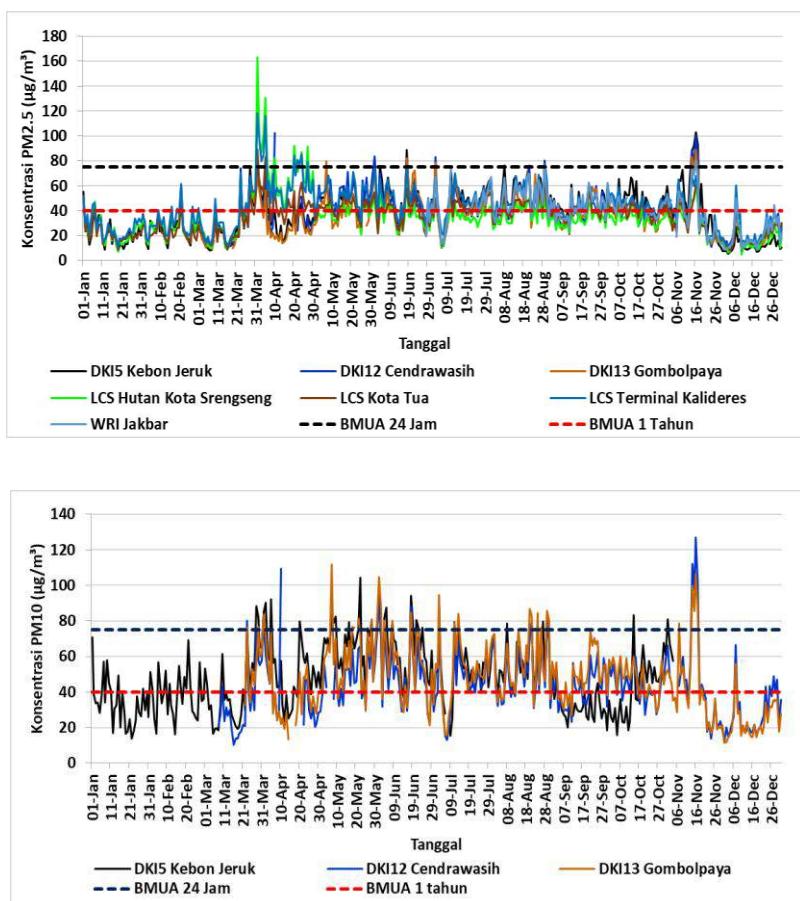


Gambar 97 Fluktuasi konsentrasi partikulat diurnal Jakarta Barat (a) PM_{2.5} (b) PM₁₀

Berdasarkan data rata-rata per bulan, konsentrasi PM_{2.5} tertinggi terukur pada bulan April di Hutan Kota Srengseng, namun pada umumnya setiap bulan yang tertinggi terukur di Kebon Jeruk dan Terminal Kalideres. Peningkatan konsentrasi PM_{2.5} terukur saat memasuki musim kemarau. Pada musim hujan konsentrasi PM_{2.5} menurun.

Konsentrasi PM₁₀ yang diukur pada 3 lokasi yaitu Kebon Jeruk, Gombolpaya, dan Cendrawasih, menunjukkan konsentrasi rata-rata bulanan tertinggi pada bulan Mei dan November di Kebon Jeruk, dengan nilai mendekati 70 µg/m³. Konsentrasi PM₁₀ menurun pada bulan Desember.

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

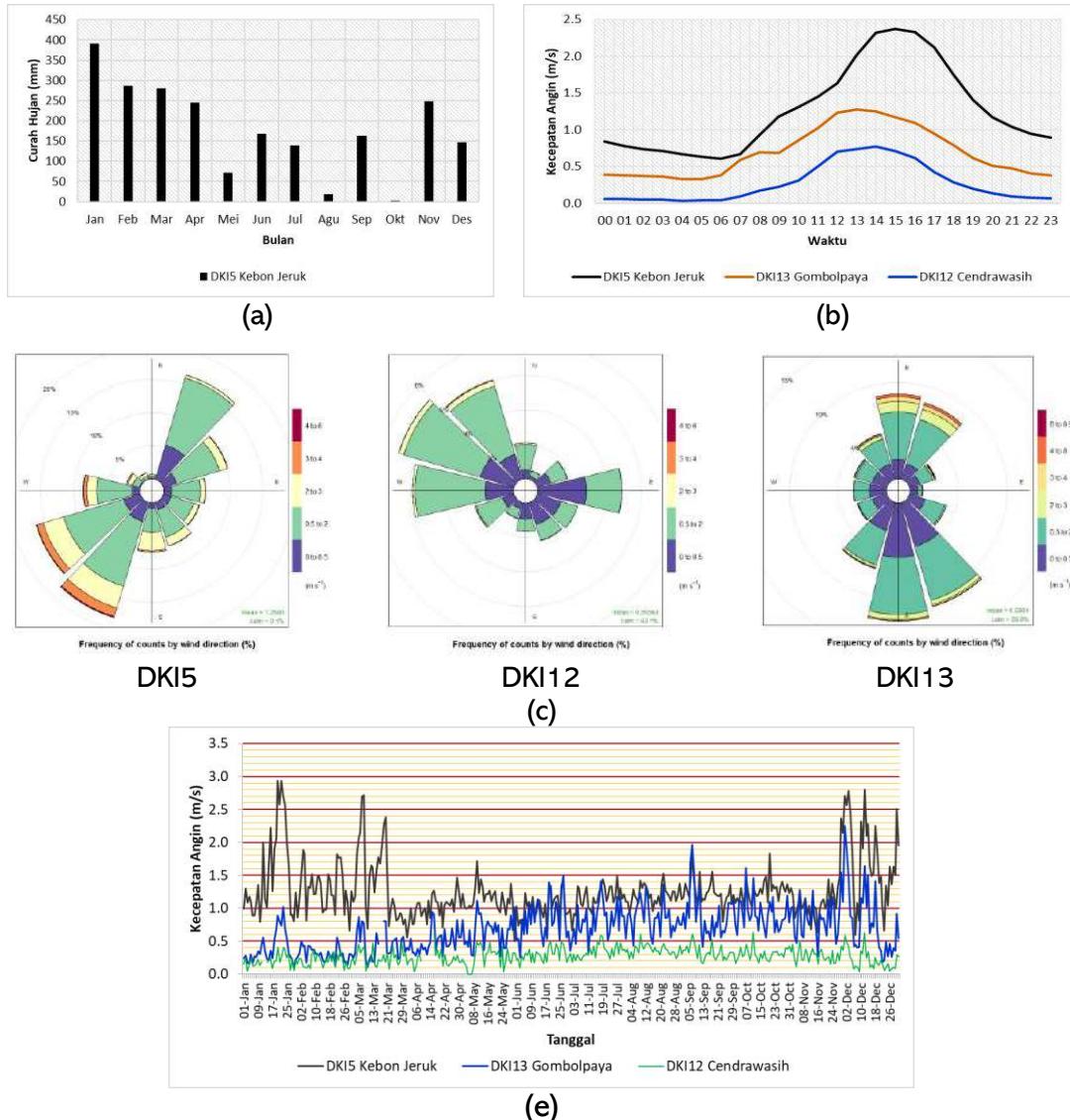


Gambar 98 Fluktuasi konsentrasi partikulat harian wilayah Jakarta Barat

Kondisi meteorologi di wilayah Jakarta Barat

Curah hujan bulanan di Jakarta Barat diwakili data dari Kebon Jeruk. Curah hujan tertinggi terukur pada bulan Januari sebesar 390.5 mm (Gambar 99a). Curah hujan menurun memasuki bulan Mei dan meningkat kembali pada bulan Juni dan Juli, tetapi selanjutnya berfluktuasi, hingga terendah pada bulan Oktober. Kecepatan angin yang terukur di Kebon Jeruk lebih tinggi dibanding 2 lokasi lainnya, dengan kecepatan maksimum terukur pukul 15.00, sedangkan lokasi lain pada tengah hari (Gambar 99b). Kecepatan angin malam hari sangat rendah sehingga berpengaruh terhadap akumulasi polutan di permukaan. Arah angin dominan di Kebon Jeruk Barat Daya – Timur Laut dengan kecepatan maksimum mencapai 4 - 6 m/detik dari arah barat daya (Gambar 99c), sedangkan di Cendrawasih dominan dari Barat Laut (Gambar 99d) dan Gombolpaya dominan Selatan/Tenggara ($>20\%$). Secara diurnal kecepatan angin maksimum pada siang hari kecuali di Kebon Jeruk tercatat siang menjelang sore hari. Pola fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian selama tahun 2024 menunjukkan di Kebon Jeruk angin lebih tinggi kecepatannya dibanding di 2 lokasi lainnya, menunjukkan peningkatan pada bulan Januari, Maret dan Desember (Gambar 99e) sebaliknya kecepatan angin sekitar GOR Cendrawasih yang paling rendah dan stabil sepanjang tahun. Kecepatan angin harian di Gombolpaya menunjukkan tren meningkat mulai bulan April. Kondisi kecepatan dan arah angin dapat memengaruhi kualitas udara.

Pola fluktuasi harian partikulat di Jakarta Barat, hampir sama dengan wilayah lain, meningkat pada musim kemarau, menurun memasuki musim hujan. Konsentrasi partikulat tertinggi terukur pada bulan April untuk PM_{2.5} ($>160\mu\text{g}/\text{m}^3$) sedangkan PM₁₀ terukur maksimum ($>120\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada bulan November (gambar 98). Data rata-rata harian tahun 2024 menunjukkan penurunan konsentrasi hingga di bawah BMUA 24 jam pada bulan Januari-pertengahan Maret, dan pertengahan November – Desember.



Gambar 99 Kondisi meteorologi (a) curah hujan, (b) kecepatan angin diurnal (c) arah angin dominan (d) kecepatan angin harian Jakarta Barat

2.6. KEPULAUAN SERIBU

Kondisi lokasi pemantauan



Lokasi pemantauan kualitas udara di Kepulauan seribu adalah di Pulau Panggang dan LCS Pulau Pramuka. Jarak kedua lokasi adalah sekitar 1.1 km, terpisah perairan. Lingkungan sekitarnya adalah aktivitas domestik dan kegiatan nelayan. Sehingga sumber emisi adalah aktivitas domestik dan kendaraan bermotor.

Gambar 100 Lokasi pemantauan di Kepulauan Seribu

Kondisi kualitas udara

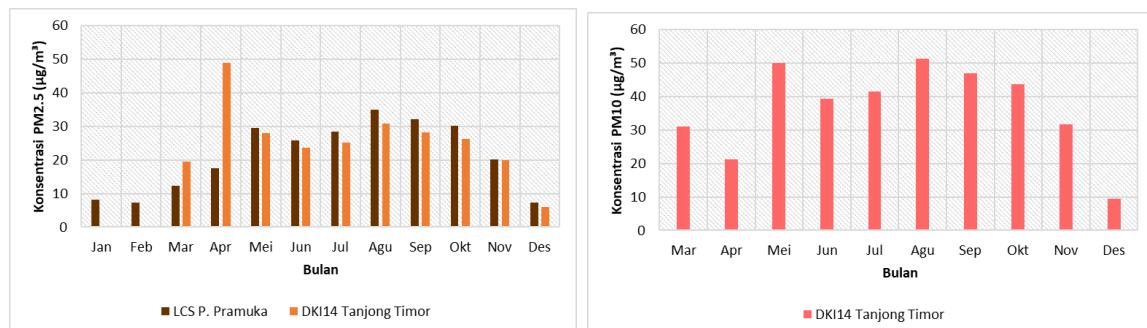
Kualitas udara di wilayah Kepulauan Seribu berdasarkan 2 titik pantau menunjukkan konsentrasi rata-rata PM_{2.5} sudah melampaui BMUA 1 tahun, namun PM₁₀ masih di bawah, tetapi sudah mendekati nilai BMUA 1 tahun (Tabel 8). Data PM₁₀ di DKI14 Tanjung Timor mulai 1 Maret 2024, memiliki rata-rata 37.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata di P. Pramuka sedikit di bawah Tanjung Timur. Konsentrasi polutan gas baru stabil terukur pada bulan Juli 2024.

Tabel 8 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 Kepulauan Seribu

Parameter	Lokasi Pemantauan		Rata-rata	BMUA 1 Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	DKI14 Tanjung Timor	LCS P. Pramuka		PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	37.4		37.4	40	15
PM2.5	23.5	21.2	22.3	15	5
SO2	65.3		65.3	45	
CO	120.0		120.0		
O3	17.2		17.2	35	
NO2	14.1		14.1	50	10

Fluktuasi konsentrasi rata-rata per bulan wilayah Kepulauan Seribu

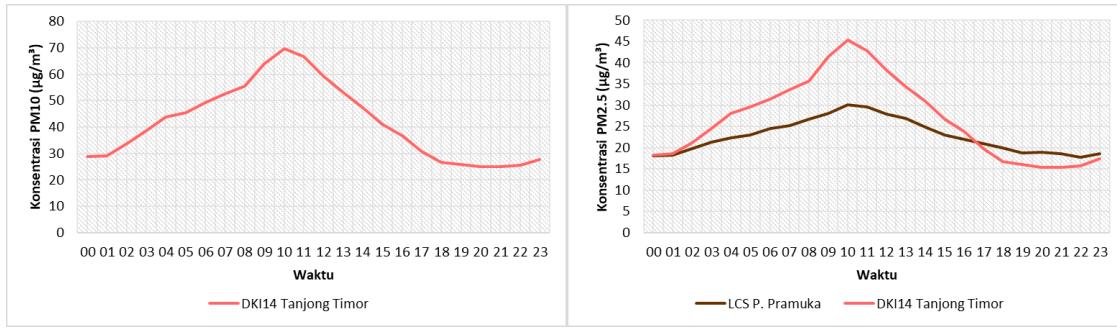
Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata per bulan menunjukkan konsentrasi tertinggi pada bulan April di Tanjung Timor, tetapi masih di bawah nilai BMUA 24 jam. Di P. Pramuka konsentrasi tertinggi terukur pada bulan Agustus. Memasuki musim kemarau, konsentrasi PM_{2.5} di P. Pramuka relatif lebih tinggi dibandingkan Tanjung Timor. Data PM₁₀ hanya terukur di Tanjung Timor, dengan konsentrasi rata-rata bulanan tertinggi pada bulan Mei dan Agustus (Gambar 101). Konsentrasi terendah baik PM_{2.5} maupun PM₁₀ adalah pada bulan Desember.



Gambar 101 Fluktuasi konsentrasi rata-rata per bulan partikulat wilayah Kepulauan Seribu

Fluktuasi konsentrasi diurnal

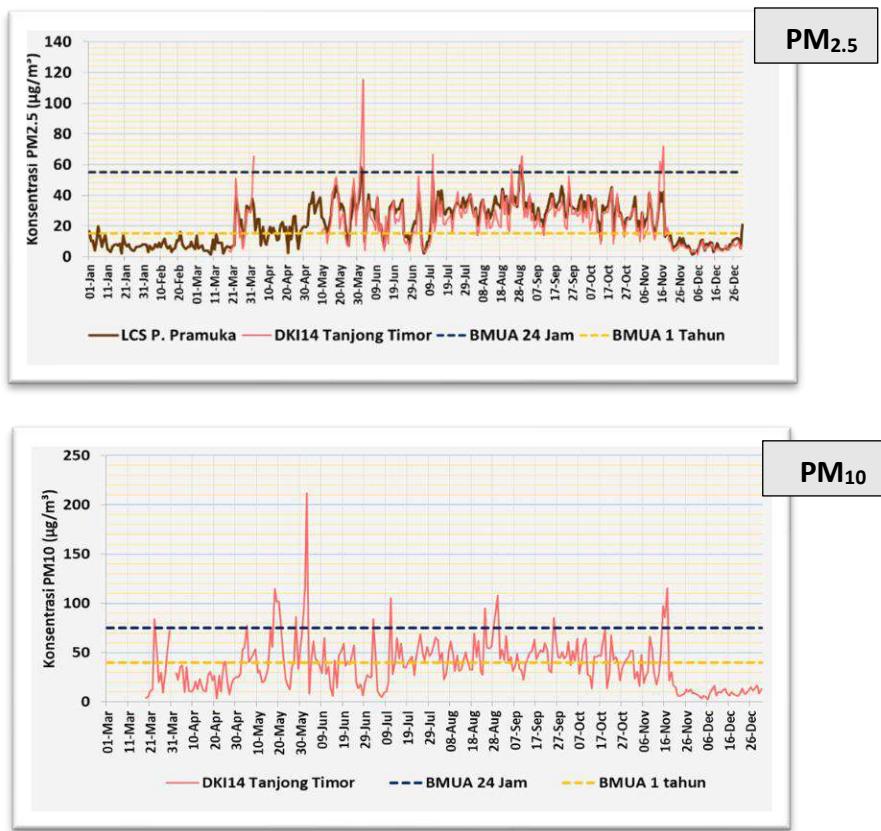
Fluktuasi konsentrasi rata-rata per jam secara diurnal menunjukkan konsentrasi partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀) tertinggi pada pukul 10.00 WIB. Konsentrasi partikulat menurun menjelang sore hingga malam hari (Gambar 102). Angin darat yang bertiup dari darat ke laut pada malam hari dapat membawa polutan dari aktivitas di darat terbawa ke lautan lepas, sehingga konsentrasi di daratan menurun.



Gambar 102 Fluktuasi konsentrasi diurnal partikulat wilayah Kepulauan Seribu

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat

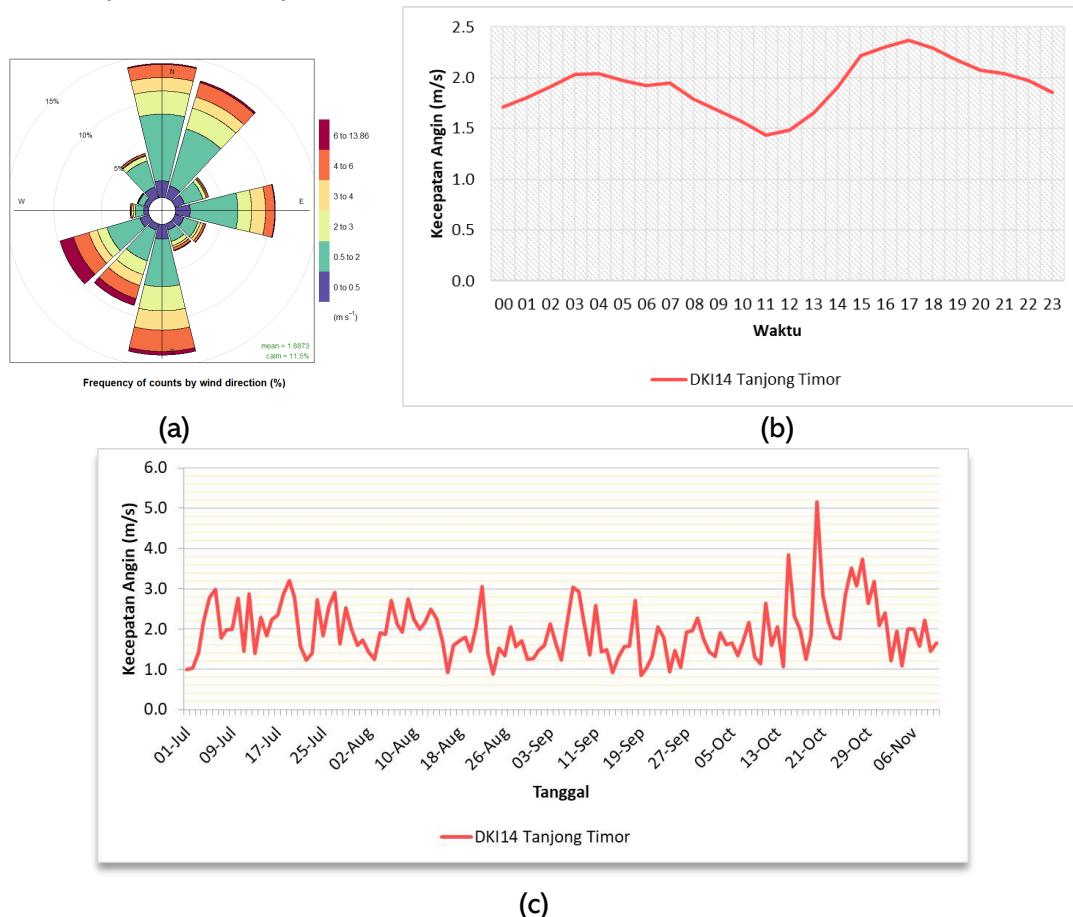
Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} di Tanjung Timur dan P. Pramuka memiliki pola fluktuasi maupun besaran nilai relatif sama, kecuali pada waktu tertentu memiliki nilai besar yang berbeda (Gambar 103). Terdapat nilai konsentrasi PM_{2.5} yang sangat tinggi di Tanjung Timur pada akhir Mei 2024 hingga mendekati nilai 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pada saat yang bersamaan konsentrasi PM₁₀ > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada umumnya hal ini terjadi ketika ada sumber-sumber emisi tertentu dari kegiatan insidental di lapangan.



Gambar 103 Fluktuasi konsentrasi harian partikulat wilayah Kepulauan Seribu

Kondisi meteorologi wilayah Kepulauan Seribu

Kepulauan Seribu didominasi pengaruh lautan, sehingga kecepatan angin sangat tinggi. Angin dominan di Tanjung Timor adalah dari Utara - Selatan, dengan kecepatan angin harian dapat mencapai >10 m/detik (Gambar 104a). Di P Pramuka belum ada pengamatan kondisi meteorologi. Pola angin harian menunjukkan kecepatan angin meningkat pada pagi dan sore hari, dengan kecepatan yang lebih tinggi pada sore hari sekitar pukul 17.00-18.00 WIB, dan terendah pada siang hari (Gambar 104b). Fluktuasi rata-rata kecepatan angin harian menunjukkan kecepatan angin di Tanjung Timur meningkat memasuki bulan Desember (Gambar 104c).



Gambar 104 Kondisi meteorologi (a) arah angin (b) kecepatan angin diurnal (c) kecepatan angin harian Kepulauan Seribu

3. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi di Stasiun Pemantau Referensi

Data kualitas udara yang dianalisis pada stasiun referensi adalah data dari 5 SPKUA milik DLH DKI Jakarta, serta data dari pemantau di luar DLH DKI Jakarta. Stasiun non-DLH adalah BMKG (Kemayoran), KLHK (GBK), dan 2 pemantau milik US Embassy (Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat), 3 alat kolaborasi dengan WRI yaitu Marunda, Jakarta Barat, Jakarta Timur, serta Black Carbon (BC) di 5 lokasi pemantauan yaitu Kantor Walikota Jakarta Timur, SPKU DKI2 Kelapa Gading, SPKU DKI3 Jagakarsa, SPKU DKI4 Lubang Buaya dan SPKU DKI5 Kebon Jeruk.

3.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA)

Konsentrasi pencemar udara pada Januari-Desember tahun 2024 hasil pemantauan stasiun referensi di berbagai lokasi memiliki nilai yang beragam (Tabel 9). Rata-rata harian polutan PM₁₀, PM_{2.5} dan O₃ tahun 2024 menunjukkan nilai melebihi BMUA 1 tahun sesuai PP No 22 tahun 2021 Lampiran VII, sedangkan SO₂ melebihi BMUA 1 tahun hanya untuk lokasi DKI2 Kelapa Gading DKI3 Jagakarsa dan GBK. Parameter NO₂ melebihi BMUA 1 tahun di Bundaran HI dan Jagakarsa. Merujuk kepada nilai Air Quality Guideline WHO (AQG WHO), konsentrasi rata-rata harian PM₁₀, PM_{2.5} dan NO₂ sudah melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021).

Konsentrasi PM₁₀ tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya sebesar 75.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah di Kebon Jeruk (48.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi di Kemayoran (BMKG) sebesar 47.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan terendah di Bundaran HI. Polutan SO₂ tertinggi di Jagakarsa dan Kelapa Gading (67.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), terendah di Bundaran HI (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Konsentrasi CO masih relatif aman di bawah BMUA yang berlaku, tertinggi di sekitar DKI4 Lubang Buaya (1580.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dan terendah di DKI2 kelapa Gading (900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Konsentrasi O₃ tertinggi di Kebon Jeruk, sedangkan NO di DKI Bundaran HI sesuai dengan peruntukan *road side*, terendah di jagakarsa, namun NO₂ tertinggi di Jagakarsa, hal ini memerlukan telaahan lebih lanjut terkait sumber-sumber emisi yang berpengaruh terhadap hal tersebut. Secara total NOx tertinggi di lokasi Bundaran HI. Kandungan Hidrokarbon (HC) di udara relatif sama antara Bundaran HI dan Kebon Jeruk, namun lebih rendah di Jagakarsa.

Tabel 9 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 stasiun referensi

Parameter	Konsentrasi rata-rata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												BMUA 1 Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk	KLHK GBK	US Embassy Tugu Tani	US Embassy Jl. Hang Jebat	BMKG	WRI Jaktim	WRI Marunda	WRI Jakbar	PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	55.4	63.4	54.3	75.2	48.2	61.1							40	15
PM2.5	32.6	35.8	33.3	33.5	38.5	34.1	32.4	41.2	47.1	39.5	42.0	42.9	15	5
SO2	18.8	67.9	67.9	42.7	32.3	47.8							45	
CO	1750.0	900.0	960.0	1580.0	1510.0	1087.9								
O3	55.4	53.2	41.9	51.5	113.3	60.5							35	
NO	27.4	11.8	7.5	20.2	12.2									
NO2	55.2	43.4	78.8	23.4	24.0	35.7							50	10
NOx (ppb)	47.1	29.2	43.4	26.3	20.7									
THC (ppmC)	2.9		2.2		3.0									
NMHC (ppmC)	0.9		1.1		0.9									
CH4 (ppm)	2.0		1.2		2.1									

3.1.1 Analisis Kualitas Udara Hasil Pemantauan 5 SPKUA DLH Provinsi Jakarta

Analisis meliputi fluktuasi konsentrasi data mentah (raw data) sesuai ketersediaan data (per 30 menit atau per jam), fluktuasi diurnal (pagi-siang-sore-malam), rata-rata 24 jam (harian), rata-rata bulanan serta rata-rata tahunan. Perbandingan terhadap nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) dilakukan sesuai Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 Lampiran VII.

3.1.1.1 Partikulat (*Particulate Matter – PM*)

Partikulat (PM) adalah istilah untuk suatu campuran partikel padat (*solid particles*) dan butiran cair (*liquid droplets*) yang terdapat di udara, terkadang disebut juga sebagai polusi partikel (USEPA 2024). Beberapa bentuk partikel dapat dilihat mata, seperti debu atau asap, namun sebagian ada yang berukuran sangat kecil dan hanya bisa dilihat dengan bantuan mikroskop elektron. Berdasarkan ukurannya, partikel diklasifikasikan menjadi TSP (*Total Suspended Particulate*), PM₁₀ (partikel dengan ukuran diameter kurang dari 10 μm), dan PM_{2.5} yaitu partikel dengan ukuran diameter kurang dari 2.5 μm (WHO 2006). Selain itu, dikenal juga istilah *coarse particles* (partikel dengan ukuran 2.5 – 10 μm) dan *ultrafine particles* (partikel dengan ukuran diameter kurang dari 0.1 μm).

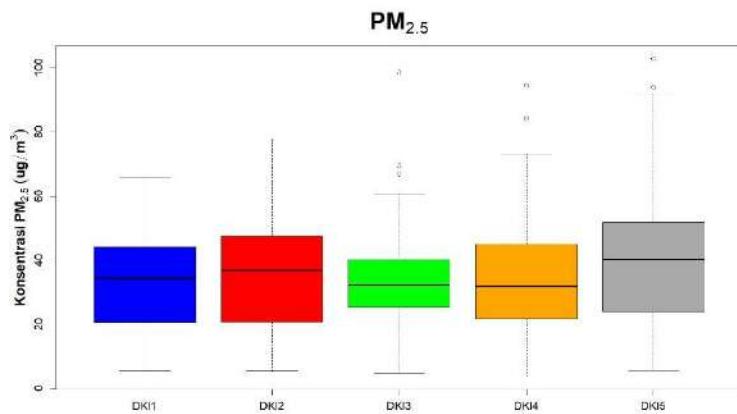
Aktivitas urbanisasi dapat mempengaruhi konsentrasi partikulat di udara perkotaan (Huszar *et al.* 2023). Di perkotaan seperti Jakarta, sumber partikulat dapat berupa aktivitas kendaraan bermotor, industri, maupun aktivitas konstruksi, atau juga dari aktivitas masyarakat dalam membakar sampah di area terbuka. Menurut Wu *et al.* 2017, konsentrasi partikulat khususnya PM_{2.5} yang tinggi pada malam hari dapat meningkatkan intensitas *Urban Heat Island* (UHI). Dampak PM terhadap kesehatan antara lain berpotensi menyebabkan kerusakan organ-organ dalam badan (Power *et al.* 2023). Oleh karena itu pemantauan konsentrasi partikulat di udara perkotaan menjadi penting. Pada pemantauan kualitas udara ambien di DKI Jakarta, yang diukur adalah PM₁₀ dan PM_{2.5}.

3.1.1.1.1 PM_{2.5}

Partikulat dengan ukuran diameter < 2.5 μm (PM_{2.5}), merupakan parameter pencemar yang saat ini menjadi perhatian besar di seluruh dunia. Hal ini disebabkan oleh karakteristiknya yang secara fisik sangat halus dapat masuk menjangkau saluran pernafasan bagian dalam, sehingga memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dalam jangka panjang. Selain itu, karakteristik kandungan kimia dalam partikulat halus tersebut juga memberi dampak tambahan yang berbahaya bagi manusia. Paparan jangka panjang PM_{2.5} dapat berakibat pada penyakit saluran pernafasan, kanker paru dan penyakit jantung (Pun *et al.* 2017, Wang *et al.* 2020). Keberadaan partikulat halus di udara dapat berupa pencemar primer maupun sekunder. Pencemar primer adalah pencemar yang langsung keluar dari sumber emisi, sedangkan sekunder adalah pencemar hasil pembentukan di udara karena ada zat pembentuknya yang disebut *precursor*. Konsentrasi PM_{2.5} berfluktuasi secara temporal dan dapat berbeda besarnya secara spasial, bergantung kepada sumber emisi dan precursor untuk pembentukan sekunder.

Kisaran nilai konsentrasi PM_{2.5} harian di Jakarta pada Januari-Desember tahun 2024 sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Analisis boxplot menunjukkan kisaran data di setiap lokasi pemantauan (Gambar 105). Konsentrasi PM_{2.5} minimum relatif sama antar lokasi, namun konsentrasi maksimum berbeda besarnya. Berdasar data tersebut nilai rata-rata PM_{2.5} tertinggi di DKI5 Kebon Jeruk, terendah di DKI3 Jagakarsa. Namun demikian kisaran nilai terbesar terdapat di DKI5 Kebon Jeruk dan nilai median tertinggi di DKI2

Kelapa Gading. Hal ini menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} di lokasi tersebut sangat fluktuatif.

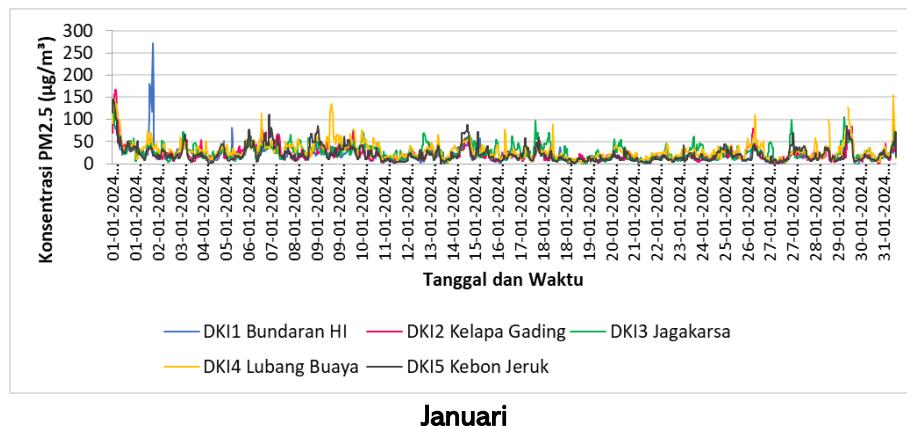


Gambar 105 Kisaran konsentrasi PM_{2.5} harian antar lokasi pemantauan tahun 2024

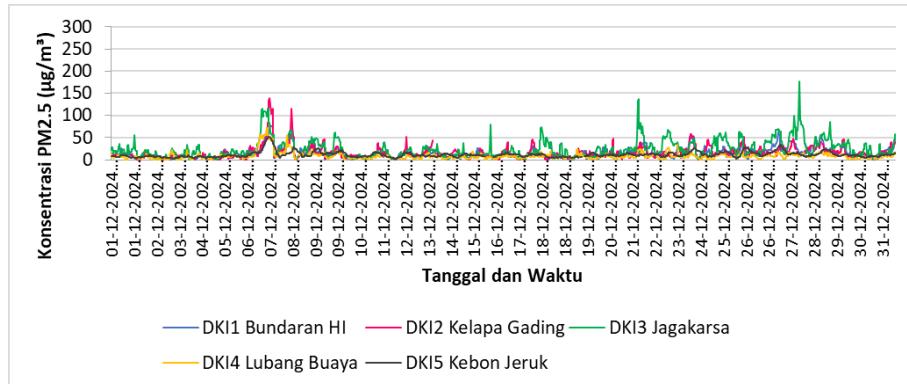
Fluktuasi Konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit

Konsentrasi PM_{2.5} yang terukur per 30 menit sangat fluktuatif, namun demikian pola fluktuasinya hampir sama antar lokasi, terlihat bahwa ketika terjadi peningkatan konsentrasi, maka di semua lokasi juga terdapat peningkatan, walaupun besar peningkatan tidak sama. Sehingga dari Gambar 106 dan Gambar 107 bisa dilihat pergerakan grafik naik dan turun antar SPKUA relatif bersamaan. Namun demikian, terdapat konsentrasi PM_{2.5} sangat tinggi diluar batas pada umumnya untuk hasil pengukuran per 30 menit Januari-Desember tahun 2024, seperti pada bulan Januari > 250 µg/m³, Oktober >500 µg/m³ di DKI4 Lubang Buaya. Kondisi ekstrim seperti ini biasanya berhubungan dengan emisi sesaat yang timbul dari aktivitas di sekitar pemantauan.

Peningkatan konsentrasi PM_{2.5} juga dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi yaitu curah hujan. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada sub-bab analisis faktor meteorologi. Peningkatan konsentrasi pencemar bisa juga terjadi akibat adanya sumber emisi sesaat, sebagai contoh data tanggal 1 Januari pukul 01.30 WIB terukur konsentrasi PM_{2.5} lebih dari 100 µg/m³ yang kemungkinan berkaitan dengan aktivitas perayaan malam tahun baru di sekitar SPKUA. Pada musim kemarau terdapat aktivitas pembersihan debu di sekitar stasiun pemantau di DKI4 Lubang Buaya, sehingga meningkatkan debu yang terukur oleh sensor.

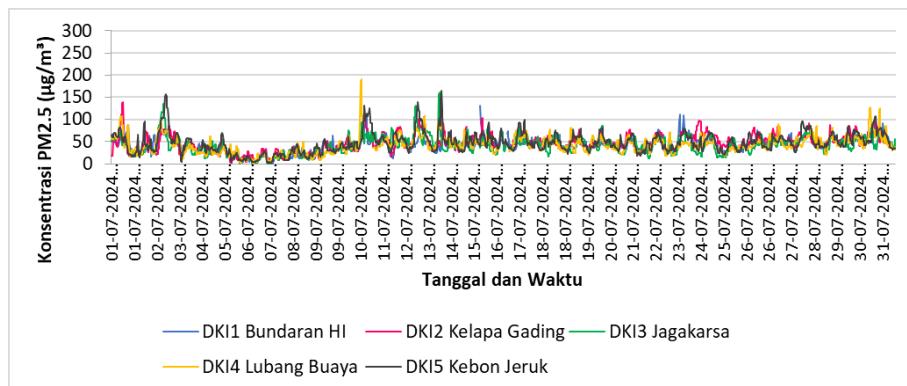


Gambar 106 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit musim hujan tahun 2024

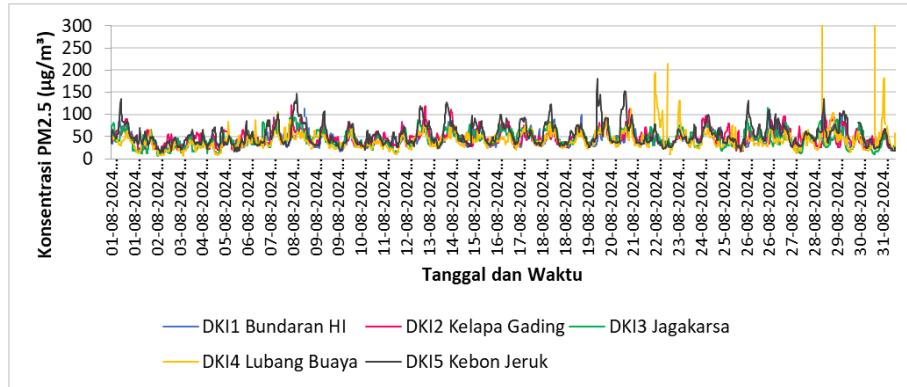


Desember

Gambar 106 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit musim hujan tahun 2024



Juli



Agustus

Gambar 107 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit musim kemarau tahun 2024

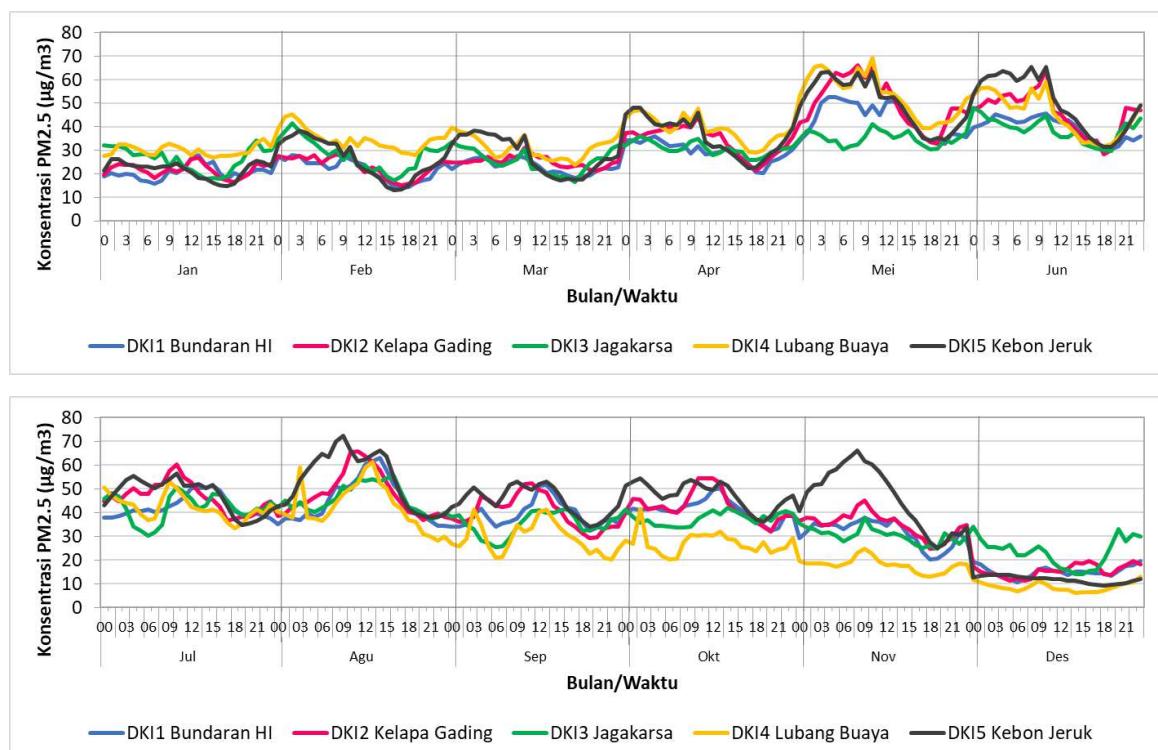
Fluktuasi diurnal (rata-rata perjam) PM_{2.5}

Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} akan sangat dipengaruhi oleh jumlah sumber emisi, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan prekursor untuk pembentukan partikulat sekunder. Di perkotaan, sumber emisi primer PM_{2.5} adalah kendaraan bermotor berupa emisi langsung dari knalpot kendaraan bermotor, dan bangkitan debu akibat pergerakan roda kendaraan. Selain itu terdapat potensi pembentukan partikulat sekunder, dengan adanya polutan NO_x, SO₂, VOCs dan NH₃ yang diemisikan kendaraan bermotor (Hodan dan Barnard 2004). Pola kepadatan lalu lintas akan mempengaruhi pola fluktuasi konsentrasi partikulat di udara sekitarnya, terutama pada pemantauan yang berlokasi di pinggir jalan (*roadsides*). Oleh karena itu dilakukan analisis fluktuasi diurnal, berdasar data rata-rata tiap jam.

Secara umum Januari-Desember konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) menunjukkan peningkatan konsentrasi PM_{2.5} pada pukul 08.00-09.00 relatif menurun pada siang hari hingga sore hari pukul 18.00 WIB minimum di semua lokasi. Ketika memasuki musim kemarau, menjelang siang konsentrasi PM_{2.5} tidak mengalami penurunan (Gambar 108). Pada malam hari terjadi peningkatan kembali konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA. Konsentrasi tertinggi di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk pada periode semester 1, namun menjelang Juli hingga Desember, konsentrasi PM_{2.5} di DKI4 Lubang Buaya menurun signifikan, sehingga yang tertinggi adalah DKI5 Kebon Jeruk.

Peningkatan sesaat pada pagi hari bersamaan dengan mulainya aktivitas masyarakat sekitar berangkat bekerja atau pun sekolah, sehingga dipengaruhi sumber emisi berupa kendaraan bermotor di sekitar lokasi pemantauan. Pada malam hari peningkatan konsentrasi partikulat dapat terjadi dengan pengaruh stabilitas atmosfer. Atmosfer stabil di permukaan pada malam hari dapat menyebabkan pengendapan partikel-partikel di udara, sehingga terakumulasi di permukaan. Kondisi-kondisi tersebut sesuai dengan beberapa penelitian yang pernah dilakukan, bahwa secara diurnal, terdapat 2 puncak konsentrasi partikulat yaitu pagi dan malam hari, bahkan hingga dini hari (Duan *et al.* 2009, Kumar *et al.* 2020, Wang *et al.* 2022).

Pada bulan Januari dan Februari, fluktuasi diurnal tidak terlalu besar, bersamaan dengan kondisi cuaca memasuki puncak hujan. Besaran curah hujan akan turut memengaruhi proses pencucian polutan di atmosfer, sebagaimana hasil penelitian Liu *et al.* (2020) dan Wang dan He (2020). Memasuki bulan April-Juni terlihat peningkatan konsentrasi rata-rata diurnal dibanding bulan Januari-Maret, dan berlanjut hingga bulan Agustus. Terjadi tren menurun mulai bulan September sampai Desember kecuali di Kebon Jeruk meningkat pada bulan November.

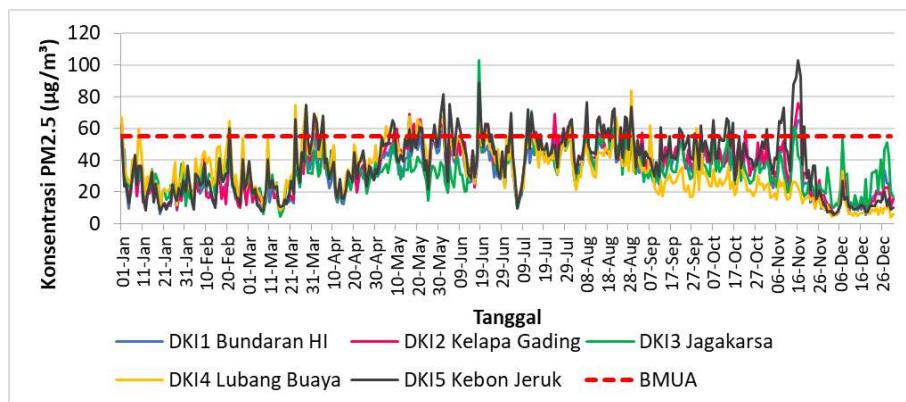


Gambar 108 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dan perbandingan dengan nilai baku mutu (BMUA)

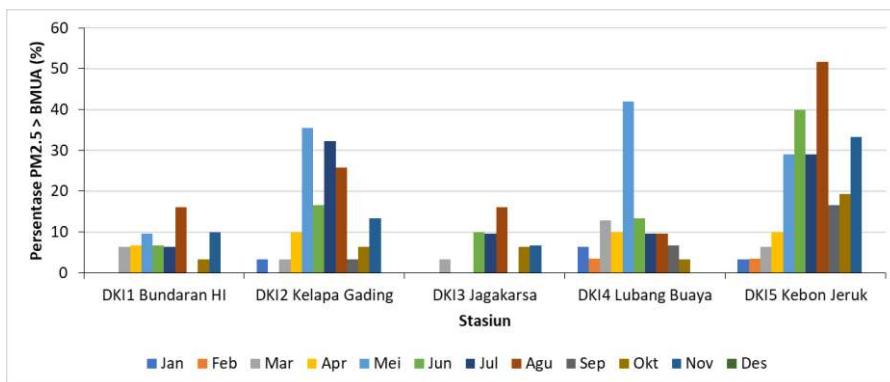
Kualitas udara berdasar konsentrasi pencemar dapat dianalisis dengan membandingkan nilai hasil pemantauan terhadap nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang berlaku. Secara nasional, nilai BMUA 24 jam berdasar PP No 22 Tahun 2021, untuk PM_{2.5} adalah sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada periode data yang lebih panjang, perlu dibandingkan dengan nilai BMUA 1 tahun, sebagai dasar menilai kualitas udara apakah baik atau buruk untuk jangka panjang.

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam di DKI Jakarta pada tahun 2024 ditampilkan pada Gambar 109. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama pada kelima titik pantau, walaupun dengan besaran yang berbeda-beda. Secara keseluruhan, memasuki pertengahan bulan Mei terdapat peningkatan yang signifikan konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5}, dengan rata-rata tertinggi pada bulan Juni untuk DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk ($> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



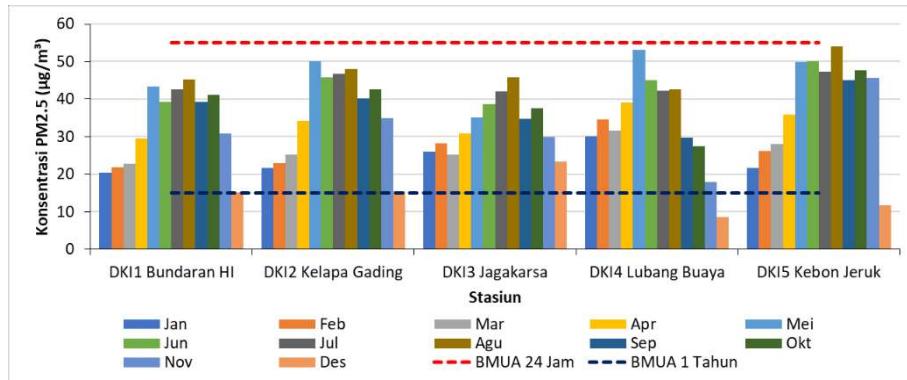
Gambar 109 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian antar bulan tahun 2024

Kualitas udara secara umum per bulan juga dapat dilihat dari jumlah hari yang melebihi nilai BMUA 24 jam pada setiap bulan. Jumlah hari dengan nilai konsentrasi rata-rata melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tertinggi terdapat di DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Agustus mencapai lebih dari 50% (Gambar 110). Bulan Januari dan Februari di Bundaran HI dan Jagakarsa, seluruh hari memenuhi BMUA 24 jam, pada bulan Desember semua lokasi memenuhi BMUA 24 jam. Hal ini berkaitan dengan kondisi cuaca, pada bulan tersebut merupakan puncak musim hujan di Jakarta dan sekitarnya.



Gambar 110 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Berdasarkan rata-rata konsentrasi harian PM_{2.5} per bulan, di semua lokasi pemantauan menunjukkan peningkatan pada umumnya hingga bulan Mei, dengan nilai tertinggi terjadi di DKI 4 Lubang Buaya sebesar $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 111). Konsentrasi rata-rata harian pada bulan Desember terendah di semua lokasi.

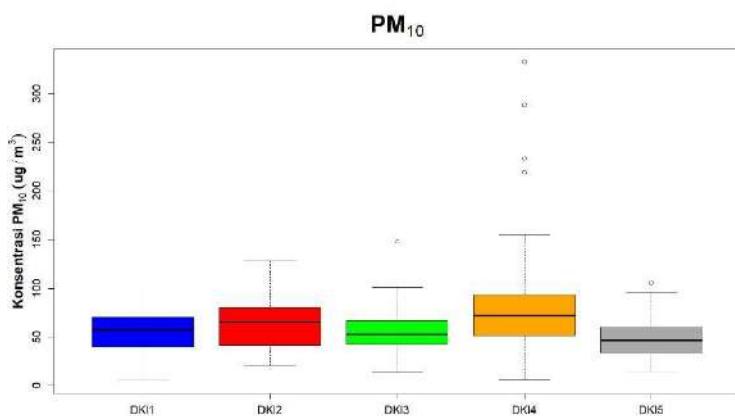


Gambar 111 Konsentrasi rata-rata bulanan PM_{2.5} tahun 2024 pada tiap SPKUA

3.1.1.2. PM₁₀

Partikulat berupa PM₁₀ di perkotaan dapat bersumber dari bangkitan debu di jalan raya yang dilewati kendaraan bermotor, juga dari sisa pembakaran bahan bakar baik industri maupun dari transportasi (WHO 2006). Sumber emisi partikulat tambahan lain adalah dari sumber *fugitive* pembakaran sampah terbuka serta konstruksi di perkotaan. PM₁₀ berdampak buruk terhadap kesehatan, peningkatan konsentrasi PM₁₀ sebesar 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat meningkatkan resiko kematian sebesar 0.5%, sementara konsentrasi rata-rata harian 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat meningkatkan resiko kematian sebesar 5%.

Data konsentrasi PM₁₀ harian hasil pemantauan pada tahun 2024 menunjukkan kisaran terbesar, rata-rata dan median tertinggi di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 112). Nilai median terendah tercatat di DKI5 Kebon Jeruk.

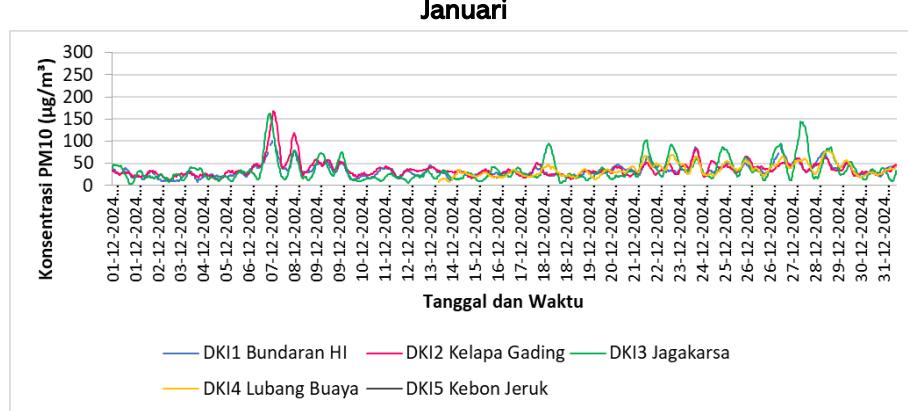
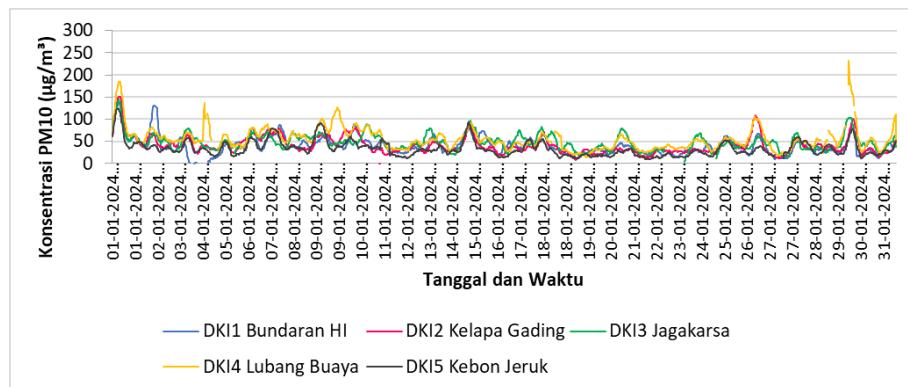


Gambar 112 Kisaran nilai konsentrasi PM₁₀ harian antar lokasi pemantauan tahun 2024

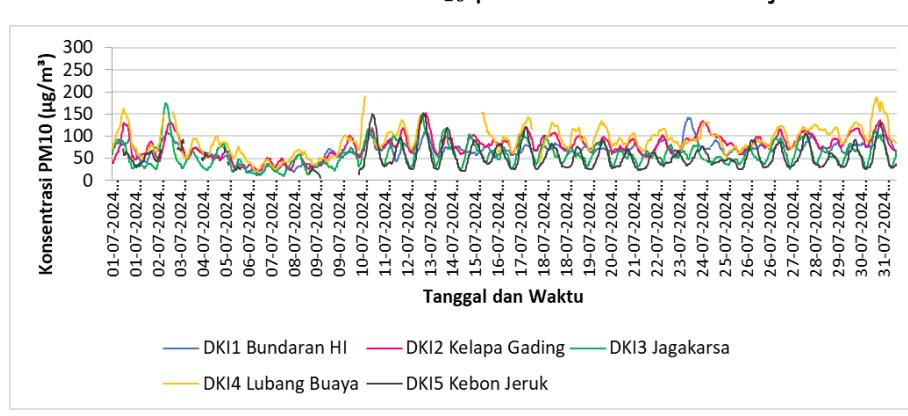
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀, sebagaimana fluktuasi konsentrasi PM_{2.5}, memiliki pola hampir sama di setiap lokasi, sehingga dari grafik terlihat pola pergerakan yang sama, namun

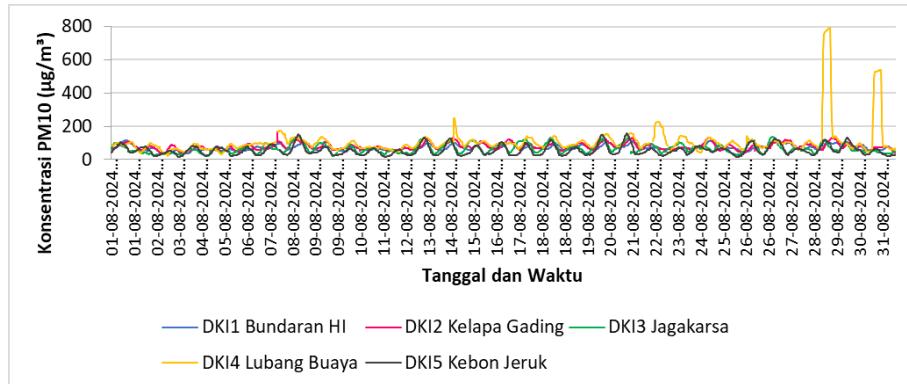
besaran berbeda antar lokasi (Gambar 113-114). Konsentrasi maksimum terukur di DKI4 Lubang Buaya mendekati nilai $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan Agustus 2024, sangat ekstrim dan sesaat. Kondisi lapangan menunjukkan adanya kegiatan pembersihan lapangan menggunakan semprotan air yang kencang, sehingga debu terangkat ke udara. Konsentrasi pada musim hujan pada umumnya lebih rendah (Gambar 113), dibanding pada musim kemarau (Gambar 114).



Gambar 113 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit musim hujan tahun 2024



Gambar 114 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

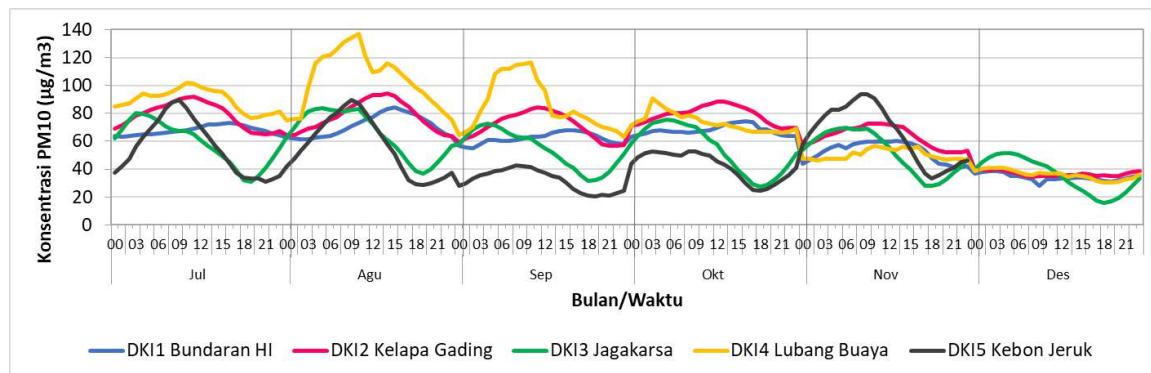
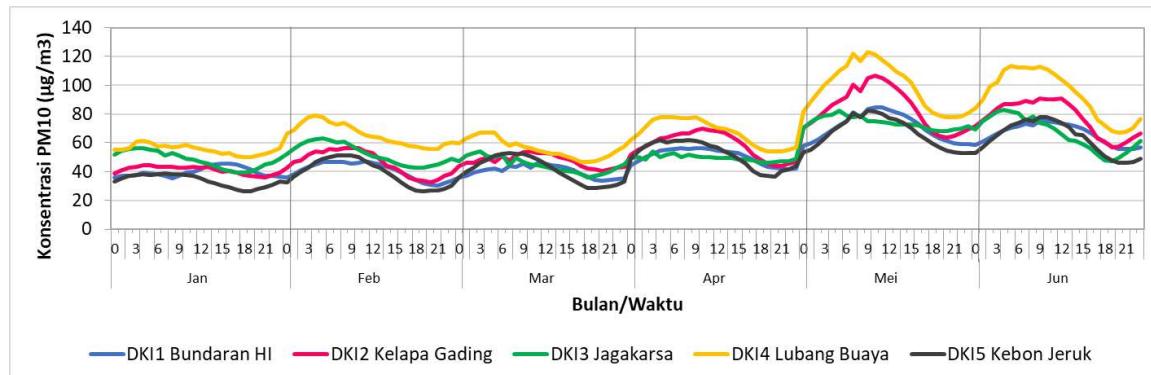


Agustus

Gambar 114 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi diurnal PM₁₀ per jam

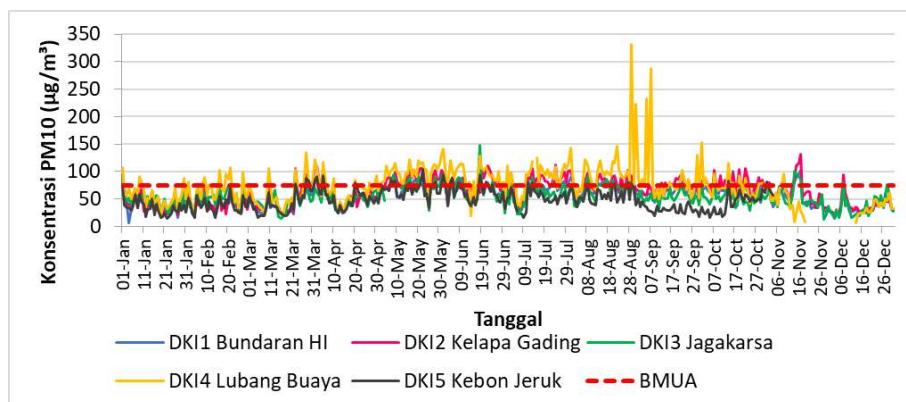
Berdasarkan fluktuasi harian (diurnal), konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ menunjukkan peningkatan konsentrasi pada pagi hingga siang hari. Menurut Guo *et al.* (2014), kondisi debu dipengaruhi oleh kecepatan angin yang rendah, kelembaban tinggi dan terbentuknya lapisan stabil di permukaan, terutama pada pagi hari. Pada pagi hari kisaran pukul 08.00-10.00 WIB mengalami peningkatan hingga siang hari dipicu oleh aktivitas masyarakat, dan menjelang siang terjadi pengangkatan oleh gerak vertikal massa udara. Konsentrasi terendah pada kisaran pukul 17.00-19.00 WIB (Gambar 115). Secara umum konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ tertinggi terjadi di DKI4 Lubang Buaya, terutama pada bulan Agustus dan September, berkaitan dengan kondisi musim kemarau.



Gambar 115 Fluktuasi konsentrasi diurnal per bulan tahun 2024

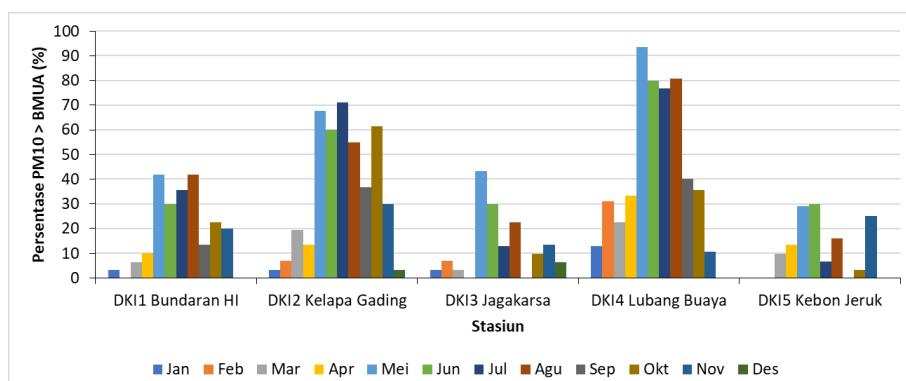
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Kualitas udara Kota Jakarta berdasar konsentrasi PM₁₀ dapat dicermati berdasar nilai rata-rata harian yang dibandingkan dengan nilai BMUA 24 jam sesuai PP No 22 tahun 2021, sebesar 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gambar 116 menunjukkan fluktuasi nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian pada tahun 2024. Setiap bulan terdapat hari dengan nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian mencapai nilai batas BMUA 24 jam. Peningkatan jumlah hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA mulai terjadi pada bulan Mei pada hampir semua lokasi SPKUA. Konsentrasi rata-rata harian tertinggi dan cukup signifikan terukur di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Agustus dan September mencapai $>300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jumlah yang sangat ekstrim dan sejalan dengan kondisi PM_{2.5}, yaitu bersamaan dengan pembersihan lapangan parkir di sekitar SPKU DKI4 Lubang Buaya.



Gambar 116 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian per bulan tahun 2024

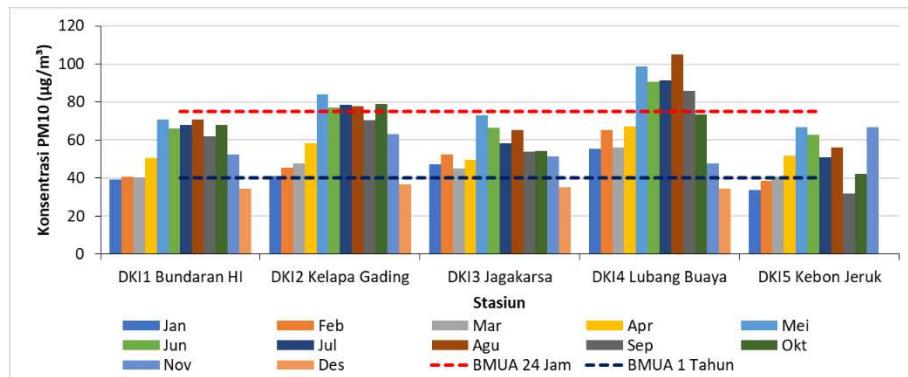
Kualitas udara di Jakarta berdasar jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata melebihi nilai BMUA ditunjukkan pada Gambar 117. Lokasi dengan jumlah hari melebihi nilai BMUA 24 jam tertinggi terdapat di DKI4 Lubang Buaya, pada bulan Mei mencapai $>90\%$. Bulan Mei sampai Agustus pada umumnya setiap lokasi memiliki hari dengan konsentrasi rata-rata PM₁₀ melebihi BMUA 24 jam $\geq 30\%$, kecuali DKI5 Kebon Jeruk $\leq 30\%$.



Gambar 117 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan di semua lokasi pada tahun 2024, mengalami peningkatan pada musim kemarau. Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan, tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Agustus. Sementara konsentrasi PM₁₀ di DKI5

Kebon Jeruk relatif lebih rendah dibandingkan SPKUA lainnya (Gambar 118), bahkan pada musim kemarau.

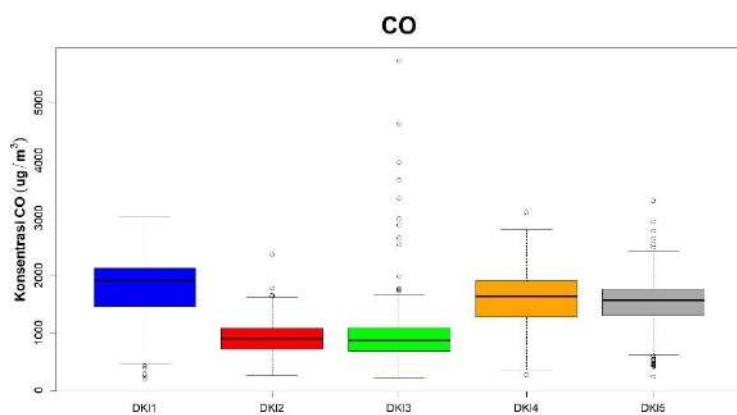


Gambar 118 Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan tahun 2024 pada tiap SPKUA

3.1.2. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) memiliki sumber emisi utama dari kendaraan bermotor (kepadatan lalu lintas), saat terjadi pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Keberadaan CO yang tinggi di udara berdampak pada kesehatan masyarakat. Sekitar 80-90% CO yang diserap berikatan dengan hemoglobin (Hb), membentuk ikatan COHb yang kuat hingga mencapai 200-250 kali ikatan dengan oksigen (WHO 2000). Hal ini akan sangat memengaruhi distribusi oksigen oleh darah ke seluruh tubuh dan berdampak pada kesehatan organ tubuh lainnya. Dampak paparan CO antara lain gangguan fungsi otak, jantung, otot hingga gangguan perkembangan janin pada ibu hamil.

Data nilai kisaran konsentrasi CO hasil pemantauan pada Januari-Desember 2024 di 5 Stasiun DLH DKI Jakarta disajikan dalam bentuk boxplot (Gambar 119). Nilai median konsentrasi CO rata-rata terendah terukur di DKI3 Jagakarsa dan tertinggi di DKI1 Bundaran HI. Kisaran data terbesar terdapat di DKI3 Jagakarsa, beberapa data merupakan nilai pencilan.



Gambar 119 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2024

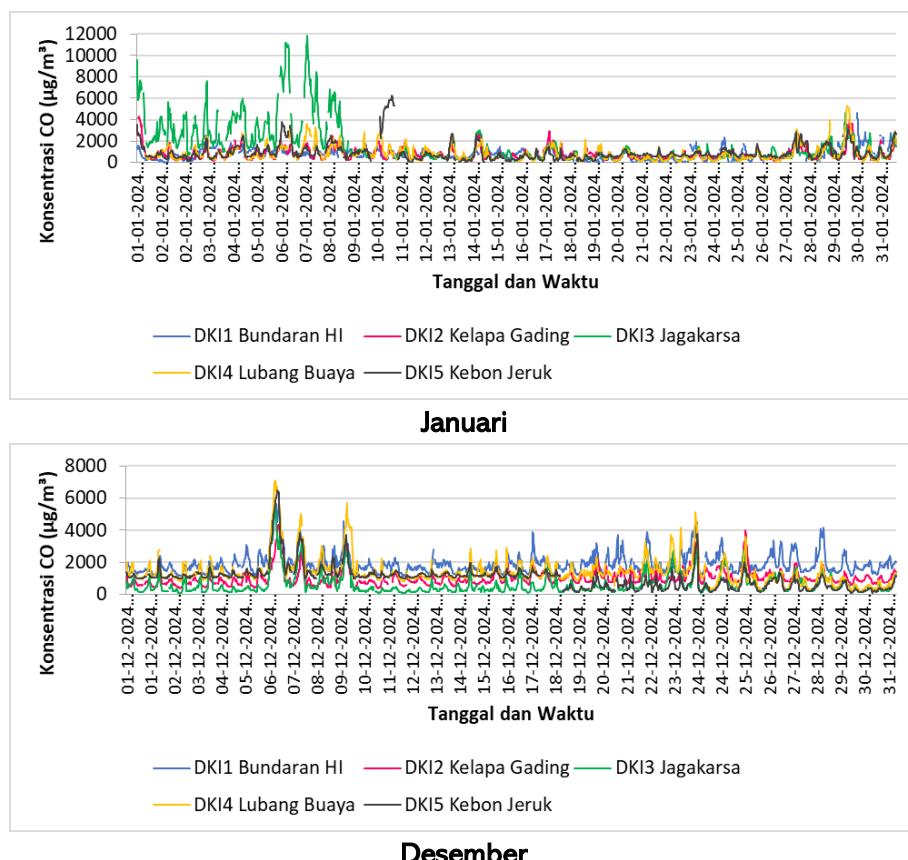
Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit

Konsentrasi CO sangat fluktuatif, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 120-121. Terukur konsentrasi tertinggi hampir 12000 µg/m³, pada tanggal 7 Januari di DKI3 Jagakarsa.

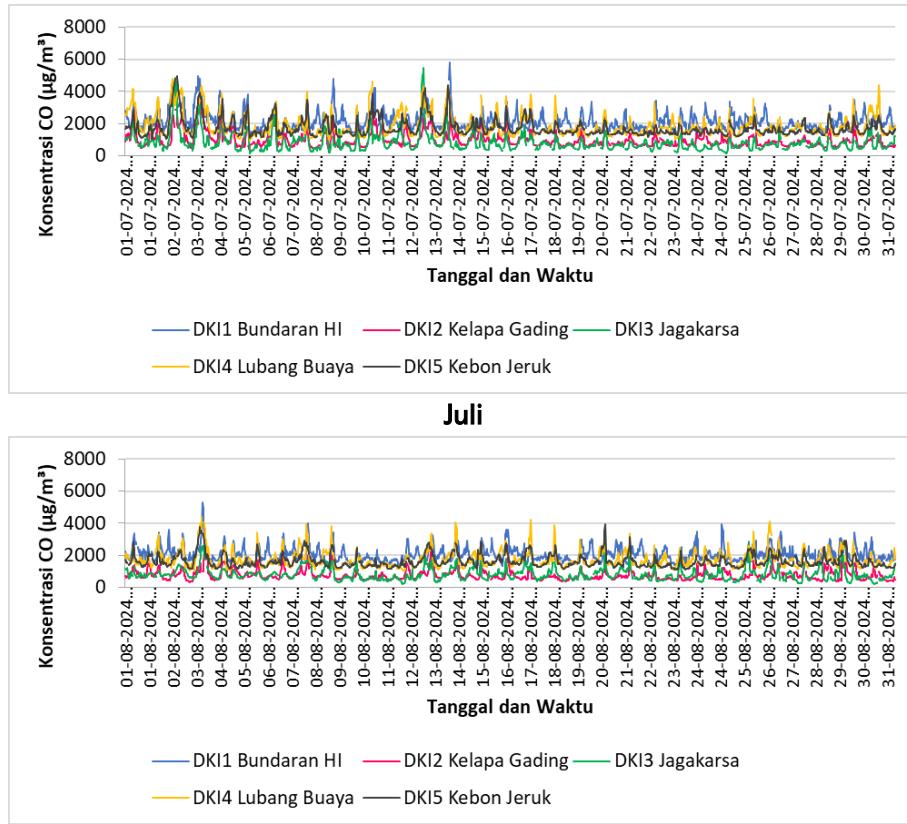
Kondisi ini hal yang diluar kebiasaan, perlu ada penelaahan lebih lanjut di lapangan. Busa *et al.* (2022) menyatakan bahwa jumlah sumber emisi dan kondisi meteorologi seperti kecepatan angin dan stabilitas atmosfer sangat memengaruhi fluktuasi konsentrasi CO di udara ambien. Secara umum DKI4 Lubang Buaya memiliki pola fluktuasi konsentrasi pada kisaran angka yang lebih tinggi dibandingkan lokasi lain, terutama mulai bulan Maret. Sedangkan Kelapa Gading relatif lebih rendah.

Konsentrasi CO pada musim hujan tidak selalu lebih rendah dibandingkan dengan musim kemarau (Gambar 120 dan 121). Hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, ketika hujan masyarakat cenderung menggunakan kendaraan roda 4, dan seringkali mengakibatkan kemacetan. Kondisi lalulintas padat dapat memicu emisi CO meningkat. Sebagaimana hasil penelitian Kwak *et al.* (2017), CO meningkat saat curah hujan lebih tinggi.

Pada bulan Juli dan Agustus (musim kemarau), konsentrasi CO antar lokasi menunjukkan perbedaan besarannya. Hal ini terkait dengan sumber emisi di masing-masing lokasi, terutama transportasi. Di lokasi Kelapa Gading dan Jagakarsa pada bulan tersebut terukur konsentrasi CO yang lebih rendah (Gambar 121).



Gambar 120 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit musim hujan tahun 2024

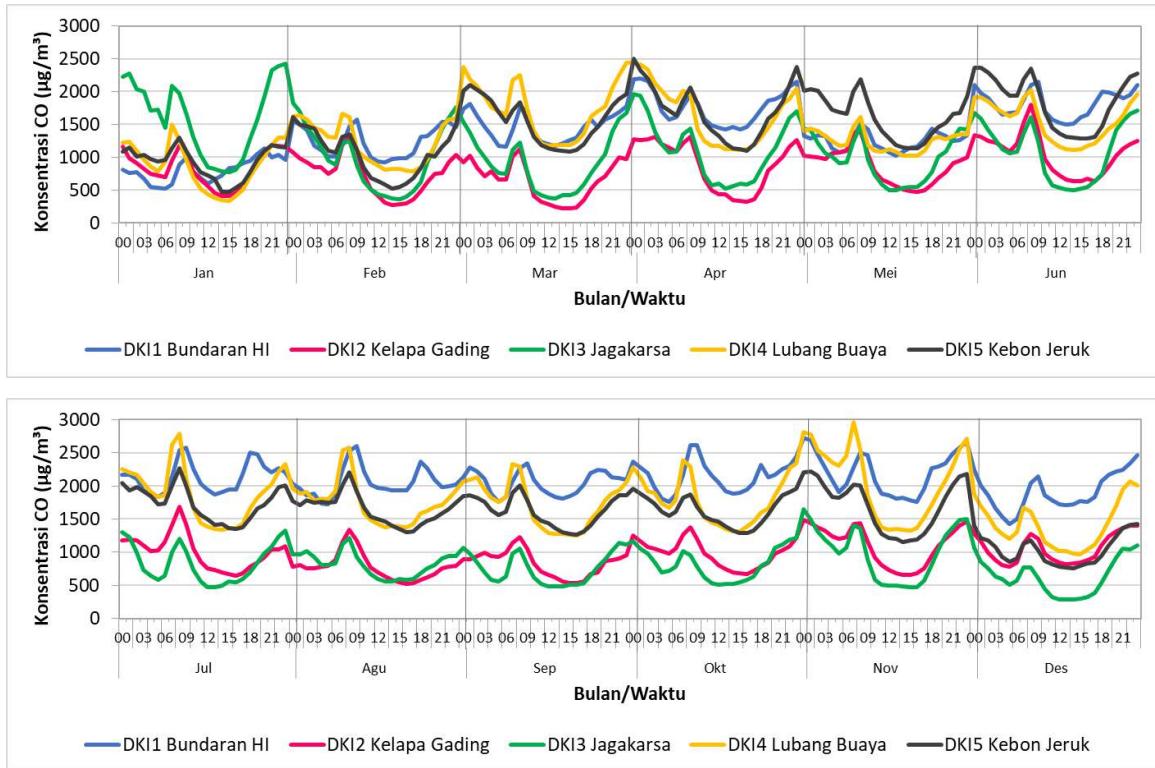


Gambar 121 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi CO diurnal per jam

Konsentrasi CO rata-rata perjam, secara diurnal tahun 2024 memiliki nilai jauh di bawah nilai BMUA 1 jam nasional sebesar $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 122). Secara umum di seluruh SPKUA konsentrasi CO meningkat menjelang malam dan menurun di siang hari. Lapisan udara yang stabil pada malam hari menyebabkan potensi pencemar terakumulasi di permukaan (Busa *et al.* 2022), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 122. Pada pagi hari terjadi peningkatan konsentrasi sekitar pukul 7.00-9.00 WIB (berbeda antar lokasi). Hal ini disebabkan adanya kepadatan lalu lintas pada saat berangkat kerja oleh sebagian besar masyarakat baik warga DKI Jakarta maupun masyarakat dari luar Jakarta. Selain kepadatan lalu lintas, konsentrasi CO juga dapat meningkat dengan adanya aktivitas pembakaran sampah ataupun jenis proses pembakaran tidak sempurna lainnya di sekitar pemantau.

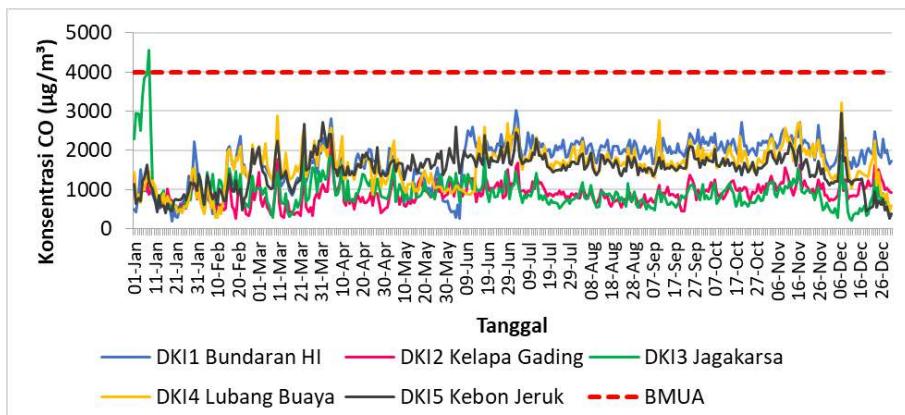
Nilai tertinggi konsentrasi CO per jam, $< 3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, umumnya terjadi pada pagi hari. Namun demikian secara spesifik berbeda-beda waktu di tiap lokasi SPKUA. Konsentrasi CO tertinggi terjadi di DKI4 Lubang Buaya $> 2500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan November.



Gambar 122 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2024

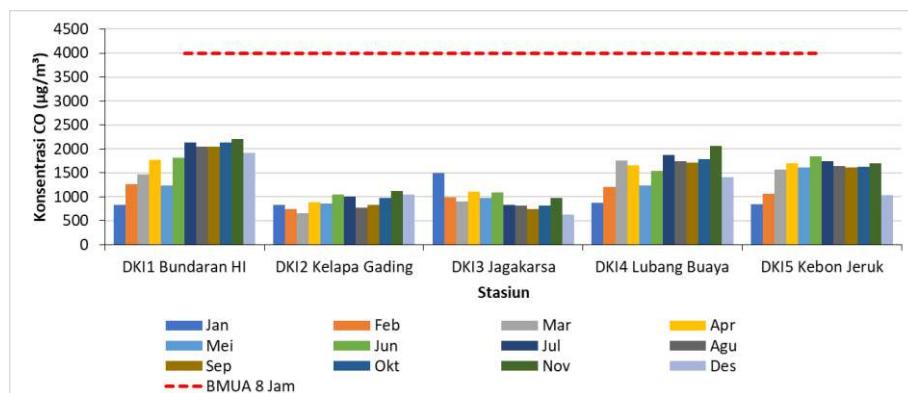
Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) dan perbandingan dengan nilai BMUA

Berdasar Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, BMUA nasional CO tidak ada yang 24 jam, tetapi periodenya adalah 8 jam. Oleh karena itu, untuk perbandingan dengan nilai BMUA tersebut, konsentrasi CO dibuat rata-rata pukul 06.00-18.00 WIB. Hasilnya menunjukkan konsentrasi rata-rata 8 jam CO masih di bawah nilai BMUA nasional sebesar 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fluktuasi pada masing-masing SPKUA ditunjukkan pada Gambar 109. Fluktuasi nilai konsentrasi rata-rata harian setiap bulan antar lokasi sangat beragam, namun keseluruhan rata-rata pada tahun masih dibawah nilai 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Namun, terdapat nilai yang melebihi BMUA pada DKI3 Jagakarsa di bulan Januari $>4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan langsung menurun secara signifikan. Konsentrasi CO di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa memiliki konsentrasi rata-rata 8 jam terendah.



Gambar 123 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian (8 jam) per bulan menunjukkan perbedaan antar SPKUA (Gambar 124). Secara umum nilai konsentrasi rata-rata harian tahun 2024 di DKI2 Kelapa Gading dan Jagakarsa paling rendah dibandingkan 4 SPKUA DLH lainnya, tertinggi di DKI1 Bundaran HI. Konsentrasi rata-rata harian tiap bulan tidak ada yang melebihi BMUA 8 jam, mulai bulan Juli fluktuasi rata-rata bulanan relatif tetap.

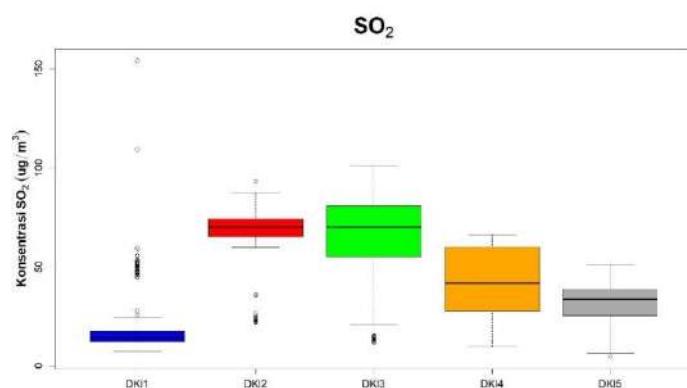


Gambar 124 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU

3.1.3. Sulfur Dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida merupakan gas yang bersifat mudah larut dalam air, tidak berwarna tetapi memiliki bau yang tajam. SO_2 berdampak terhadap kesehatan manusia juga lingkungan, karena sifat keasamannya jika bereaksi dengan air. Dampak SO_2 terhadap kesehatan antara lain gangguan pada alat pernafasan seperti bronchitis kronis. Efek SO_2 akan meningkat jika terhirup bersamaan dengan partikulat halus. Menurut Khan dan Siddiqui (2014), SO_2 jika masuk ke saluran pernafasan berpotensi merusak jaringan saraf di sistem pernafasan, memicu radang di tenggorokan, batuk dan asma. Brown *et al.* (2004), menyatakan SO_2 dapat memicu asma pada anak-anak. Sumber SO_2 pada umumnya dari bahan bakar yang mengandung sulfur, seperti kendaraan bermotor berbahan bakar diesel, dan juga dari industri yang memiliki aktivitas pembakaran bahan bakar fosil (WHO 2006a).

Data konsentrasi SO_2 hasil pemantauan memiliki kisaran nilai maksimum dan minimum antar lokasi sangat berbeda (Gambar 125). Nilai median tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading. DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk memiliki kisaran nilai paling kecil yang menunjukkan konsentrasi SO_2 relatif stabil. DKI1 Bundaran HI memiliki kisaran data yang paling besar, namun beberapa berupa data pencilan.

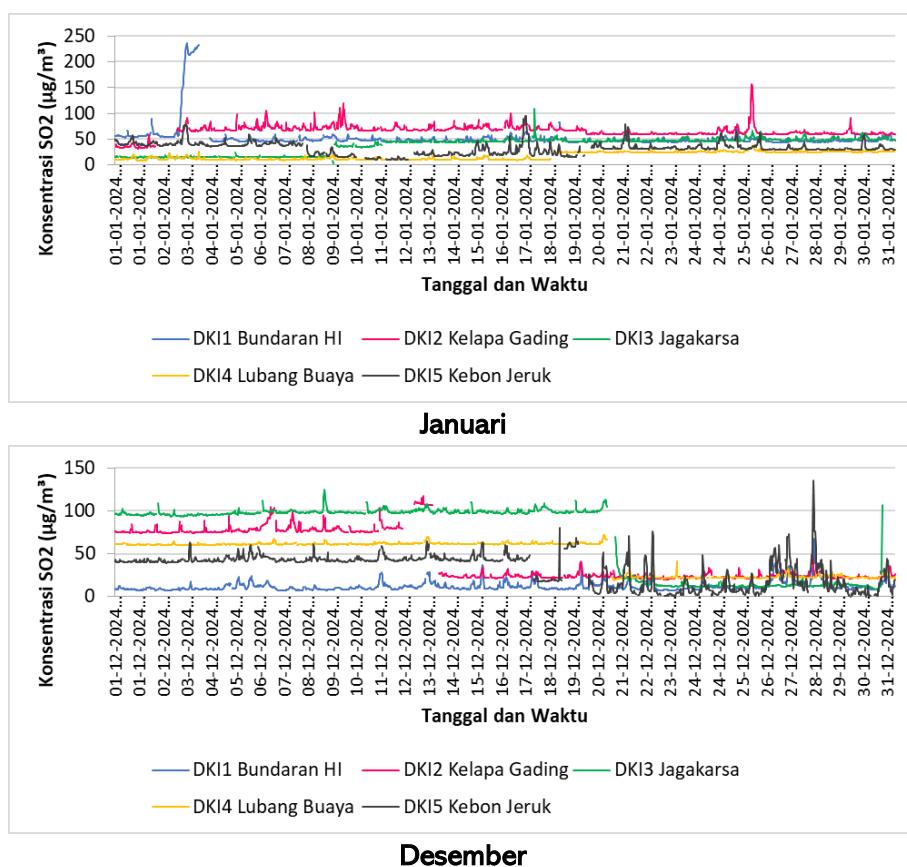


Gambar 125 Kisaran konsentrasi SO_2 harian antar lokasi pemantau tahun 2024

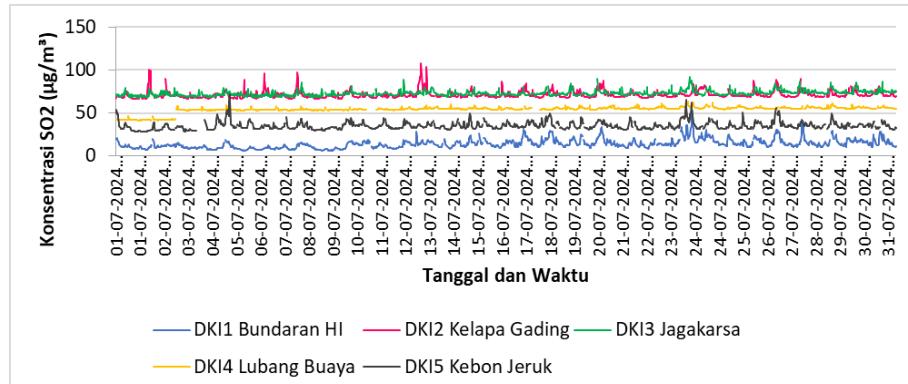
Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit

Januari hingga pertengahan Februari konsentrasi tinggi, bahkan mencapai nilai 236 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO₂ memiliki kecenderungan stabil untuk periode tertentu, tetapi dapat berubah naik atau turun secara tiba-tiba, lalu konsisten pada posisi tersebut. Kondisi fluktuatif yang signifikan dapat terjadi dan umumnya sangat berkaitan dengan kondisi sumber emisi.

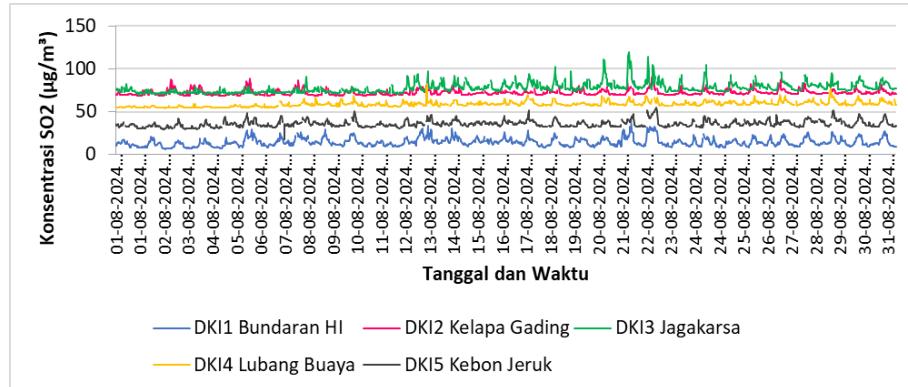
Fluktuasi konsentrasi di DKI2 Kelapa Gading memiliki kisaran nilai tertinggi dari awal tahun hingga bulan Agustus, namun mulai bulan April terdapat peningkatan konsentrasi SO₂ di DKI3 Jagakarsa, hingga mulai bulan Juli lebih tinggi dari konsentrasi DKI2 Kelapa Gading. Hal ini perlu mendapat perhatian terkait sumber emisi SO₂ yang terukur di DKI3 Jagakarsa. Pada bulan Desember beberapa lokasi pemantauan tidak memiliki data, dan terjadi penurunan signifikan dan tiba-tiba di Kelapa Gading dan Kebon Jeruk.



Gambar 126 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024



Juli

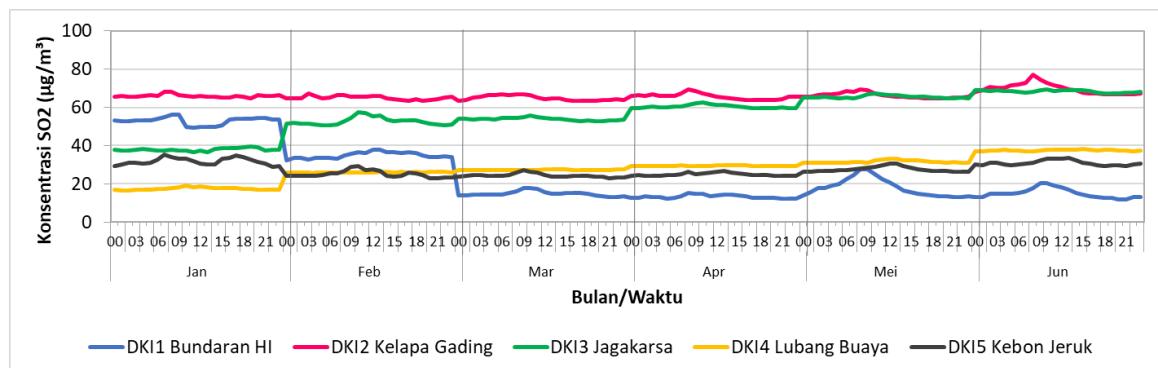


Agustus

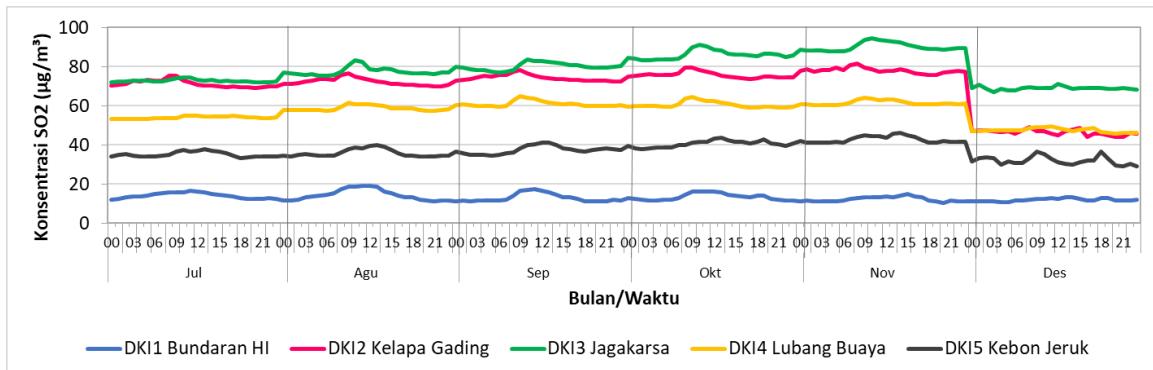
Gambar 127 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi SO₂ diurnal (rata-rata per jam)

Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ menunjukkan kondisi relatif stabil, namun ada sedikit peningkatan konsentrasi pada pagi hari, sekitar pukul 09.00-12.00 WIB pola ini jelas terlihat di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Juli sampai September (Gambar 128). Pola konsentrasi SO₂ di DKI4 Lubang Buaya mengalami peningkatan mulai bulan Februari. Pada bulan Desember terdapat data kosong di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, dan DKI4 Lubang Buaya, sehingga memengaruhi nilai rata-rata diurnarnya.



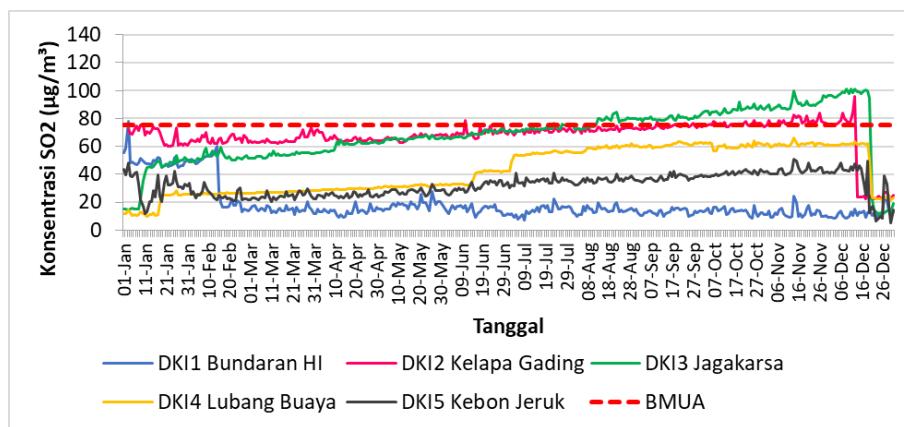
Gambar 128 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ Januari-Desember tahun 2024



Gambar 128 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ Januari-Desember tahun 2024

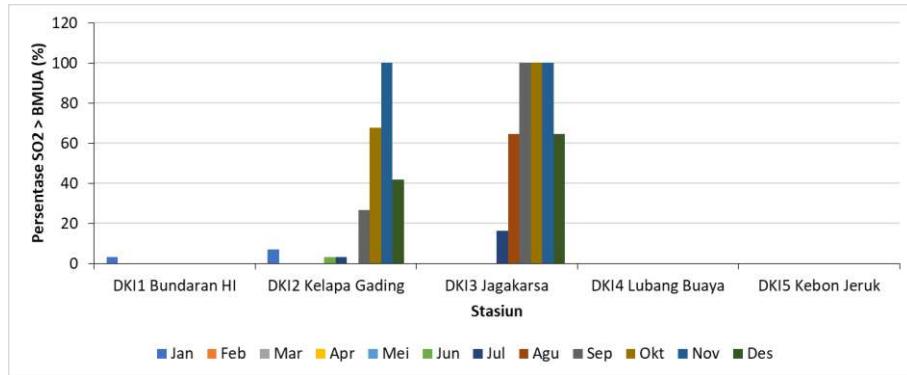
Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Konsentrasi rata-rata harian SO₂ di DKI1-DKI5 masih di bawah nilai BMUA 24 jam sebesar 75 µg/m³, namun mulai bulan Agustus terjadi peningkatan di DKI3 Jagakarsa hingga melampaui BMUA 24 jam, hal ini perlu mendapat perhatian terkait sumber emisi SO₂ tersebut. Pada bulan Februari DKI1 Bundaran HI mengalami penurunan yang cukup signifikan. Penurunan yang signifikan pada bulan Desember di DKI2 Kelapa Gading, DKI3 Jagakarsa, dan DKI4 Lubang Buaya disebabkan data yang kurang lengkap sehingga dapat diabaikan (Gambar 129).



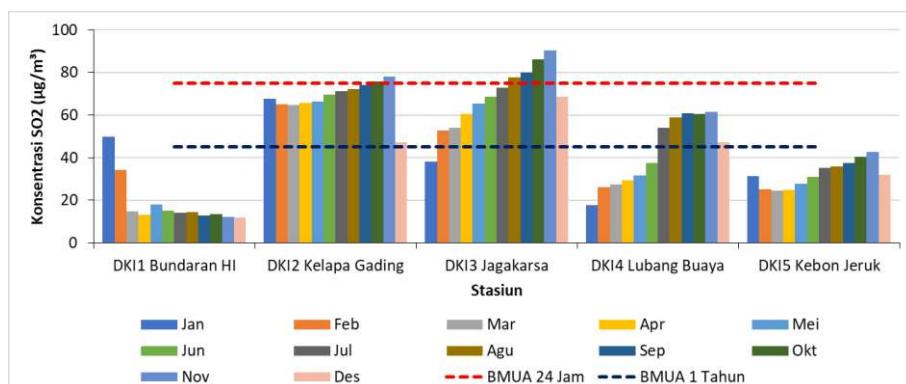
Gambar 129 Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian per bulan tahun 2024

Berdasarkan data rata-rata harian per bulan, konsentrasi SO₂ yang melebihi nilai BMUA nasional hingga 100% tercatat di DKI2 Kelapa Gading bulan November, dan di DKI3 Jagakarsa bulan September-November. Lokasi DKI4 Lubang Buaya dan DKI 5 Kebon Jeruk tidak ada yang melebihi BMUA 24 jam (Gambar 130). Terjadi peningkatan yang konsisten di Kelapa Gading dan Jagakarsa, hingga bulan November. Sementara itu di DKI1 Bundaran HI, konsentrasi SO₂ mengalami penurunan dari bulan Februari.



Gambar 130 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m³)

Berdasar keseluruhan data konsentrasi SO₂ di SPKU meningkat dari awal tahun hingga akhir tahun, kecuali di Bundaran HI (Gambar 131). Konsentrasi SO₂ rata-rata bulanan selama tahun 2024 sudah melampaui BMUA 1 tahun sebesar 45 µg/m³, terutama di DKI2 Kelapa Gading Januari-Desember), DKI3 Jagakarsa (Februari-Desember) dan DKI4 Lubang Buaya (Juli-Desember). Kondisi ini perlu mendapat perhatian terkait sumber-sumber emisi SO₂ di sekitar pemantauan.



Gambar 131 Konsentrasi rata-rata harian SO₂ per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU

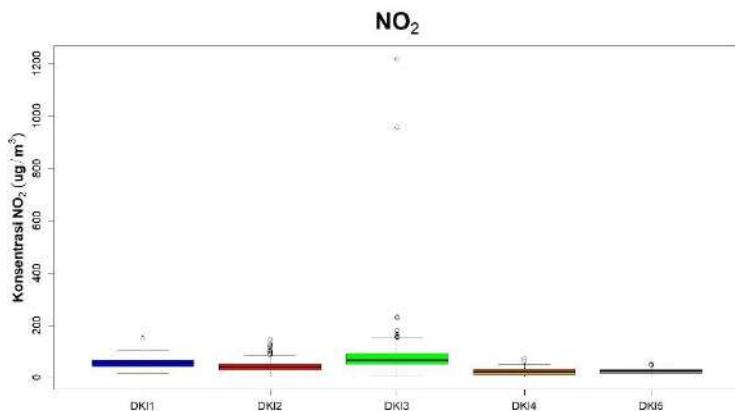
3.1.4. Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida dikenal sebagai gas yang berwarna coklat kemerahan, dengan bau asam menyengat, dan sangat reaktif, serta larut dalam air (USEPA 2016; WHO 2000). Dampak NO₂ terhadap kesehatan, antara lain meningkatkan reaktivitas *bronchial*, baik pada subjek normal maupun penderita asma. Pada anak-anak dapat meningkatkan infeksi saluran pernafasan serta menurunkan kemampuan paru-paru dalam melawan serangan bakteri (MfE 2018). Penelitian terbaru menunjukkan dampak NO₂ terhadap kanker paru-paru (American Lung Association 2020). Bagi lingkungan, NO₂ adalah prekursor dalam pembentukan Ozon, serta berdampak terhadap penurunan jarak pandang (WHO 2000).

Nitrogendioksida (NO₂) merupakan pencemar yang juga memiliki hubungan erat dengan emisi dari pembakaran bahan bakar minyak seperti kendaraan bermotor dan juga industri (USEPA 2016). Pembentukan NO₂ sangat berkaitan dengan konsentrasi NO, karena NO akan segera teroksidasi menjadi NO₂ saat memasuki atmosfer (WHO 2000). Selanjutnya pencemar NO dan NO₂ dikenal sebagai NOx di atmosfer. Oleh karena itu fluktuasi NO₂ akan

sangat berkaitan dengan fluktuasi NO dan NOx. Selain itu, keberadaan NOx (NO dan NO₂) sangat memengaruhi pembentukan O₃, sehingga polutan NOx menjadi penting untuk diperhatikan fluktuasinya.

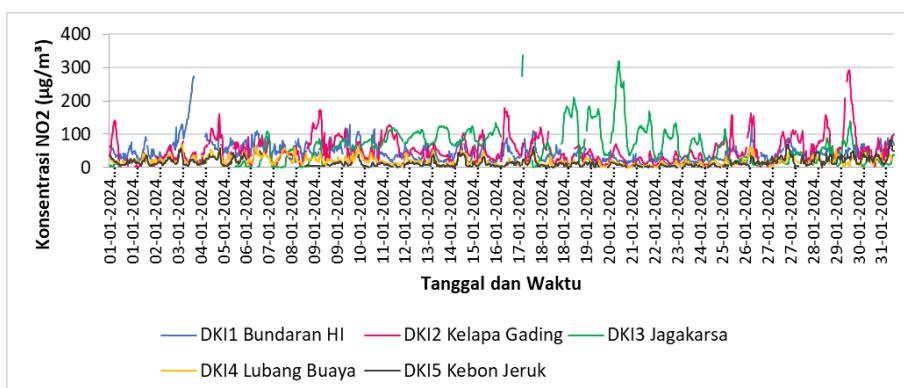
Hasil pemantauan pada 5 SPKUA DLH DKI Jakarta menunjukkan nilai kisaran konsentrasi NO₂ pada tahun 2024 terukur sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Nilai median konsentrasi rata-rata terendah di DKI4 Lubang Buaya dan tertinggi di DKI3 Jagakarsa. Kisaran nilai konsentrasi NO₂ di DKI3 Jagakarsa memiliki rentang nilai yang lebar, hal ini menunjukkan nilai konsentrasi NO₂ beragam dari nilai terendah hingga tertinggi, dan tercatat data pencilan. Sedangkan di DKI5 Kebon Jeruk memiliki rentang nilai lebih sempit yang menunjukkan nilai konsentrasi terukur lebih stabil pada nilai tertentu (Gambar 132).



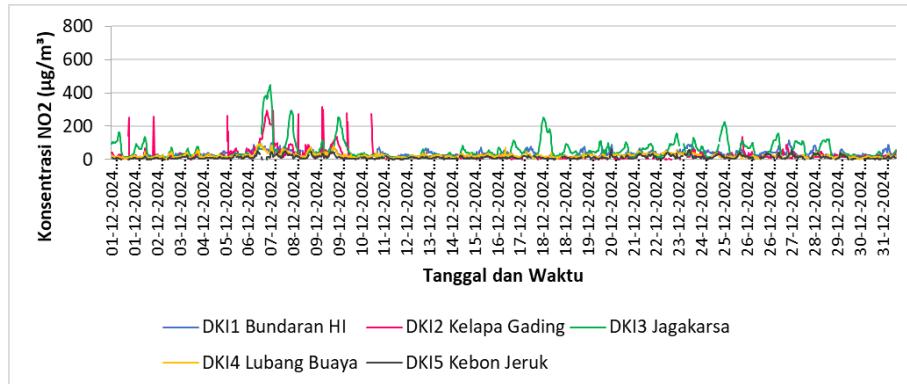
Gambar 132 Kisaran konsentrasi NO₂ harian antar lokasi pemantau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di 5 SPKUA DKI Jakarta sangat bervariasi antar lokasi (Gambar 133 dan 134). Konsentrasi tertinggi yang terukur terjadi pada bulan Februari sebesar >600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI3 Jagakarsa. Perlu ditelaah kondisi saat tersebut, apakah ada sumber emisi yang mempengaruhi. Pola fluktuasi secara umum yang hampir sama adalah DKI2 Kelapa Gading, DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk. DKI1 Bundaran HI dan DKI3 Jagakarsa memiliki pola fluktuasi yang berbeda. Pada musim hujan (bulan Februari) terdapat kecenderungan konsentrasi NO₂ lebih rendah dibanding bulan lain.

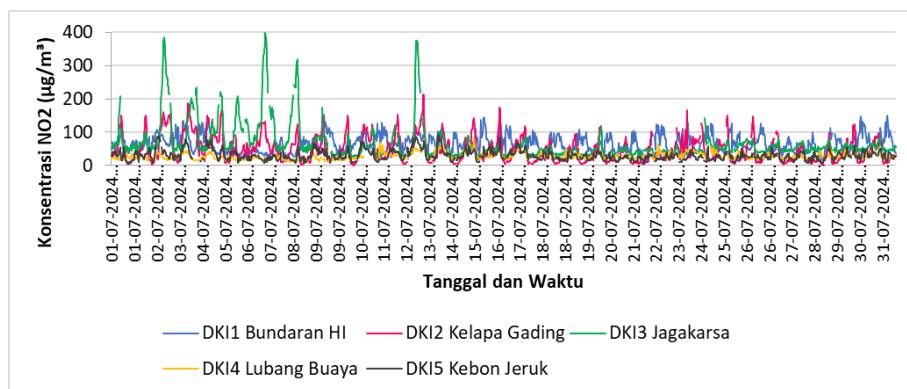


Gambar 133 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024

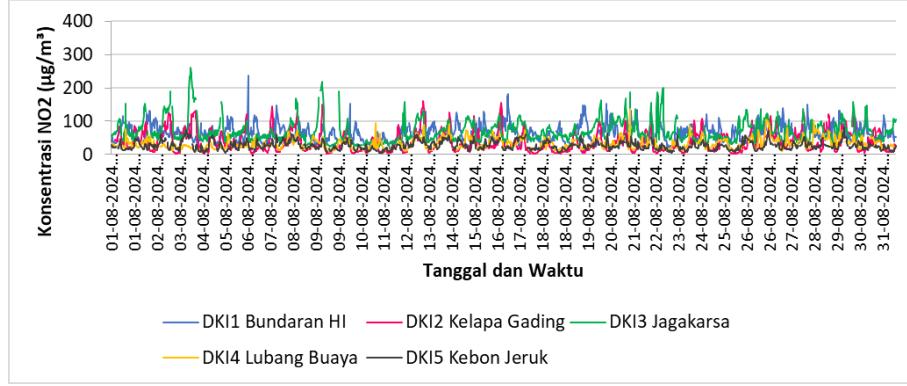


Desember

Gambar 133 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024



Juli



Agustus

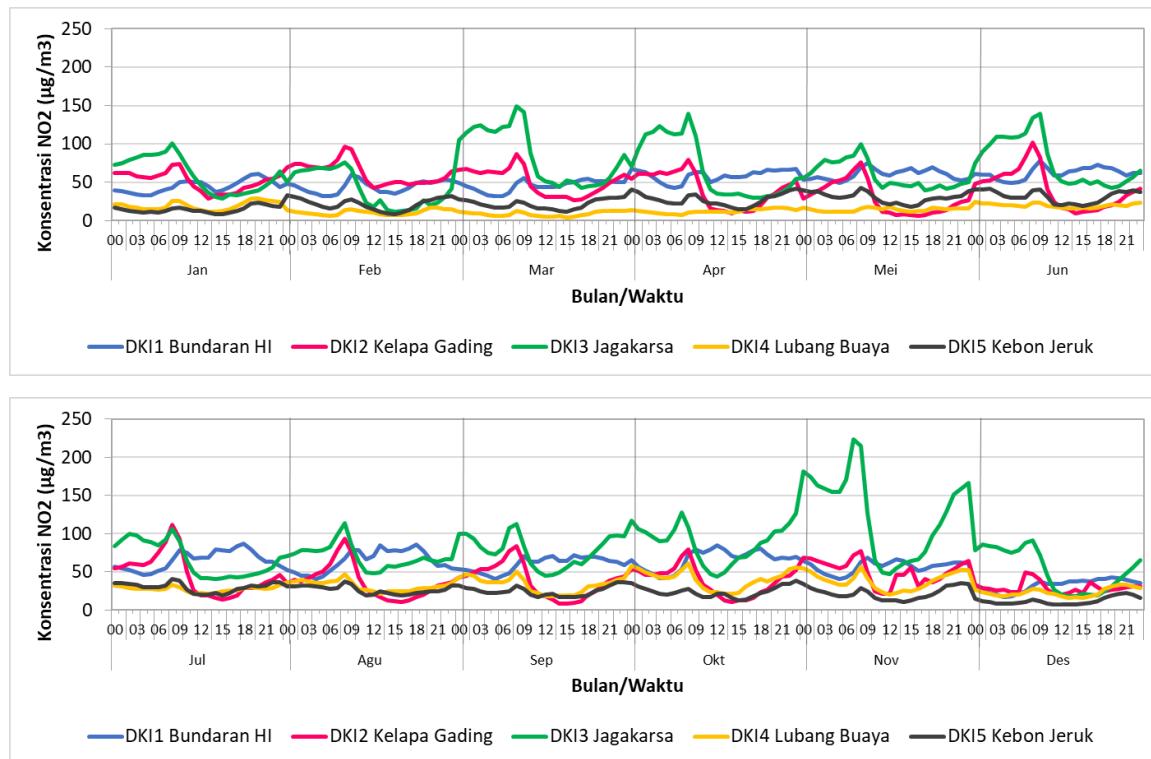
Gambar 134 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi NO₂ diurnal (rata-rata per jam)

Pola diurnal rata-rata per jam konsentrasi NO₂ di Jakarta mirip seperti pola diurnal CO, dengan peningkatan konsentrasi pada jam 7-9 pagi. Secara umum konsentrasi meningkat pada malam hari, menurun pada siang hari, dan terdapat peningkatan sesaat dengan konsentrasi maksimum pada pagi hari sekitar pukul 08.00 di setiap lokasi (Gambar 135). Konsentrasi NO₂ jam 00.00-08.00 WIB tertinggi terjadi di DKI3 Jagakarsa.

Peningkatan sesaat pada pagi hari dapat dihubungkan dengan aktivitas kendaraan bermotor menjelang jam kerja masyarakat. Pola fluktuasi diurnal mengalami perubahan antar bulan dan antar lokasi. Konsentrasi NO₂ di DKI4 Lubang Buaya merupakan yang

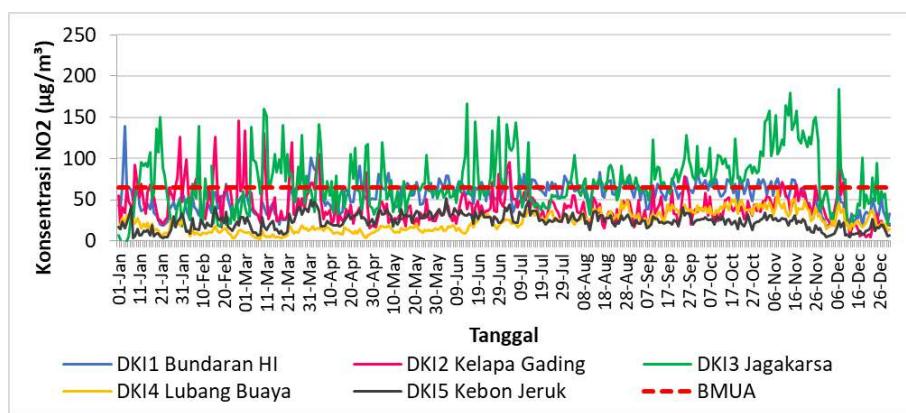
terendah dibandingkan lokasi lainnya selama bulan Februari-Juni, sementara lokasi DKI1 Kebon Jeruk cenderung memiliki konsentrasi terendah selama bulan Juli-Oktober. Di DKI1 Bundaran HI, konsentrasi NO₂ siang hari tetap tinggi, tidak menurun secara drastis, sesuai dengan lokasi sekitarnya yang merupakan lokasi yang ramai dengan kendaraan bermotor.



Gambar 135 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ per bulan tahun 2024

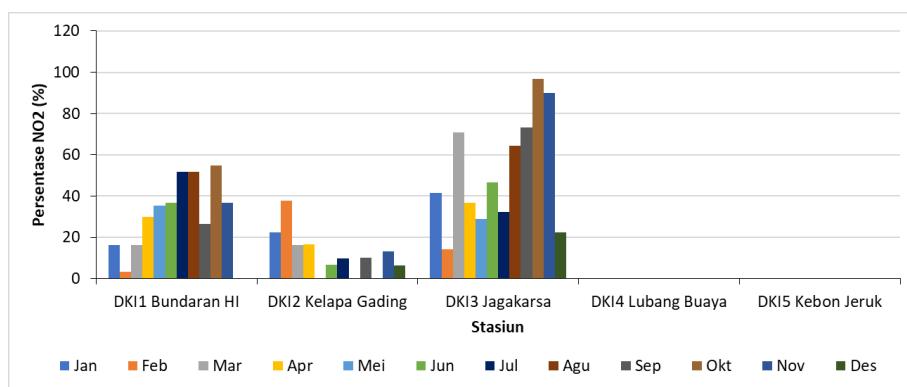
Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Mutu udara berdasar konsentrasi NO₂ di Jakarta dapat dilihat melalui perbandingan nilai rata-rata konsentrasi harian terhadap nilai BMUA 24 jam, yaitu sebesar 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi rata-rata harian NO₂ di DKI3 Jagakarsa cenderung melampaui BMUA 24 jam (Gambar 136). Konsentrasi rata-rata NO₂ terendah tercatat di DKI4 Lubang Buaya, dan memiliki fluktuasi yang rendah. Terdapat penurunan konsentrasi pada akhir tahun di semua lokasi pemantauan.



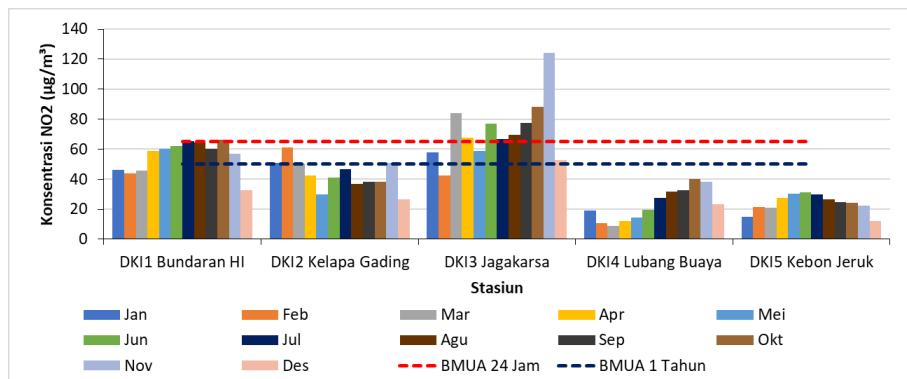
Gambar 136 Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian tahun 2024

Jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata harian NO_2 melebihi nilai BMUA 24 jam terdapat di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, serta DKI3 Jagakarsa. Lokasi DKI3 Jagakarsa mempunyai persentase hari melebihi BMUA lebih tinggi dibanding lokasi lain (Gambar 137). Bundaran HI dan kelapa Gading merupakan lokasi yang dekat dengan jalan raya yang padat lalu lintas, sehingga potensi sumber emisi terbesarnya adalah kendaraan bermotor. Namun untuk DKI3 seharusnya tidak terpengaruh oleh aktivitas kendaraan dikarenakan lokasinya di tengah kebun, kemungkinan ada aktivitas lain yang menyebabkan peningkatan konsentrasi NO_2 di wilayah tersebut, yang harus ditelaah lebih lanjut.



Gambar 137 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO_2 rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 tahun 2021; $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Konsentrasi NO_2 rata-rata per bulan cukup berfluktuasi (Gambar 138). Secara umum pola konsentrasi NO_2 rata-rata per bulan di DKI1 Bundaran HI sama dengan di DKI4 Lubang Buaya, cenderung meningkat dari bulan Februari hingga Oktober, dan di semua lokasi menurun pada bulan Desember. Konsentrasi rata-rata harian NO_2 tertinggi terukur di DKI3 Jagakarsa sedangkan terendah di DKI4 Lubang Buaya.



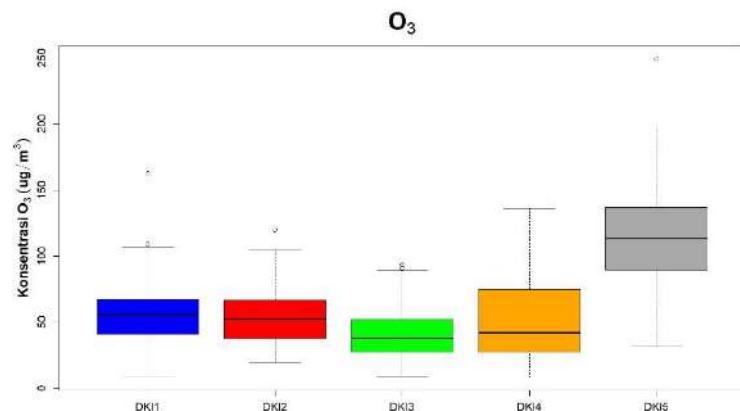
Gambar 138 Konsentrasi rata-rata harian NO_2 per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU

3.1.5. Ozon (O_3)

Ozon merupakan gas pencemar yang tidak berwarna dan tidak berbau pada kondisi standar, namun akan menjadi keunguan jika mixing rasionalnya meningkat dan pada mixing rasio > 0.02 ppmv akan menimbulkan bau (Jacobson 2012). Dampak O_3 di permukaan membahayakan makhluk hidup dan juga bahan bangunan. Ozon dapat menimbulkan gejala sakit kepala saat mencapai > 150 ppbv, sakit dada saat > 250 ppbv, dan gangguan nafas saat > 300 ppbv. Paparan dalam jangka panjang dapat menyebabkan penyakit paru-paru.

Ozon merupakan pencemar udara sekunder yang terbentuk dengan adanya senyawa nitrogen oksida dan VOC dibantu energi radiasi matahari. Radiasi matahari menjadi pendorong utama pembentukan O_3 pada saat sudah tersedia prekursor di atmosfer. Adapun prekursor atau senyawa utama dalam pembentukan Ozon adalah NOx, VOC dan juga CO serta CH_4 (Shadiq *et al.* 2017). Di perkotaan dengan suhu udara yang tinggi, pada umumnya reaksi pembentukan O_3 tinggi dengan sumber emisi prekursornya didominasi dari kendaraan bermotor. Namun menurut Sharkey *et al.* (2008), Shadiq *et al.* (2017) dan Fitzky *et al.* (2019), pembentukan O_3 juga dapat dipengaruhi oleh BVOC yaitu VOC bersumber biogenik atau vegetasi di sekitar lokasi pemantauan. Vegetasi tersebut melepaskan prekursor Ozon yaitu VOC, berupa *isoprene* (C_5H_8). Hal ini memerlukan penelaahan lebih lanjut kontribusi vegetasi di sekitar lokasi pemantauan.

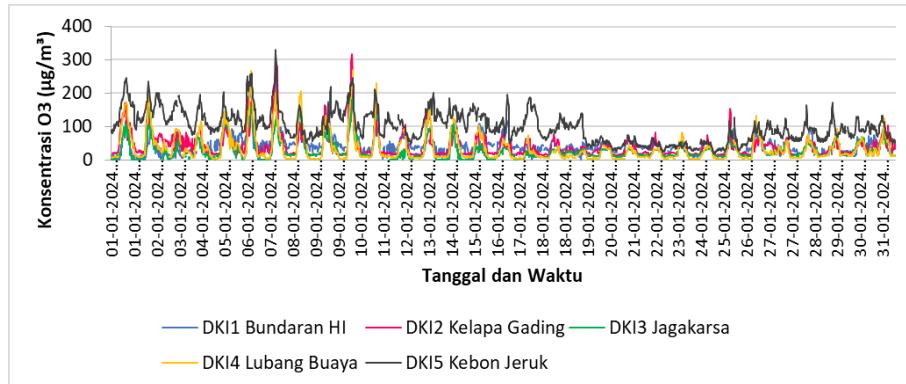
Data konsentrasi O_3 harian menunjukkan kisaran tertinggi sekaligus nilai median terbesar di DKI5 Kebon Jeruk dan nilai median terdapat pada DKI4 Lubang Buaya (Gambar 139). Sementara itu, rentang data terbesar terdapat pada DKI5 Kebon Jeruk dan terendah terdapat pada DKI3 Jagakarsa. Di lokasi DKI5 Kebon Jeruk yang terbuka menyebabkan kelimpahan radiasi matahari terukur dan tidak terhalang vegetasi ataupun bangunan.



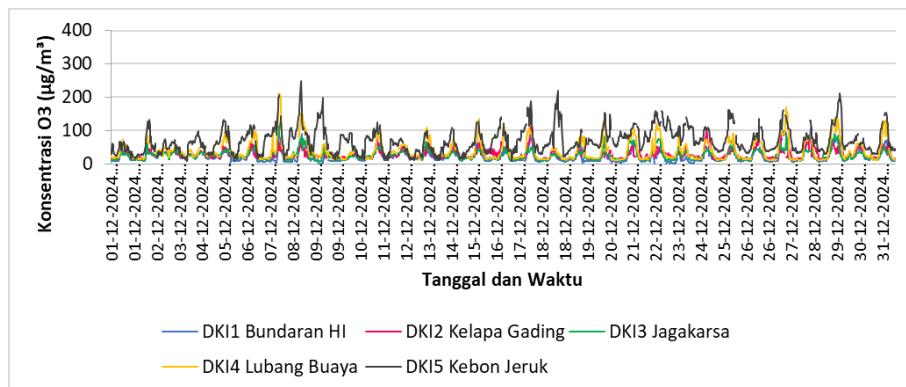
Gambar 139 Kisaran konsentrasi O_3 harian antar lokasi pemantau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi O_3 per 30 menit

Konsentrasi O_3 hasil pengukuran tahun 2024 menunjukkan nilai yang fluktuatif, terutama mengikuti waktu siang dan malam. Konsentrasi Ozon tertinggi yang tercatat di DKI5 Kebon Jeruk hampir mendekati $383 \mu g/m^3$ pada tanggal 20 Februari. Namun, secara keseluruhan pada bulan Februari curah hujan cukup tinggi, sehingga pembentukan O_3 terganggu oleh tingkat keawanan tinggi, radiasi terhalang oleh awan. Pada bulan Maret-Juni terdapat peningkatan pembentukan O_3 , yang dipengaruhi keberlimpahan radiasi matahari, di wilayah DKI Jakarta, dengan posisi di 6° Lintang Selatan. Pada bulan Juli dan Agustus memasuki musim kemarau pembentukan awan rendah, sehingga radiasi matahari tidak mendapat halangan, pembentukan O_3 menjadi meningkat (Gambar 141).

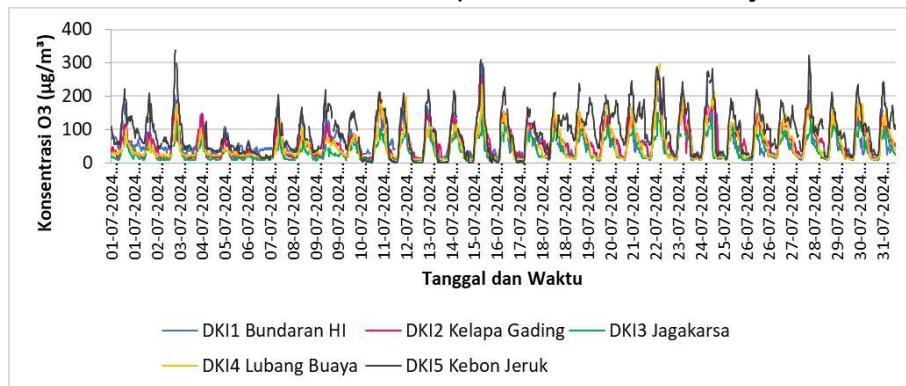


Januari

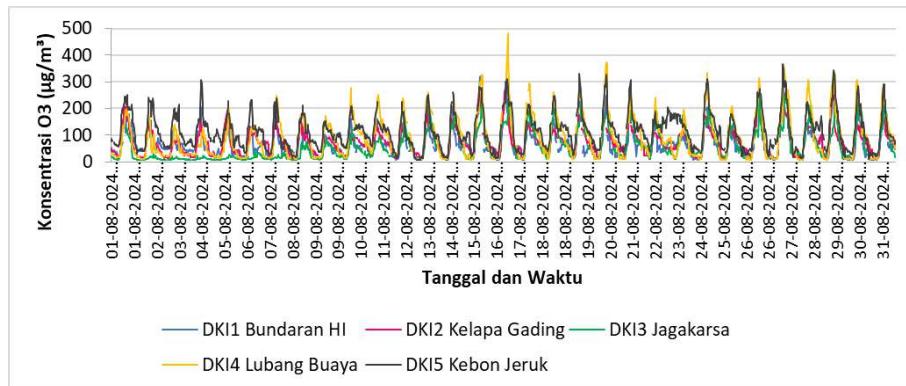


Desember

Gambar 140 Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit musim hujan tahun 2024



Juli



Agustus

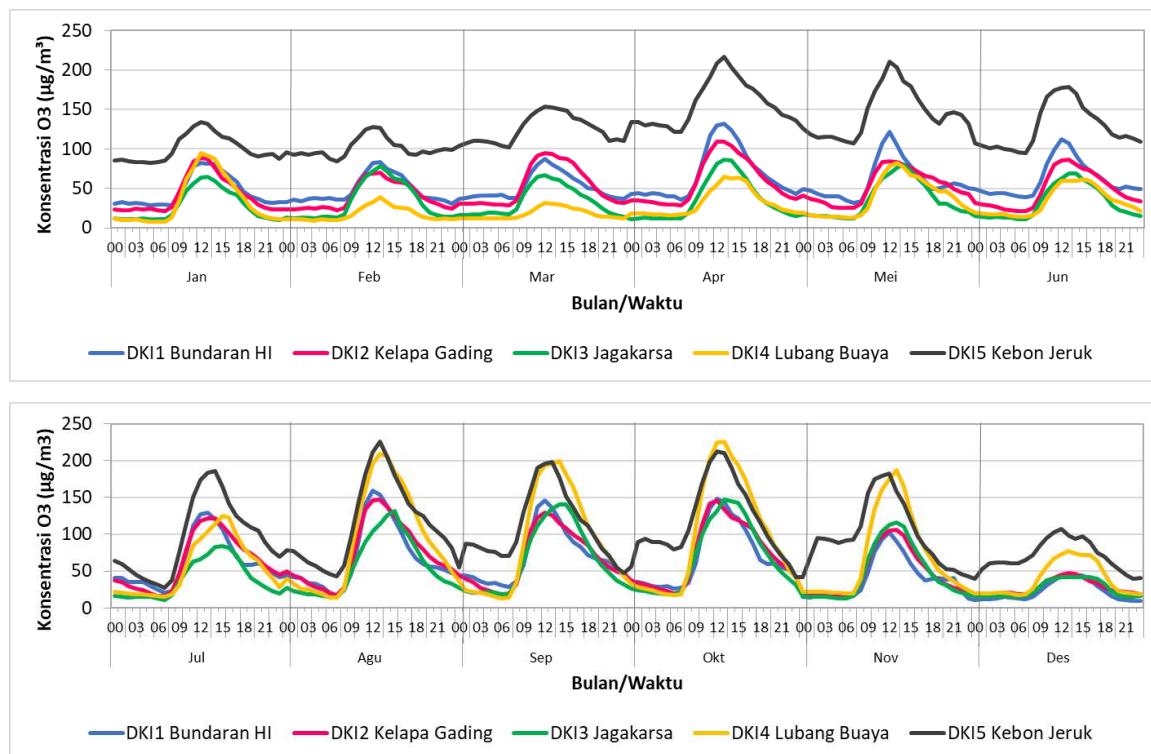
Gambar 141 Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi O₃ diurnal rata-rata per jam

Pola fluktuasi diurnal konsentrasi O₃ ditunjukkan pada Gambar 142. Seluruh SPKUA mempunyai pola yang sama, maksimum pada siang hari dan minimum pada malam hari. Konsentrasi tertinggi untuk fluktuasi diurnal terdapat di DKI5 Kebon Jeruk, kecuali pada bulan September-November di lokasi DKI4 Lubang Buaya mengalami konsentrasi tertinggi yang cenderung terjadi pada pukul 15.00-18.00 WIB. Menjelang malam terjadi penurunan seiring dengan tenggelamnya matahari dan radiasi mencapai nol, konsentrasi O₃ juga mendekati nol, terutama di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Namun konsentrasi O₃ di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk bernilai lebih dari 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ walaupun radiasi sudah mencapai nol.

Ozon sangat berkaitan erat dengan radiasi matahari, sehingga penurunan akan sangat jelas pada malam hari, namun pada beberapa kasus terjadi keterlambatan penguraian O₃ pada malam hari karena sebab-sebab tertentu. Menurut Plocoste *et al.* (2018), konsentrasi O₃ menurun akibat adanya efek titrasi oleh NO dan NO₂. Konsentrasi O₃ pada malam hari tidak turun hingga nol, tetapi stabil hingga pagi hari, karena efek titrasi berkurang akibat tercapainya fase ekuilibrium O₃, NO dan NO₂. Konsentrasi O₃ terendah malam hari tercatat di DKI4 Lubang Buaya, sedangkan tertinggi di Kebon Jeruk.

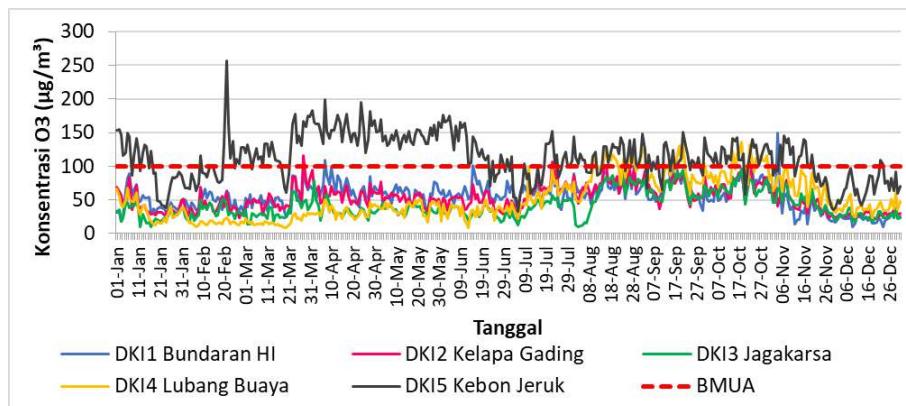
Nilai BMUA O₃ untuk 1 jam adalah sebesar 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Secara umum tidak ada yang melebihi BMUA 1 Jam di semua lokasi kecuali di DKI5 Kebon Jeruk pada siang hari sudah melebihi nilai BMUA tersebut. Nilai konsentrasi meningkat di siang hari mulai pukul 10 pagi, yaitu berkisar di atas 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari keseluruhan SPKUA, konsentrasi tertinggi berada pada pukul 12 siang hingga 13 siang.



Gambar 142 Fluktuasi diurnal konsentrasi O₃ tahun 2024

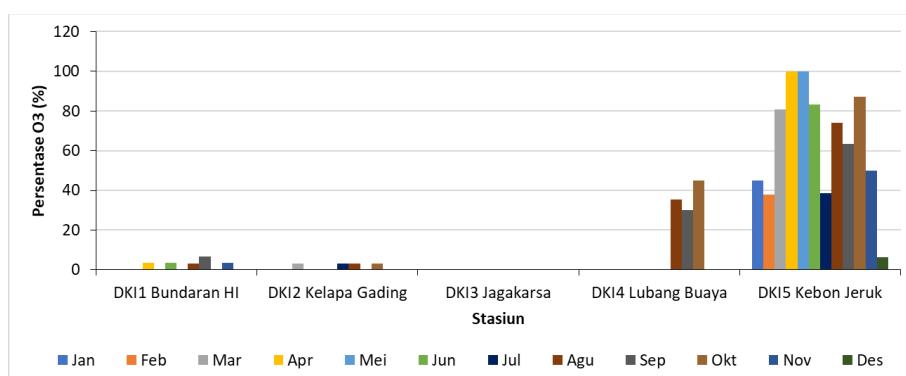
Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata siang hari dan perbandingan dengan BMUA

Konsentrasi O₃ rata-rata harian dalam hal ini dihitung berdasarkan data pukul 06.00 – 18.00 WIB. Hal ini agar memudahkan membandingkan dengan nilai BMUA 8 jam, sesuai peraturan mengenai BMUA Ozon yang tercantum dalam PP Nomor 22 tahun 2021 Lampiran VII. Konsentrasi 8 jam rata-rata per hari menunjukkan tiap bulan terdapat hari yang melampaui nilai BMUA 8 jam sebesar 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi O₃ tertinggi pada bulan Januari - Desember terukur di DKI5 Kebon Jeruk. Di lokasi DKI4 Lubang Buaya peningkatan konsentrasi yang signifikan tercatat selama bulan Juli-November (Gambar 143).



Gambar 143 Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata harian (8 jam) tahun 2024

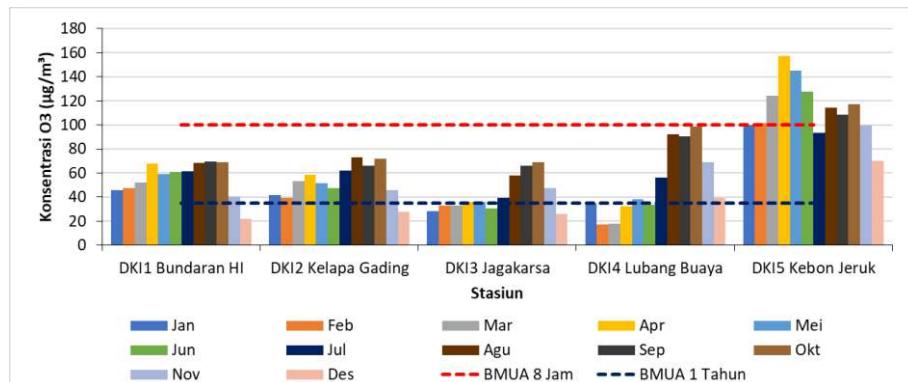
Persentase hari yang memiliki nilai rata-rata melebihi nilai BMUA selama Januari-Desember 2024 ditampilkan pada Gambar 144. Secara umum semua lokasi terdapat hari yang melebihi BMUA nasional untuk setiap bulannya, walaupun dengan jumlah bervariasi, kecuali di DKI3 Jagakarsa. Persentase jumlah hari yang melebihi BMUA tertinggi terjadi di DKI5 Kebon Jeruk.



Gambar 144 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Secara umum berdasarkan data rata-rata harian pada semua lokasi SPKUA menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi pada bulan April, rendah pada bulan Juli dan meningkat kembali hingga maksimal pada bulan Oktober. Di lokasi DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk rata-rata bulanan selama tahun 2024 telah melampaui nilai BMUA O₃ tahunan. Konsentrasi O₃ per bulan tertinggi terjadi pada bulan Oktober di semua lokasi SPKUA kecuali DKI5 Kebon Jeruk yang mengalami konsentrasi tertinggi pada bulan April. Konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember, kecuali di Lubang Buaya pada bulan

Februari. Konsentrasi O_3 pada bulan Desember di seluruh lokasi mengalami penurunan, hal ini dapat dihubungkan dengan musim hujan, keawanan tinggi sehingga proses pembentukan O_3 di permukaan terhambat oleh penurunan radiasi (Gambar 145).

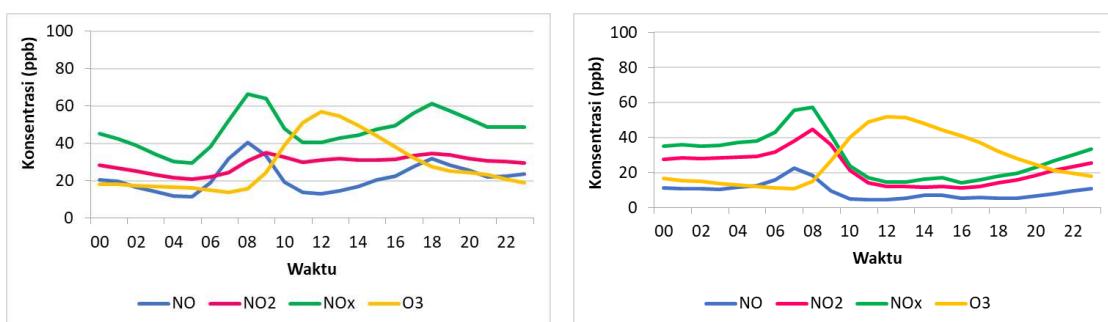


Gambar 145 Konsentrasi rata-rata harian O_3 per bulan tahun 2024 pada tiap SPKU

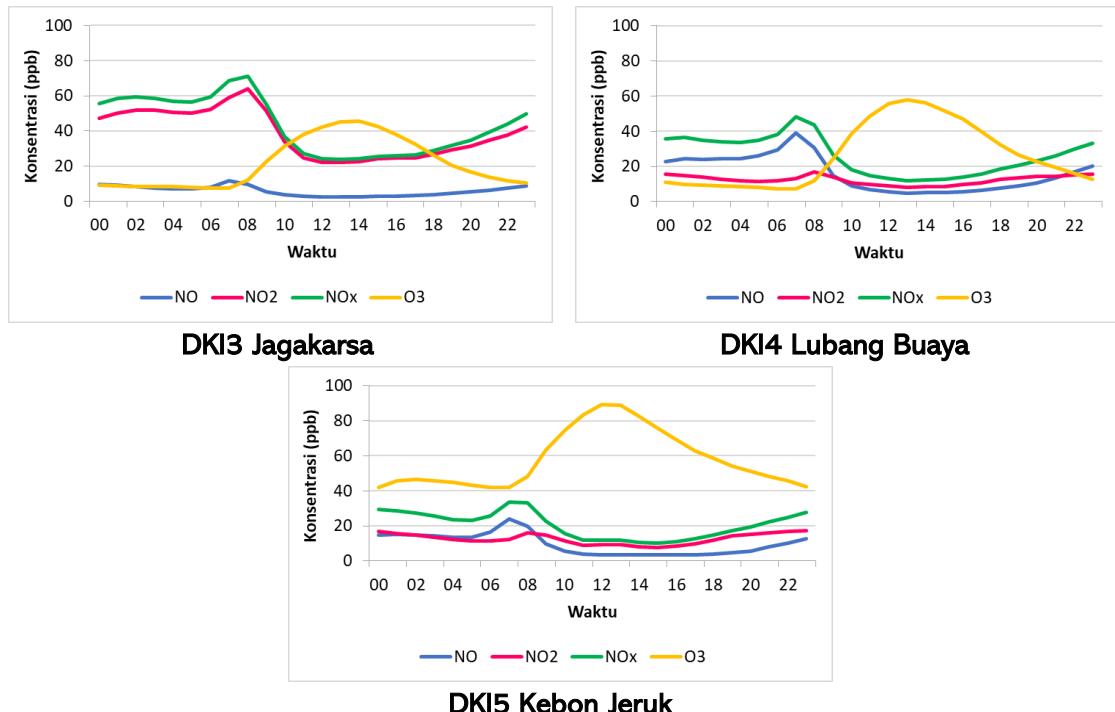
Pembentukan Ozon dengan precursor *biogenic* VOC (BVOC) perlu juga dipertimbangkan memberi kontribusi terhadap pembentukan O_3 . Namun pada data yang diukur di SPKUA parameter VOC tidak lengkap sehingga keterkaitannya dengan fluktuasi O_3 belum dianalisis.

Ozon merupakan pencemar sekunder yang dapat terbentuk oleh zat lain maka perlu dilihat hubungan dengan prekursornya. Beberapa prekursor Ozon diantaranya NO, NO_2 , dan NOx. Berdasar fluktuasi diurnal selama Januari-Desember tahun 2024 (Gambar 126), bahwa pola Ozon berbanding terbalik dengan prekursornya dalam hal ini NO, NO_2 , dan NOx. Namun, jika terdapat data yang lengkap dapat dilakukan analisis lanjut hubungan O_3 dan hidrokarbon maupun VOC.

Berdasar fluktuasi konsentrasi pada Gambar 146, pada siang hari saat terjadi kenaikan O_3 bersamaan dengan konsentrasi NO, NO_2 dan NOx menurun. Hal ini dimungkinkan karena NO, NO_2 dan NOx sebagai prekursor pembentukan O_3 .



Gambar 146 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO_2 , NOx, dan O_3 tahun 2024



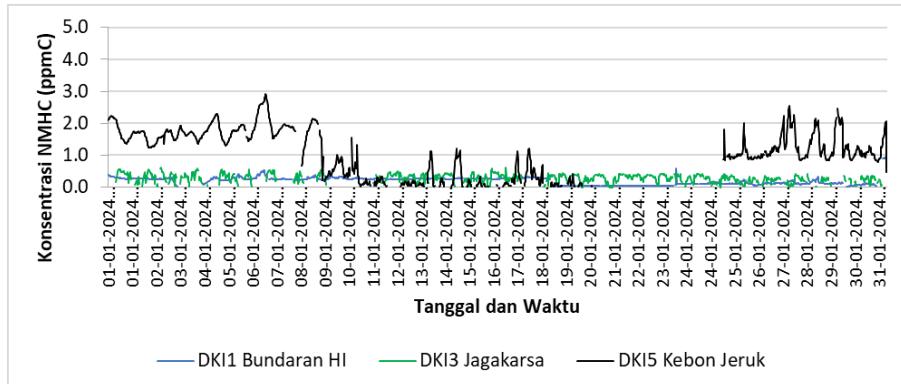
Gambar 146 lanjutan Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO₂, NOx, dan O₃ tahun 2024

3.1.6. Hidrokarbon (HC)

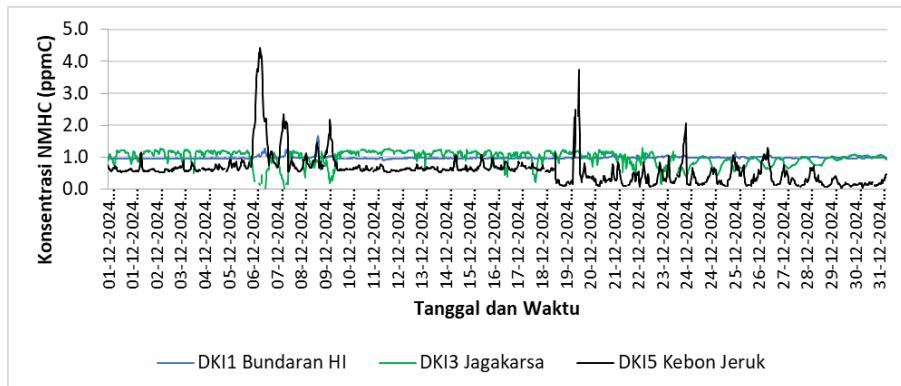
Hidrokarbon adalah senyawa yang terdiri dari hidrogen dan karbon. Salah satu yang diukur di perkotaan adalah non-metana (NMHC) yang merupakan bagian penting dari *Volatile Organic Compound* (VOC). Senyawa tersebut dapat mendorong aktivitas kimia atmosfer juga berkontribusi dalam pembentukan Ozon troposfer dan aerosol organik sekunder. NMHC berasal dari berbagai macam sumber antropogenik, pirogenik, dan biogenik. Di daerah perkotaan, sumber emisinya bisa dari emisi kendaraan, industri, dan penguapan pelarut (Kumar *et al.* 2020). Hidrokarbon dapat mempengaruhi kesehatan berbagai sistem organ tubuh, antara lain gangguan saluran pernafasan termasuk paru-paru, dan memicu gejala seperti asma atau yang dikenal sebagai *chemical pneumonitis* (Curtis *et al.* 2022). Selain itu hidrokarbon juga dapat menyebabkan efek dermatologis pada kulit.

Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit

Pengukuran hidrokarbon (HC) di DKI Jakarta tercatat di SPKUA DKI1 Bundaran HI, DKI3 Jagakarsa, dan DKI5 Kebon Jeruk. Tahun 2024 ini terdapat penambahan data HC di 2 SPKUA dibandingkan tahun sebelumnya. Konsentrasi per 30 menit tertinggi tercatat pada 23 Maret di DKI5 Kebon Jeruk sebesar 4.42 ppmC. Konsentrasi NMHC di DKI1 Bundaran HI relatif lebih stabil dibandingkan 2 SPKUA lainnya, sementara yang DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk fluktuatif, terutama pada bulan Januari dan Desember (musim hujan) (Gambar 147). Sedangkan pada musim kemarau (Juli-Agustus), fluktuasi HC relatif stabil, kecuali di DKI5 Kebon Jeruk, lebih fluktuatif dibanding 2 lokasi lain.

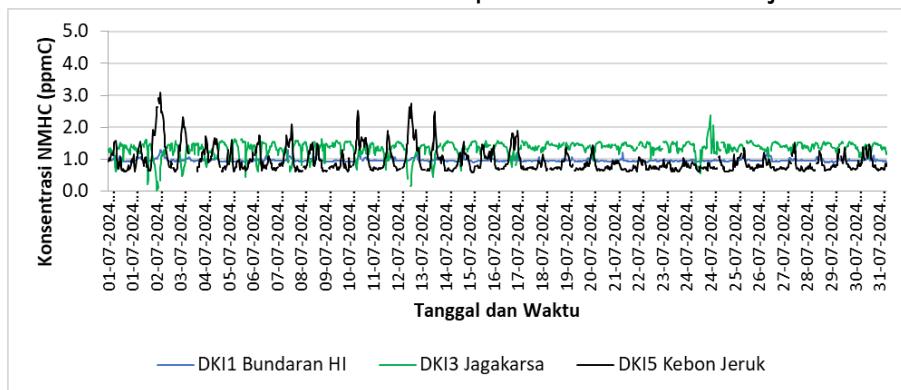


Januari

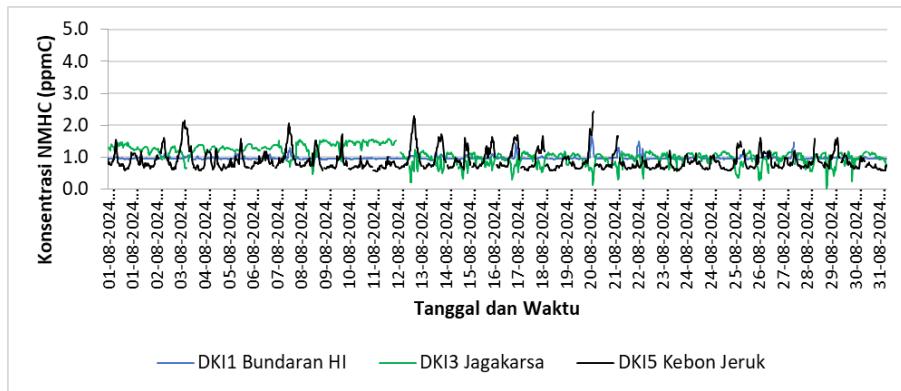


Desember

Gambar 147 Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit musim hujan tahun 2024



Juli

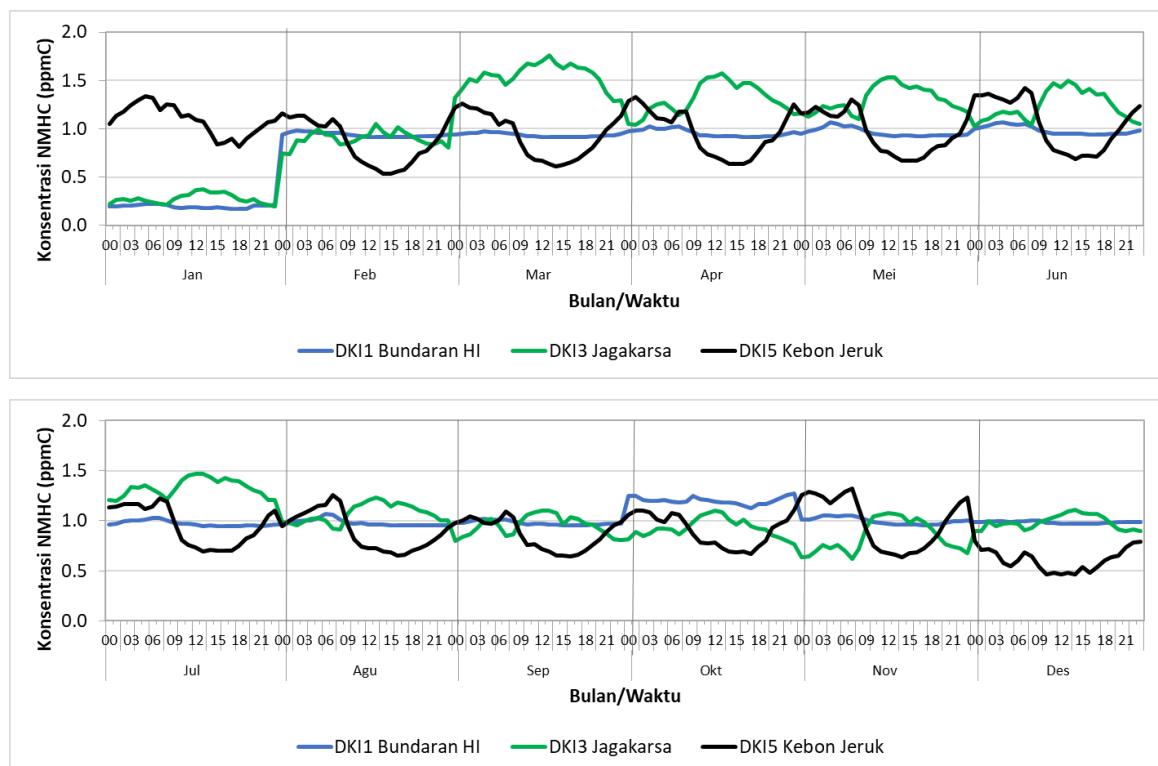


Agustus

Gambar 148 Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi diurnal NMHC

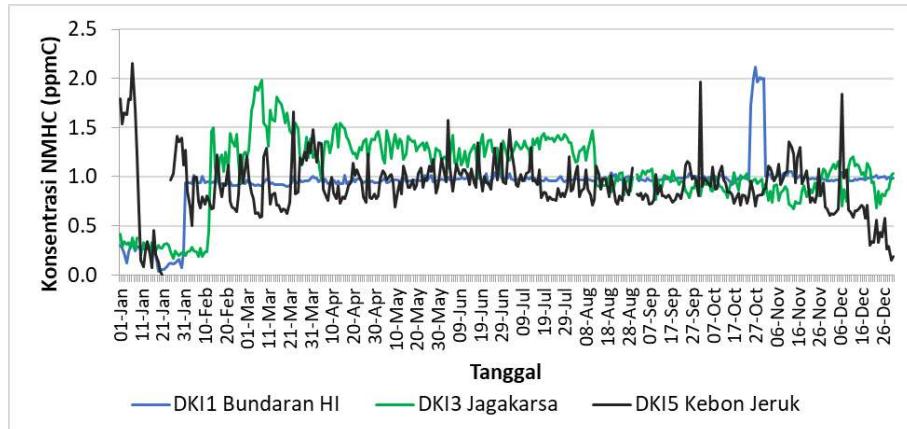
Pola diurnal hidrokarbon dalam hal ini diwakili oleh NMHC cenderung konstan di DKI1 Bundaran HI. Terdapat pola yang berbanding terbalik antara DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk. Di DKI3 Jagakarsa konsentrasi NMHC meningkat pada siang hari sementara di DKI5 Kebon Jeruk mengalami penurunan. Puncak konsentrasi tertinggi NMHC terukur pada bulan Maret, dengan konsentrasi rata-rata per jam tertinggi di mencapai 1.8 ppmC. Gambar 149 menunjukkan bahwa DKI3 Jagakarsa mempunyai nilai konsentrasi diurnal tertinggi diantara SPKUA lainnya kecuali pada bulan Januari dan Oktober. Pada bulan Januari, DKI5 Kebon Jeruk mempunyai nilai konsentrasi diurnal tertinggi sementara pada bulan Oktober DKI1 Bundaran HI mempunyai konsentrasi diurnal tertinggi.



Gambar 149 Fluktuasi diurnal hidrokarbon (NMHC)

Fluktuasi konsentrasi harian NMHC

Konsentrasi rata-rata harian NMHC pada bulan April-Juni relatif stabil dibandingkan bulan Januari-Maret kemudian bulan Agustus hingga Desember cenderung menurun kecuali DKI1 Bundaran HI pada bulan Oktober dan DKI5 Kebon Jeruk pada beberapa hari di bulan September dan Desember (Gambar 150). Konsentrasi NMHC di DKI1 Bundaran HI relatif lebih stabil selama tahun dibandingkan 2 SPKUA lainnya kecuali pada bulan Oktober. Konsentrasi NMHC pada bulan Februari-September di Jagakarsa lebih tinggi dibanding lokasi lainnya, selanjutnya menurun hingga bulan Januari.



Gambar 150 Konsentrasi harian NMHC tahun 2024

Fluktuasi Konsentrasi Diurnal Pencemar Udara per Pekan

Fluktuasi konsentrasi pencemar udara sangat dipengaruhi sumber emisi, sehingga analisis jumlah sumber emisi juga penting. Di kota besar seperti Jakarta sumber emisi transportasi lebih mendominasi, sehingga analisis fluktuasi konsentrasi per hari selama sepekan dilakukan untuk melihat pengaruh aktivitas masyarakat saat hari kerja dan hari libur.

Konsentrasi $PM_{2.5}$ fluktuatif secara diurnal dalam sepekan, pada hari Selasa, Kamis dan Sabtu dini hari terdapat lonjakan konsentrasi $PM_{2.5}$ di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 151). Secara umum, konsentrasi $PM_{2.5}$ menurun setelah pukul 18 di semua SPKUA dan meningkat di siang hari. Pada hari kerja tercatat peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ terutama memasuki Selasa dan Rabu, dan sedikit menurun pada hari Minggu.

Fluktuasi konsentrasi PM_{10} relatif sama selama sepekan, tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 151), terendah terukur di DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi PM_{10} meningkat pada hari Senin-Sabtu dan sedikit menurun pada Minggu. Terdapat lonjakan konsentrasi PM_{10} di DKI4 Lubang Buaya, sehingga meningkatkan pola fluktuasi per pekan pada hari Kamis dan Sabtu.

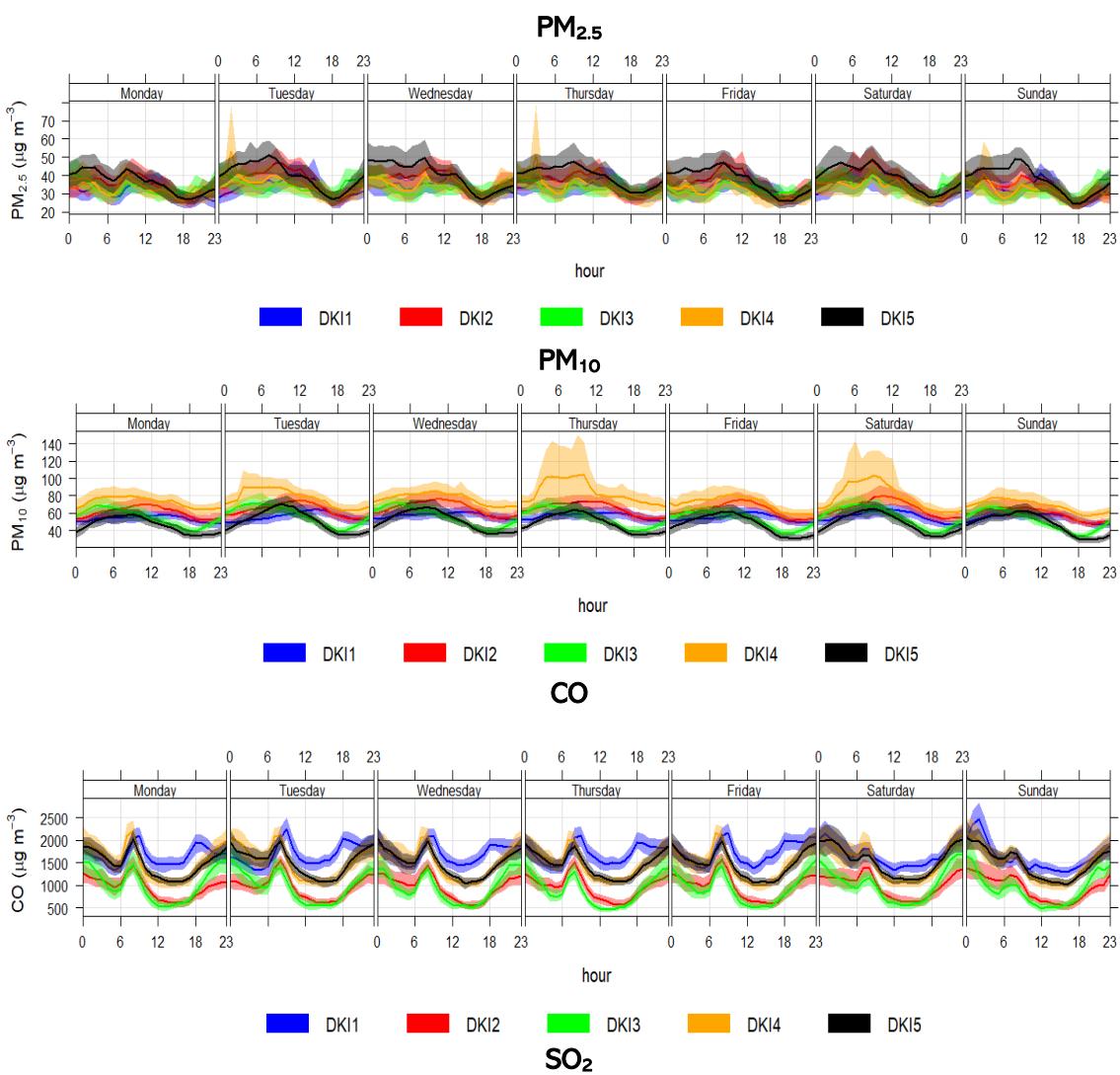
Pola konsentrasi CO relatif sama di semua SPKUA. Konsentrasi CO secara diurnal dalam sepekan tertinggi terukur di DKI1 Bundaran HI terutama dari siang sampai malam hari (jam 12 malam). Secara umum konsentrasi CO menurun saat siang hari dan naik saat malam sampai pagi hari. Sedangkan pola fluktuasi selama 24 jam relatif stabil dari Senin-Minggu, kecuali pada Minggu siang menjelang sore sedikit menurun.

Konsentrasi SO_2 antar hari selama sepekan tidak terlalu berfluktuasi kecuali di DKI1 Bundaran HI, hari Selasa dan Rabu terdapat peningkatan, hari Minggu sedikit menurun (Gambar 151). Konsentrasi SO_2 tertinggi di Jagakarsa dan Kelapa Gading, terendah di DKI1 Bundaran HI.

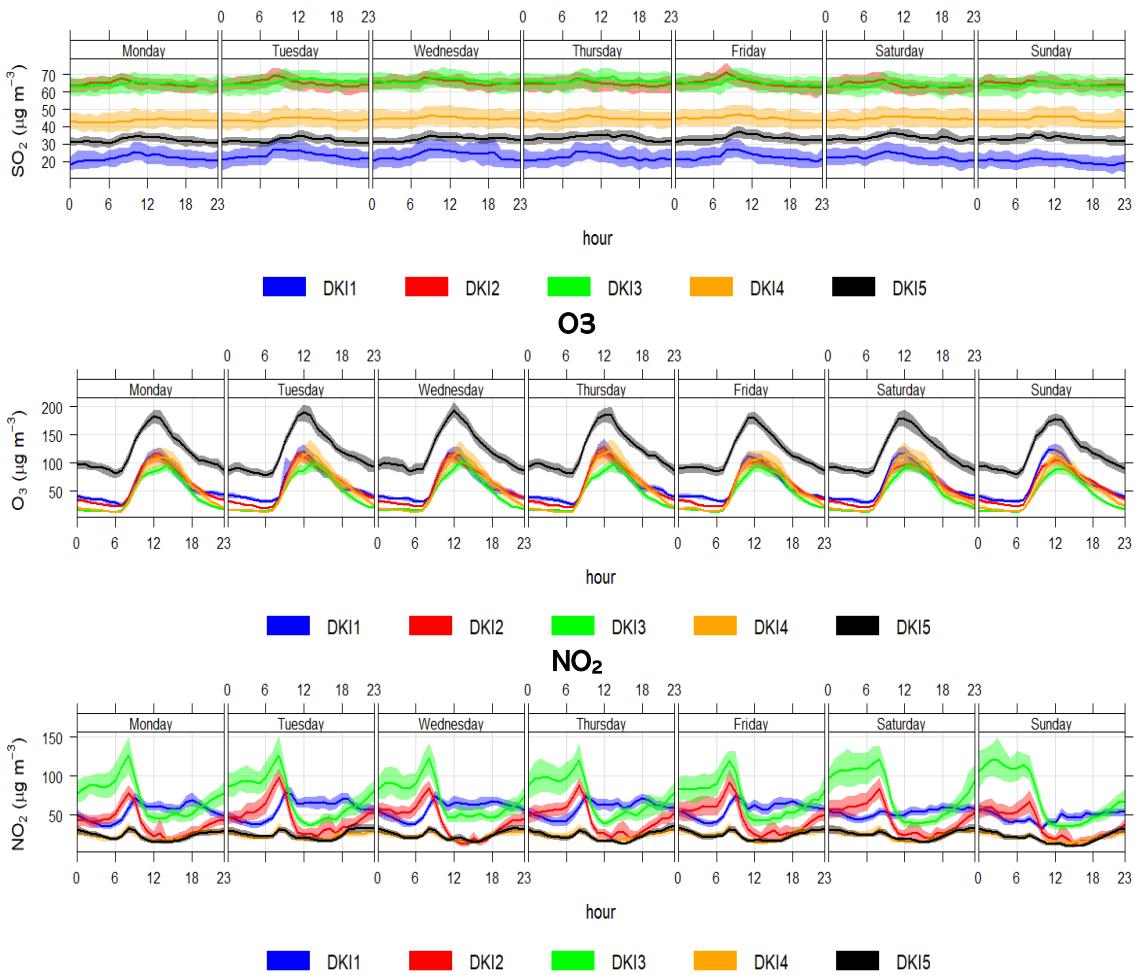
Konsentrasi O_3 sangat fluktuatif dan polanya hampir sama dari hari Senin-Minggu. Namun ada sedikit peningkatan konsentrasi maksimum pada hari Selasa dan Rabu di DKI5. Ozon merupakan polutan sekunder yang pembentukannya membutuhkan bantuan cahaya matahari melalui reaksi fotokimia, sehingga konsentrasi meningkat pada siang hari. Konsentrasi O_3 tertinggi terukur di DKI5 Kebon Jeruk dan terendah di DKI3 Jagakarsa serta DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi O_3 pada malam hari di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang

Buaya menurun di bawah $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, namun di 3 SPKUA lainnya tetap tinggi di atas $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Konsentrasi NO_2 cukup fluktuatif, konsentrasi tertinggi terukur di DKI3 Jagakarsa pada dini hari hingga jam 11 siang dan DKI1 Bundaran HI pada jam 12 siang sampai jam 18. Hal ini menunjukkan emisi NO_2 berasal dari kendaraan bermotor, di DKI3 Jagakarsa menjadi tertinggi saat dini hari padahal lokasi SPKUanya berada di dalam kebun pembibitan, hal ini perlu penelaahan lebih lanjut. Sementara di DKI1 Bundaran HI lokasinya dekat dengan jalan sehingga mempunyai konsentrasi tertinggi di antara SPKUA lainnya. Namun demikian, konsentrasi NO_2 terlihat menurun pada Sabtu-Minggu kecuali di DKI3 Jagakarsa terlihat lebih tinggi dibandingkan hari lainnya. Penurunan konsentrasi pada Sabtu-Minggu di sekitar Bundaran HI sejalan dengan hari libur dan pelaksanaan HBKB hari Minggu sehingga kendaraan yang melintas menurun.



Gambar 151 Konsentrasi polutan rata-rata per pekan pada 5 stasiun



Gambar 151 lanjutan Konsentrasi polutan rata-rata per pekan pada 5 stasiun

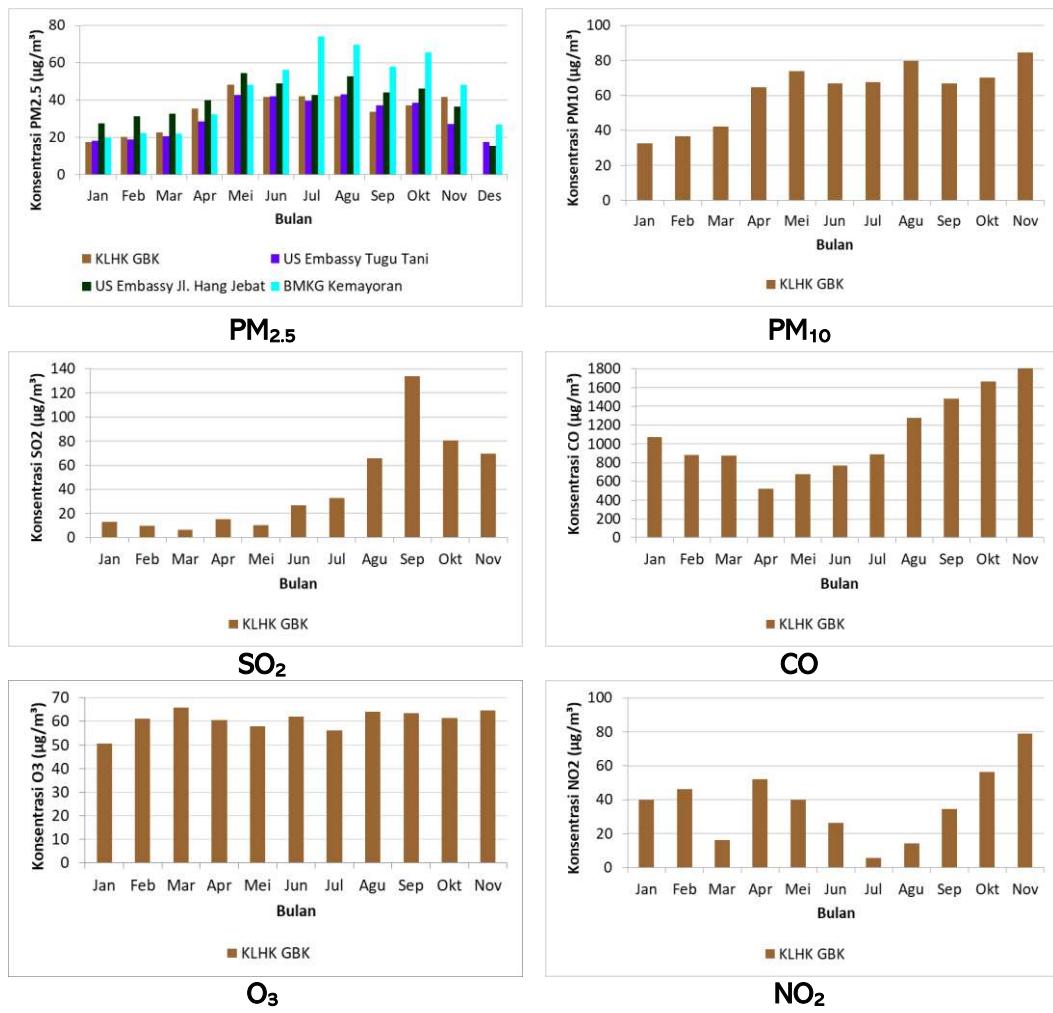
3.2. Kualitas Udara Berdasarkan Data Pemantauan Non DLH DKI (US Embassy, BMKG, KLHK dan WRI)

Pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh lembaga lain selain DLH Provinsi DKI Jakarta, yaitu Kedutaan Amerika Serikat (US Embassy Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan), KLHK (Gelora Bung Karno, Jakarta Pusat) dan BMKG (Kemayoran, Jakarta Pusat). Selain itu pengukuran PM_{2.5} juga dilakukan dengan menggunakan SPKU kerjasama dengan WRI, yang terdapat pada 3 lokasi yaitu di Marunda (Jakarta Utara), Kantor Walikota Jakarta Timur dan Kantor Walikota Jakarta Barat. Parameter yang diukur di masing-masing lokasi berbeda. US Embassy di Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan hanya mengukur PM_{2.5}, demikian pula data dari BMKG dan WRI hanya PM_{2.5}. Sementara SPKUA milik KLHK di Kawasan Stadion Gelora Bung Karno mengukur PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, NO₂, dan HC (Gambar 152).

Konsentrasi rata-rata bulanan PM_{2.5} US Embassy Jakarta Selatan yang diukur di Jl. Hang Jebat pada bulan Januari-Mei lebih tinggi dibandingkan lokasi lain, sedangkan BMKG Kemayoran lebih tinggi pada bulan Juni-Desember. Namun demikian, konsentrasi terendah tercatat di US Embassy Jakarta Pusat (Tugu Tani) pada bulan Februari-Mei, Juli dan November. Konsentrasi bulanan tertinggi pada bulan Juli sebesar 73 µg/m³ di BMKG Kemayoran, terendah pada bulan Desember di bawah 20 µg/m³ di US Embassy Jakarta

Selatan (Hang Jebat).

Konsentrasi rata-rata bulanan polutan lain yang ada di KLHK GBK (Gambar 152) menunjukkan PM_{10} tertinggi pada bulan November lebih dari $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah pada bulan Januari sebesar $32.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO_2 di tertinggi terdapat pada bulan September mencapai $134.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah pada bulan Maret sebesar $6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi CO tertinggi pada bulan Desember sebesar $1891. \mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah pada bulan April sebesar $519.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi O_3 tertinggi terdapat pada bulan Maret sebesar $65.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah pada bulan Januari $50.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi NO_2 tertinggi pada bulan November sebesar $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terendah bulan Juli sebesar $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

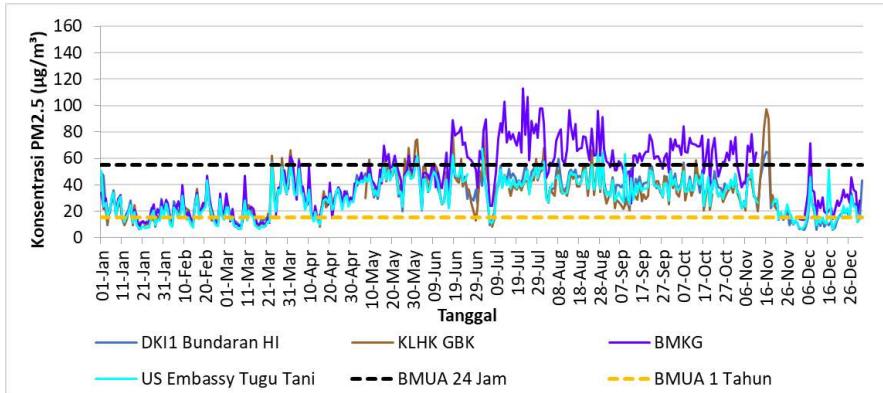


Gambar 152 Konsentrasi rata-rata per bulan pemantauan non DLH DKI 2024

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian $PM_{2.5}$ yang terukur di US Embassy Jakarta Pusat hampir sama dengan GBK maupun BMKG, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 153. Namun semenjak bulan Juni-Desember (kecuali bulan November) data BMKG lebih tinggi dibandingkan 2 lokasi lain. Jika dibandingkan dengan SPKUA DLH (DKI1 Bundaran HI), konsentrasi rata-rata harian $PM_{2.5}$ SPKUA non DLH relatif lebih tinggi (BMKG Kemayoran dan KLHK GBK).

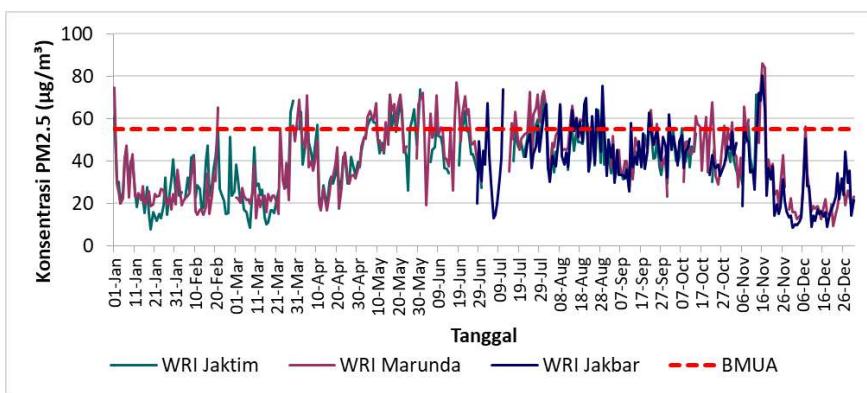
Data $PM_{2.5}$ di BMKG Kemayoran lebih tinggi pada bulan Juni-November serta akhir Desember. Pada awal bulan Januari konsentrasi $PM_{2.5}$ lebih rendah dibanding dengan

bulan-bulan lainnya. Perbedaan fluktuasi dapat dipengaruhi sumber emisi dan karakteristik lingkungan sekitar SPKUA.



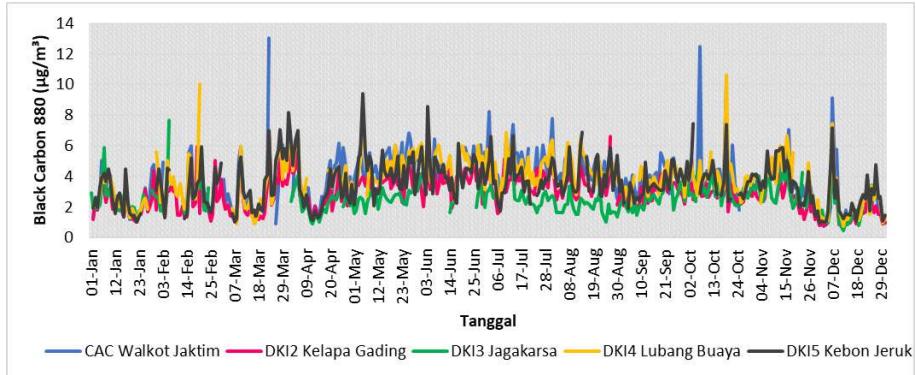
Gambar 153 Pola Fluktuasi data PM_{2.5} SPKUA non DLH DKI di Jakarta Pusat dibandingkan dengan SPKUA DLH DKI1 Bundaran HI

Hasil pemantauan PM_{2.5} dengan menggunakan alat SPKU milik mitra WRI, ditunjukkan oleh Gambar 154. Data pemantauan mulai terukur pada tahun 2024 di WRI Jaktim dan WRI Marunda, sementara di WRI Jakbar baru terukur pada akhir bulan Juni-Desember. Pola rata-rata harian PM_{2.5} memiliki pola umum yang hampir sama, namun Marunda relatif lebih tinggi dibanding di Jakarta Timur, tetapi ada beberapa waktu yang menunjukkan pola konsentrasi CAC Jakarta Timur lebih tinggi dibanding Marunda, seperti pada tanggal 23 Maret 2024, konsentrasi PM_{2.5} di CAC Kantor Walikota Jakarta Timur meningkat tajam hingga mencapai 116 µg/m³. Selain itu, pada akhir Juli hingga awal Oktober konsentrasi PM_{2.5} di WRI Jakbar lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Secara umum, konsentrasi PM_{2.5} di ketiga lokasi masih di bawah BMUA 24 jam pada bulan Januari hingga pertengahan Maret serta akhir November hingga Desember, bersamaan dengan musim hujan. Sebaliknya, pada musim kemarau konsentrasi PM_{2.5} telah melebihi nilai BMUA 24 jam.



Gambar 154 Konsentrasi PM_{2.5} SPKU WRI Marunda, Jakarta Barat, dan Jakarta Timur

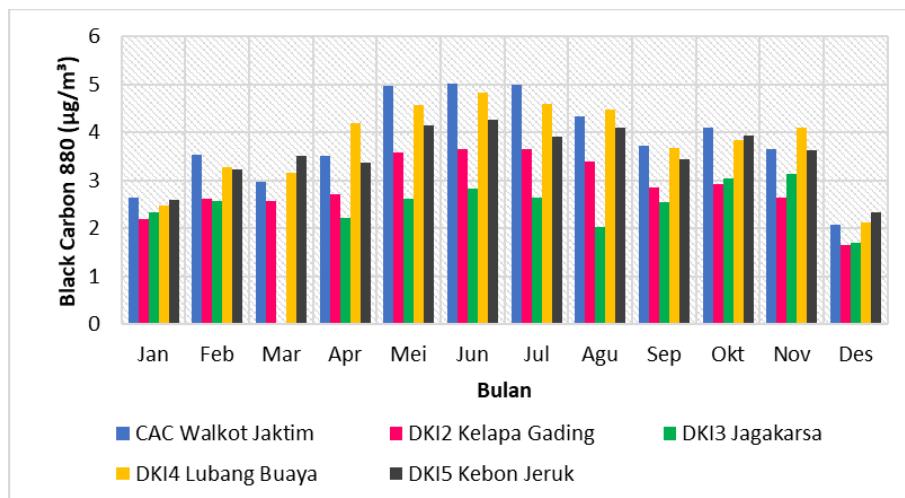
Selain data PM_{2.5}, terdapat data pemantauan berupa Black Carbon (BC), di 5 lokasi pemantauan yaitu Kantor Walikota Jakarta Timur, SPKUA DKI2 Kelapa Gading, SPKUA DKI3 Jagakarsa, SPKUA DKI4 Lubang Buaya, dan SPKUA DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 155). Konsentrasi per jam menunjukkan besaran yang hampir sama antar lokasi, namun terdapat pengukuran dengan konsentrasi yang meningkat signifikan pada 23 Maret di lokasi CAC Walikota Jakarta Timur sekitar 22 µg/m³, waktu yang sama dengan peningkatan konsentrasi PM_{2.5}.



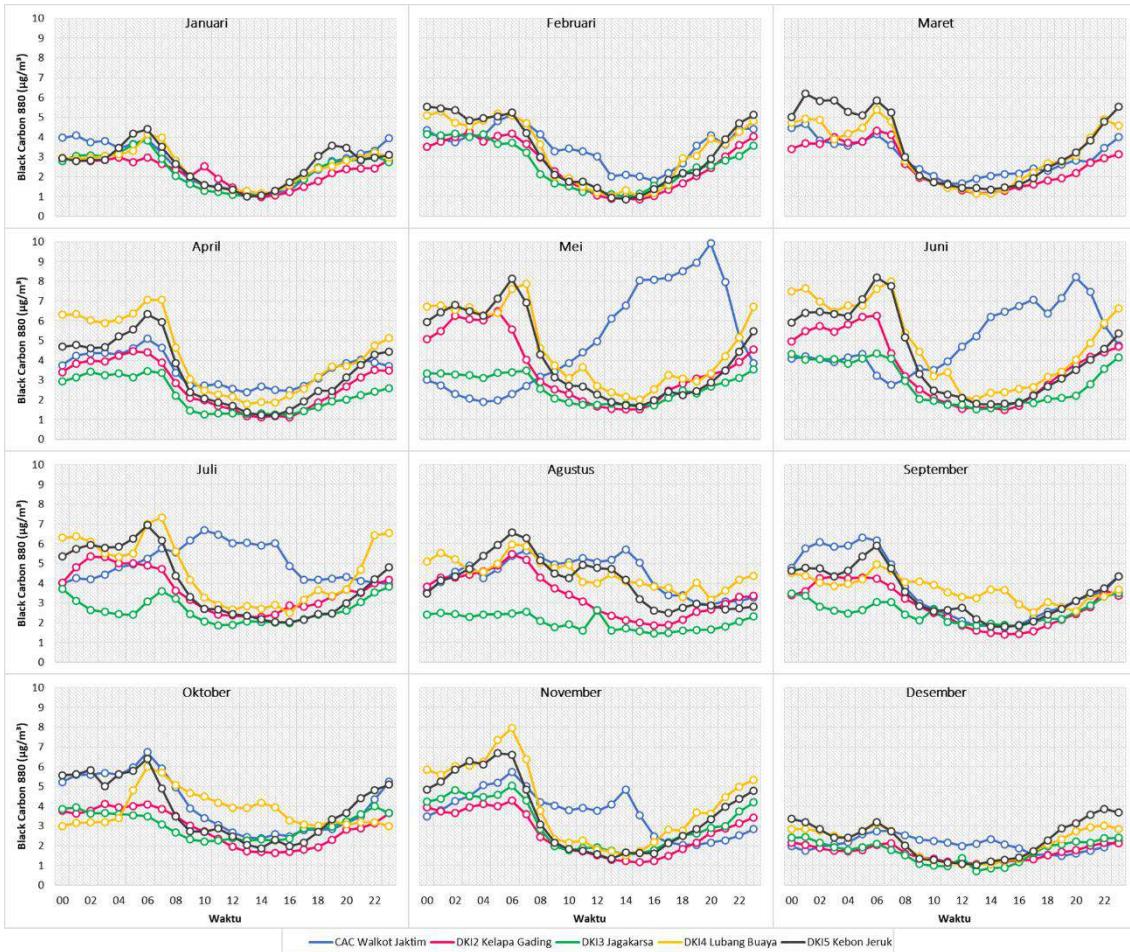
Gambar 155 Fluktuasi konsentrasi BC di 5 lokasi pemantauan tahun 2024

Konsentrasi bulanan BC tertinggi pada bulan Januari-Februari, Mei-Juli, September-Oktober terukur di lokasi CAC Walikota Jakarta Timur. Sementara itu, pada bulan April, Agustus dan November fluktuasi konsentrasi BC bulanan tertinggi di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi BC bulanan selama tahun 2024 masih dibawah $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 156).

Pola fluktuasi BC diurnal selama tahun 2024 secara umum menunjukkan pola yang mirip dengan pola fluktuasi diurnal partikulat. Konsentrasi BC mengalami peningkatan signifikan pada di sekitar pukul 5-7 pagi kemudian menurun pada siang hari dan kembali meningkat di malam hari (Gambar 157). Konsentrasi diurnal tertinggi siang hari terukur pada lokasi CAC Walikota Jakarta Timur terutama pada bulan Februari-Agustus dan November-Desember. Sementara itu, konsentrasi tertinggi malam hari umumnya terukur di DKI5 Kebon Jeruk. Pada bulan Juli-Agustus terdapat pola peningkatan konsentrasi BC pada siang hari.



Gambar 156 Konsentrasi Black Carbon rata-rata per bulan pada 5 lokasi pemantauan tahun 2024



Gambar 157 Fluktuasi diurnal konsentrasi *Black Carbon* pada 5 lokasi pemantauan tahun 2024

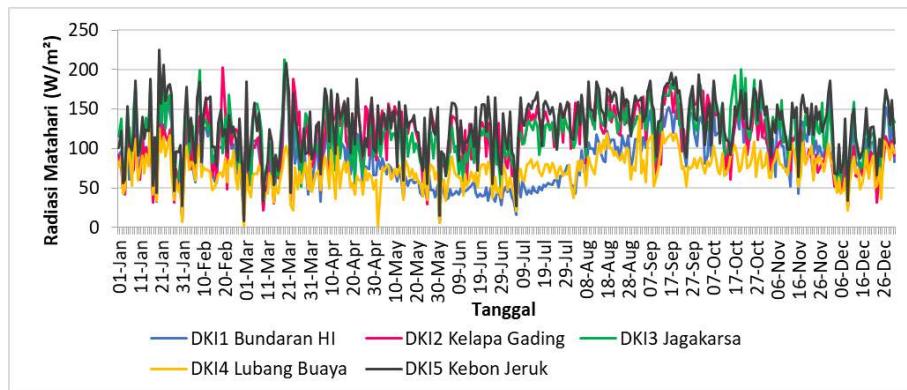
3.3. Analisis Kondisi Meteorologi

Faktor meteorologi merupakan faktor yang sangat penting mempengaruhi kondisi kualitas udara suatu wilayah. Fluktuasi konsentrasi pencemar udara selain dipengaruhi oleh fluktuasi sumber emisi, juga dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Kondisi meteorologi di wilayah DKI Jakarta tahun 2024 dipaparkan pada sub-sub bab selanjutnya.

3.3.1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan sumber energi di muka bumi, yang selanjutnya dapat memengaruhi pemanasan permukaan bumi, memengaruhi suhu udara, yang kemudian memengaruhi tekanan udara serta proses pergerakan massa udara. Di wilayah DKI Jakarta berdasar data dari SPKUA, fluktuasi radiasi rata-rata harian selama bulan Januari-Desember 2024, maksimum lebih dari 200 W/m². Besaran radiasi pada siang hari yang diterima permukaan kota akan sangat bergantung kepada kondisi keawanan ataupun kejadian hujan, sehingga fluktuasi pada siang hari sangat beragam antar lokasi pengamatan. Apabila diperhatikan dari Gambar 158, besaran radiasi global rata-rata harian di DKI4 Lubang Buaya cenderung lebih kecil dibanding lokasi lain sedangkan di DKI5 Kebon Jeruk lebih tinggi dibanding lokasi lainnya. Kondisi di sekitar pemantauan DKI5 Kebon Jeruk sangat

terbuka sehingga radiasi terukur maksimal, sedangkan di sekitar Lubang Buaya terdapat vegetasi yang dapat mengganggu penerimaan radiasi oleh sensor.

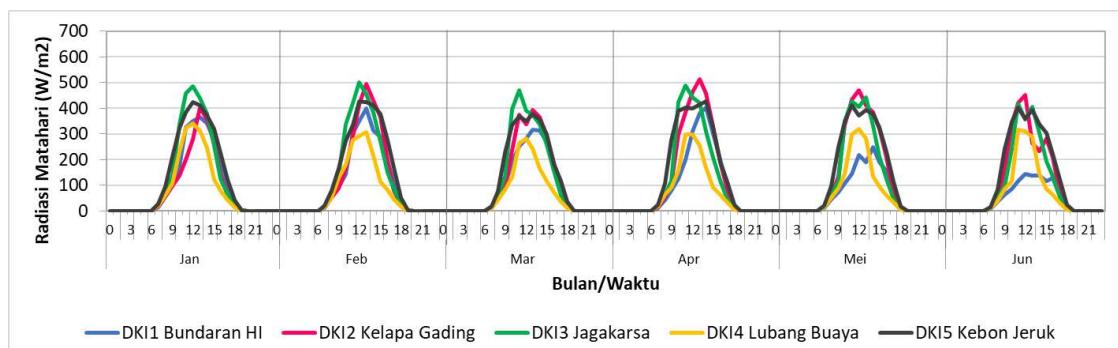


Gambar 158 Fluktuasi radiasi matahari rata-rata harian tahun 2024

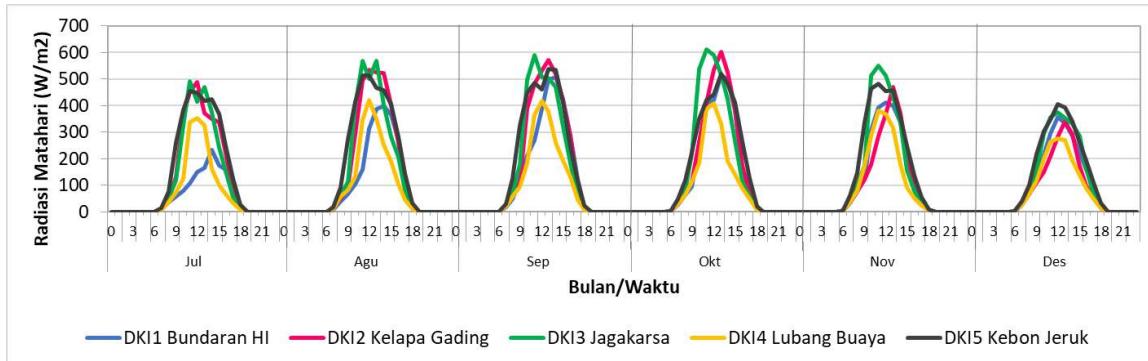
Radiasi matahari maksimum akan terukur pada siang hari ketika posisinya tegak lurus terhadap permukaan bumi. Bagi wilayah tropis seperti Jakarta, maka posisi tegak lurus matahari terhadap bumi pada siang hari sekitar pukul 12.00 WIB, oleh karena itu puncak intensitas radiasi juga akan mencapai maksimal pada kisaran waktu tersebut. Namun demikian, apabila ada vegetasi atau bangunan tinggi pada arah Barat-Timur lokasi SPKUA nilai radiasi yang terukur sensor akan menjadi terpengaruh, mungkin lebih rendah. Sehingga pola fluktuasi harian akan berbeda-beda tergantung kondisi lokasi juga. Pola diurnal radiasi global ditunjukkan pada Gambar 159. Nilai radiasi maksimum umumnya berkisar jam 11.00 sampai 14.00 WIB.

Intensitas radiasi rata-rata pada siang hari mencapai maksimum lebih dari 600 W/m². Kondisi keawanan dan juga hujan dapat mempengaruhi perbedaan penerimaan radiasi, sehingga tampak pada fluktuasi diurnal antar lokasi berbeda polanya, walaupun secara umum puncak radiasi atau radiasi maksimum terjadi pada periode waktu yang berdekatan.

Intensitas radiasi mencapai puncak pada waktu yang berbeda-beda antar lokasi SPKUA, terlihat paling tinggi di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa dengan waktu pencapaian lebih awal sebelum pukul 12.00 WIB. Sementara di beberapa bulan DKI2 Kelapa Gading radiasi rata-rata maksimum lebih dari pukul 12.00. Kondisi vegetasi di DKI3 dan DKI2 cukup rapat, dan tinggi, hanya saja di DKI3 jaraknya tidak terlalu dekat dengan sensor meteorologi, sedangkan di DKI2 vegetasi tinggi pada jarak yang dekat dengan posisi sensor. Radiasi global rata-rata siang hari terendah tercatat di DKI4 Lubang Buaya dan pada waktu atau bulan tertentu di DKI1 Bundaran HI.



Gambar 159 Fluktuasi radiasi matahari diurnal tahun 2024

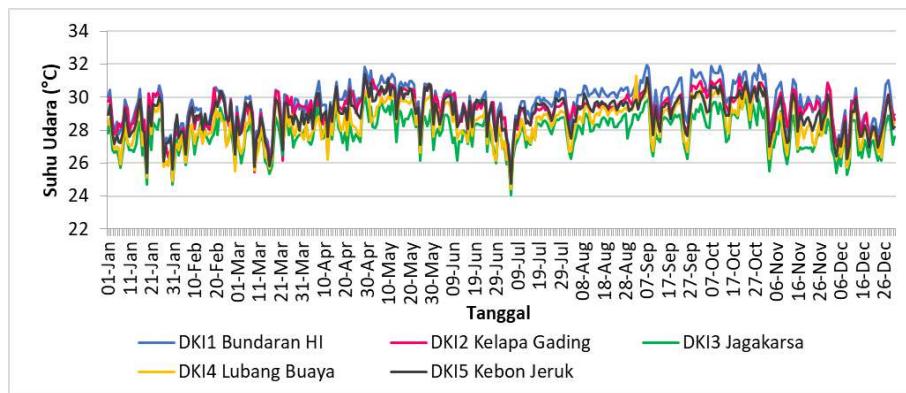


Gambar 159 lanjutan Fluktuasi radiasi matahari diurnal tahun 2024

Radiasi mempengaruhi proses-proses kimia di atmosfer, termasuk pembentukan polutan sekunder seperti Ozon. Oleh karena itu pola Ozon diurnal akan menyerupai pola fluktuasi radiasi diurnal. Radiasi juga akan mempengaruhi stabilitas atmosfer yang dapat memicu terjadinya pencampuran di udara ketika atmosfer tidak stabil, atau sebaliknya mendorong akumulasi polutan di permukaan saat atmosfer stabil. Kondisi ini menyebabkan secara umum konsentrasi polutan meningkat pada malam hari dan menurun pada siang hari. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi kualitas udara kota.

3.3.2. Suhu

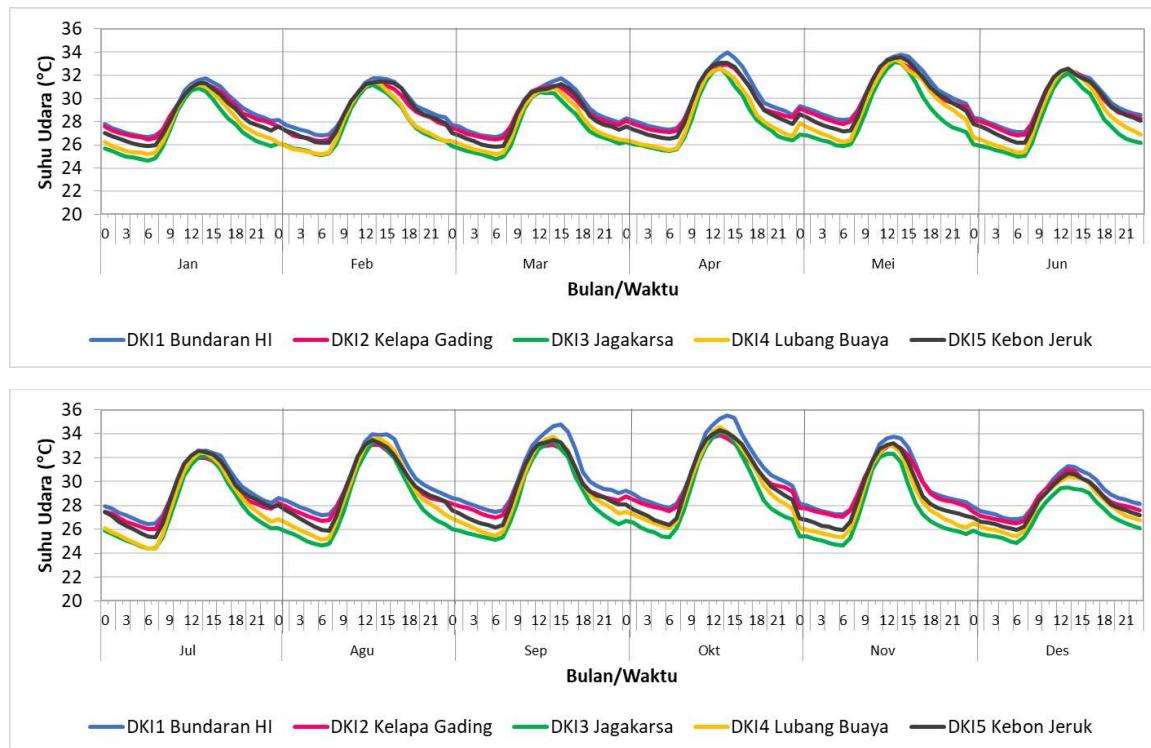
Suhu udara pada umumnya merepresentasikan fluktuasi radiasi, sehingga pola fluktuasi suhu rata-rata per hari maupun diurnal akan mirip dengan fluktuasi radiasi. Suhu udara rata-rata harian bulan Januari-Desember di DKI Jakarta berkisar 24-32 °C (Gambar 160). Suhu udara juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan setempat, sehingga jika di perkotaan tertutup beton, atau mayoritas ruang terbangun, maka suhu udara rata-rata akan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang masih lebih banyak vegetasinya atau tanah terbuka. Sebagai contoh, data SPKUA DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk relatif lebih tinggi suhu udara yang terukur, dibandingkan dengan DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya, yang wilayahnya lebih banyak memiliki vegetasi.



Gambar 160 Fluktuasi suhu udara rata-rata harian tahun 2024

Fluktuasi suhu udara diurnal menunjukkan suhu udara maksimum pada siang hari rata-rata mencapai 32-33 °C (Gambar 161). Suhu maksimum tercapai sekitar pukul 13.00 -14.00 WIB, ada jeda waktu dari penerimaan radiasi maksimum sekitar pukul 11.00-12.00 WIB, karena adanya proses pemanasan permukaan juga oleh radiasi dari permukaan bumi. Suhu udara rata-rata pada pukul 08.00-11.00 WIB hampir sama antar lokasi SPKUA, setelah itu

terjadi perbedaan suhu rata-rata antar lokasi, hingga sore, malam dan pagi hari. Kondisi permukaan sangat mempengaruhi perbedaan tersebut.

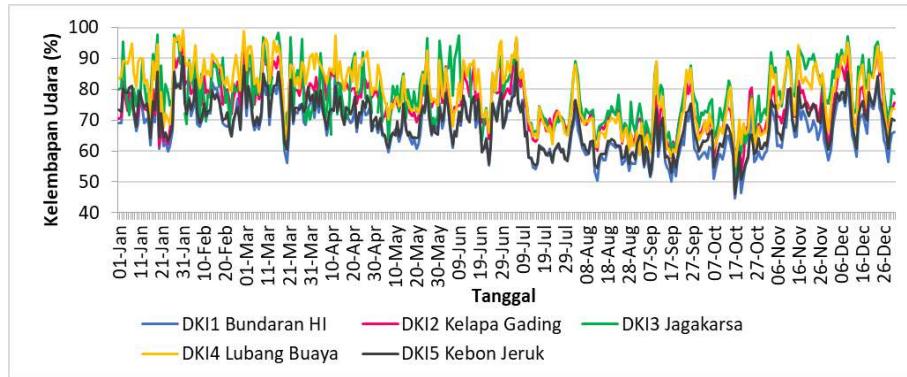


Gambar 161 Fluktuasi suhu udara diurnal tahun 2024

Suhu udara sebagaimana radiasi juga mempengaruhi proses-proses reaksi kimia di atmosfer, selain itu mempengaruhi sebaran tekanan udara sehingga akan mempengaruhi angin yang dapat mendorong perpindahan polutan dari suatu lokasi ke lokasi lain. Suhu udara juga merupakan parameter dalam stabilitas atmosfer sehingga berpengaruh terhadap proses pencampuran massa udara termasuk polutan di dalamnya, dan berkontribusi terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar udara. Salah satu kondisi yang penting dari suhu udara terhadap pencemaran udara adalah kondisi inversi yang dapat menyebabkan akumulasi pencemar udara di permukaan, hal ini sering terjadi pada malam hingga pagi hari. Kondisi inversi adalah kondisi ketika suhu udara di permukaan lebih rendah dibandingkan lapisan udara di atasnya, udara cenderung mengendap.

3.3.3. Kelembapan Udara

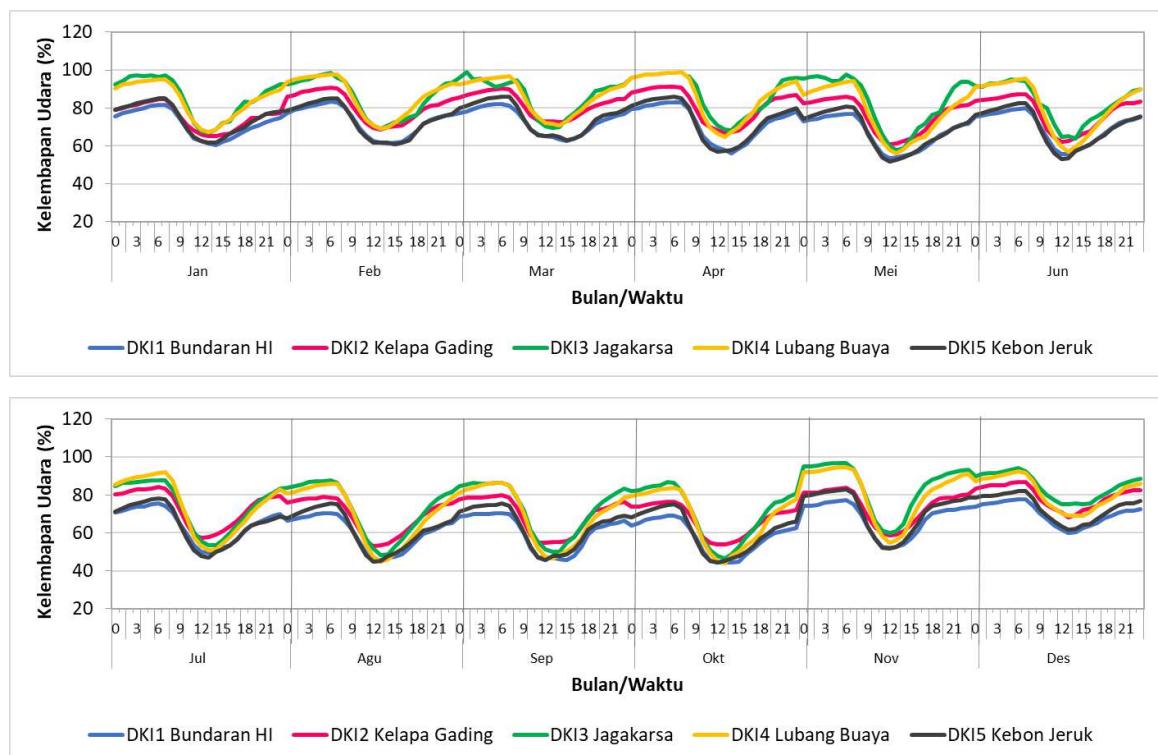
Kelembapan udara merupakan gambaran kandungan uap air di udara. Kandungan uap air di udara sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, curah hujan dan juga suhu udara. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan kelembapan udara meningkat, radiasi dan suhu udara akan memiliki pengaruh yang terbalik, sehingga pada saat radiasi tinggi, suhu tinggi, kelembapan udara menurun. Pola fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian di DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 162, tertinggi mencapai lebih dari 98%, sangat lembab, kelembapan terendah < 50 %. Kelembaban udara harian tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya dan di DKI 3 Jagakarsa, kedua lokasi tersebut memiliki vegetasi yang cukup rindang, sehingga kondisi udara lebih lembab.



Gambar 162 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2024

Fluktuasi diurnal kelembapan udara berkebalikan dengan radiasi dan suhu udara, rendah pada siang hari (Gambar 163). Namun, fluktuasi kelembapan sedikit berbeda dengan suhu udara, terdapat perbedaan yang signifikan antar lokasi SPKUA. Kelembapan udara tertinggi umumnya terjadi pada pagi hari, menurun menjelang siang hari, dan meningkat kembali pada sore hingga malam hari.

Berdasar pola diurnal kelembapan udara di 5 SPKUA DLH DKI, kelembapan terendah sekitar pukul 11.00-13.00 WIB, berbeda antar lokasi. Pola fluktuasi kelembapan juga berubah antar bulan, kelembapan siang hari semakin menurun dari bulan April hingga Juni. Kelembapan maksimum pada pagi hari untuk DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya relatif tetap sepanjang bulan Januari-Desember, yaitu lebih dari 90%. Kelembapan udara tertinggi terukur di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya, kondisi sekitar SPKUA masih cukup banyak vegetasi.



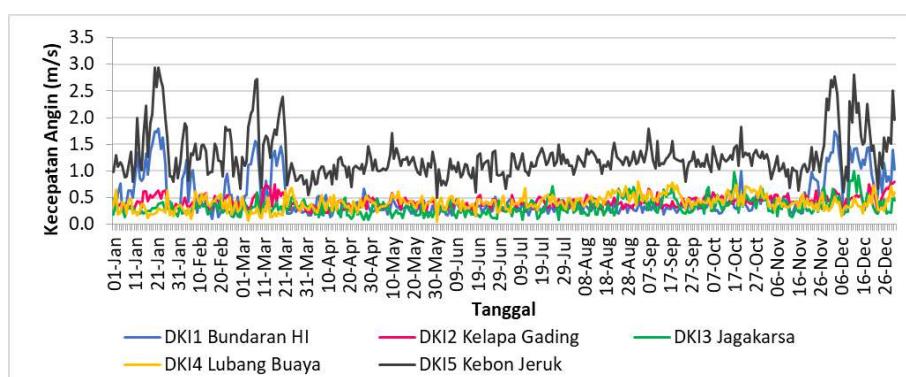
Gambar 163 Fluktuasi kelembapan udara diurnal tahun 2024

Kelembaban udara dapat berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi PM_{2.5} (Chen *et al.* 2020), melalui proses pembentukan partikulat sekunder serta melalui penjerapan partikulat di udara (*hygroscopic increase*) serta proses *gas-to-particles partitioning*. Kelembapan udara juga mempengaruhi pertumbuhan ukuran partikel di udara karena proses higroskopis, sehingga ketika butiran menjadi besar akan terjadi deposisi, dan menurunkan konsentrasi PM₁₀ (Hernandez *et al.* 2017). Kelembapan hingga 75% dapat mempengaruhi akumulasi PM₁₀, sehingga partikulat akan terukur meningkat di udara. Menurut Zalakeviciute *et al.* (2018) peningkatan kelembapan berkorelasi positif dengan konsentrasi PM_{2.5} terutama di perkotaan yang padat dengan transportasi, sehingga peningkatan kelembapan dan kurangnya curah hujan akan bersamaan dengan tingginya konsentrasi PM_{2.5}.

3.3.4. Angin

Angin merupakan representasi dari massa udara yang bergerak. Massa udara ini dapat mengandung polutan, sehingga ketika angin terbentuk, massa udara bergerak, dengan membawa kandungan polutan di dalamnya. Maka angin membantu proses perpindahan polutan dari suatu tempat ke tempat lain. Angin juga terbentuk akibat adanya perbedaan tekanan udara antar lokasi, terutama secara horizontal, sehingga akan sangat dipengaruhi pemanasan permukaan serta perbedaan kondisi permukaan. Angin di perkotaan cenderung rendah karena adanya gedung-gedung yang menghalangi pergerakan massa udara. Namun di area yang banyak gedung-gedung juga dapat terbentuk angin yang lebih kencang akibat adanya pantulan-pantulan dari dinding-dinding gedung tersebut, sehingga akan terasa lebih tinggi kecepatannya.

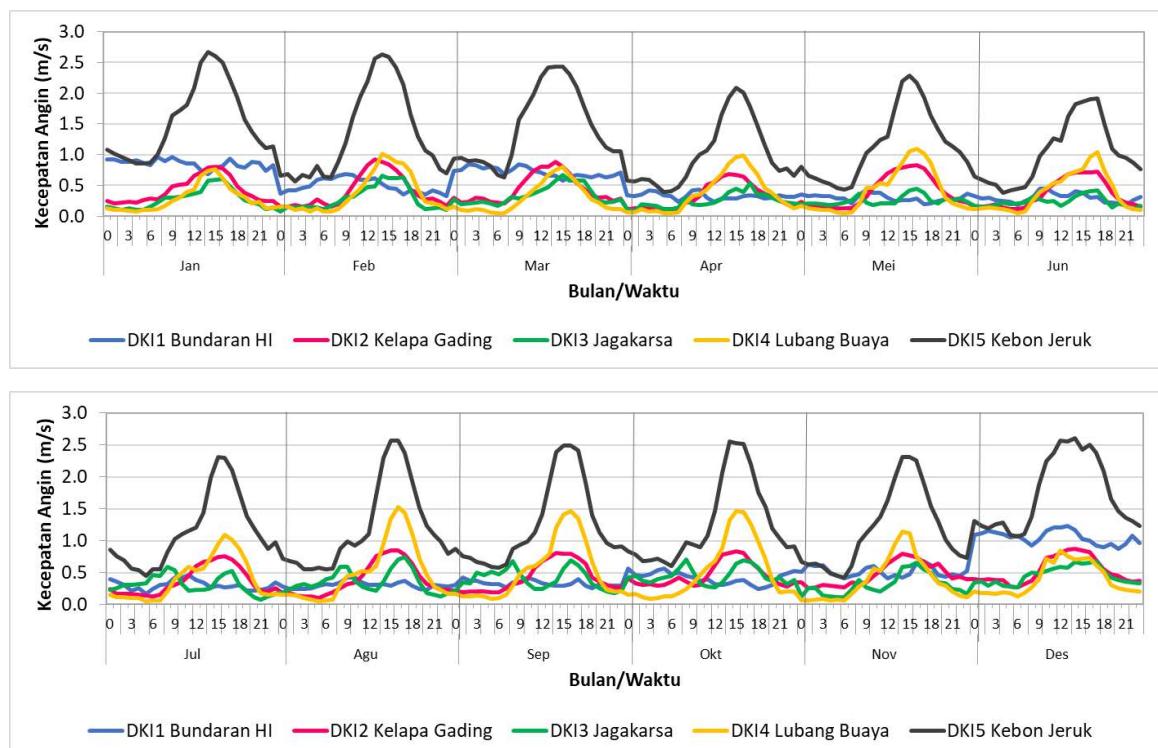
Kecepatan angin rata-rata harian menunjukkan kecepatan angin maksimum sekitar 2.9 m/detik. Fluktuasi rata-rata kecepatan angin harian ditunjukkan pada Gambar 164, yang memberi gambaran bahwa kecepatan angin rata-rata harian di DKI5 Kebon Jeruk tercatat paling tinggi sekitar 2.9 m/detik. Lokasi sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk juga terbuka, tidak ada vegetasi maupun gedung tinggi sehingga datanya lebih representatif. Kecepatan angin terendah terukur di Jagakarsa hal ini didukung oleh lingkungan sekitar berupa area kebun pembibitan, lebih banyak vegetasi sehingga kecepatan angin menurun. Pada bulan Januari-April, kecepatan angin di sekitar Bundaran HI juga tercatat tinggi hampir sama dengan DKI5 Kebon Jeruk, namun memasuki bulan Mei kecepatan anginnya menurun drastis, sedangkan di Kebon Jeruk penurunannya tidak serendah Bundaran HI.



Gambar 164 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2024

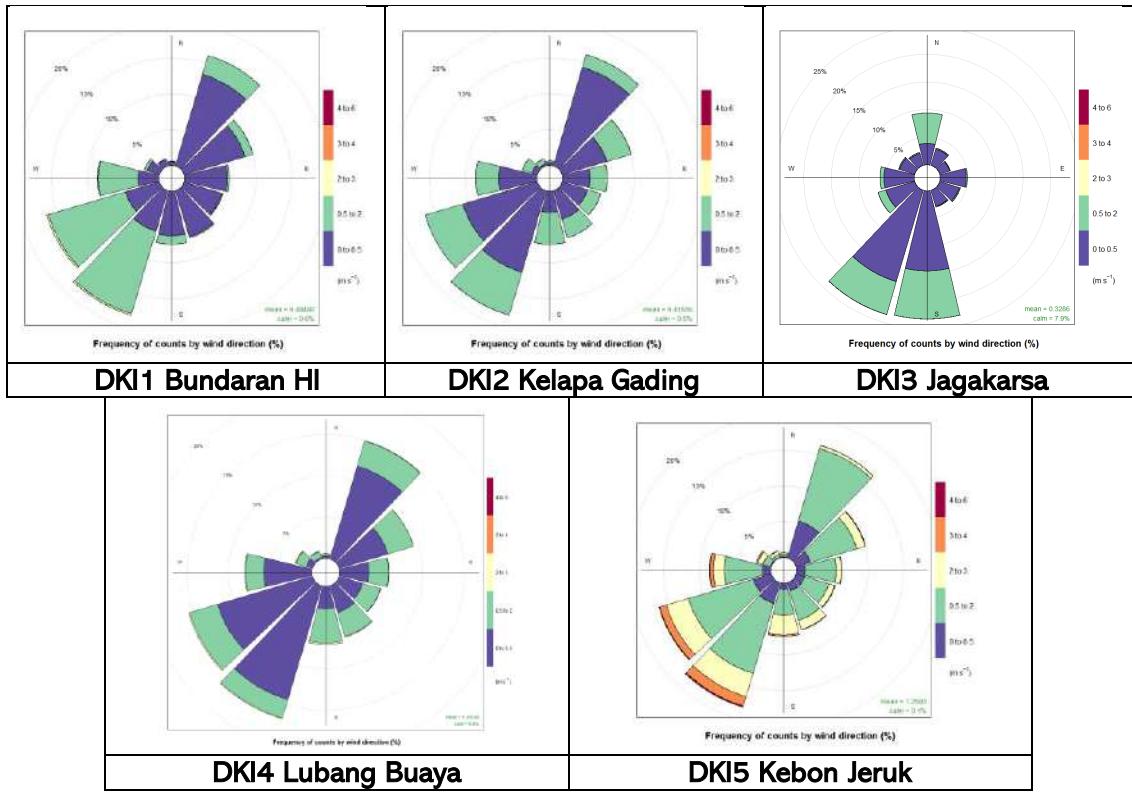
Fluktuasi diurnal kecepatan angin menunjukkan kecepatan angin meningkat pada siang hari, bersamaan dengan puncak radiasi dan suhu udara. Hal ini berkaitan dengan terbentuknya angin pada saat terdapat tekanan udara rendah, yang mendorong pergerakan massa udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Kecepatan angin rata-rata diurnal, maksimum terjadi pada pukul 14 dengan nilai tertinggi tercatat di DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 165). Kecepatan angin yang relatif rendah mendorong terakumulasinya pencemar di permukaan sehingga kualitas udara cenderung turun.

Kecepatan angin diurnal di sekitar Bundaran HI tidak terlalu berfluktuasi, hal ini dikarenakan banyak tegakan sekitar Bundaran HI, yang menjadi peredam kecepatan angin yang terukur di SPKUA. Sedangkan di SPKUA lainnya lebih fluktuatif.



Gambar 165 Fluktuasi kecepatan angin diurnal tahun 2024

Arah angin akan mempengaruhi dispersi pencemar udara secara horizontal. Hasil pemantauan menunjukkan angin dominan bulan Januari-Desember di Jakarta berbeda antar lokasi SPKUA. Secara umum berdasar data 5 SPKU, angin dominan bertiup arah Timur Laut dan Barat Daya, kecuali di DKI3 Jagakarsa dominan dari Selatan dan Barat Daya. Kecepatan angin cukup rendah, kurang dari 2 m/detik, kecuali di DKI5 Kebon Jeruk mencapai 4-6 m/detik, walaupun persentase tertinggi < 2 m/detik (Gambar 166). Arah angin dominan juga dapat menjadi indikasi potensi lokasi sumber emisi yang berkontribusi terhadap kualitas udara di wilayah tersebut.

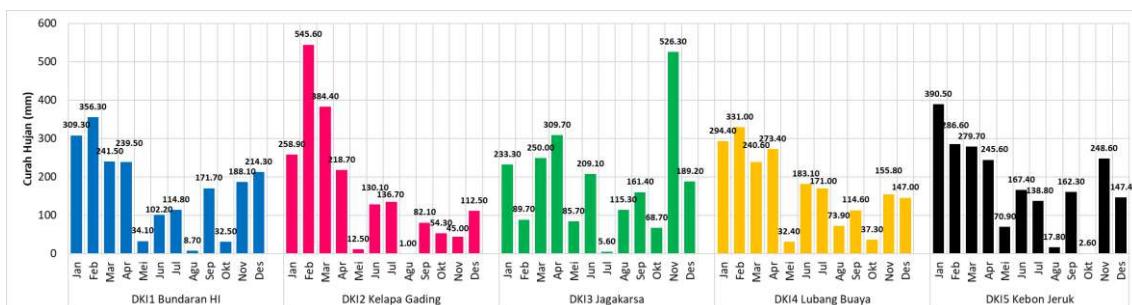


Gambar 166 Pola angin berdasar *Windrose plot* tahun 2024

3.3.5.Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor meteorologi yang sangat penting mempengaruhi kualitas udara. Sudah menjadi pemahaman umum bahwa curah hujan dapat menjadi pencuci (*wash out*) bagi polutan di udara, sehingga menurunkan konsentrasi pencemar di udara. Menurut Chen *et al.* (2020), presipitasi dapat mempengaruhi kualitas udara dari 2 sisi, dapat meningkatkan konsentrasi melalui efek higroskopik (kelembapan) dan menurunkan konsentrasi melalui proses *wash-off*.

Data curah hujan bulanan menunjukkan curah hujan bulanan sangat berbeda antar stasiun. Curah hujan tertinggi tiap SPKUA berada pada bulan Februari, kecuali di DKI3 Jagakarsa (November) dan DKI5 Kebon Jeruk (Januari). Curah hujan bulanan tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading pada bulan Februari sebesar > 500 mm. Pada bulan Maret curah hujan menurun di semua SPKUA kemudian bervariasi antar SPKUA ada yang naik dan turun. Pada umumnya curah hujan rendah pada bulan Agustus, kecuali di Lubang Buaya terendah pada bulan Mei dan Oktober.



Gambar 167 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2024

3.4. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara

Pengaruh faktor meteorologi terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar sangat beragam, bisa positif maupun negatif bahkan untuk parameter meteorologi yang sama. Hal ini dikarenakan faktor emisi lokal dapat mempengaruhi fluktuasi konsentrasi. Secara umum kelembapan relatif, curah hujan dan kecepatan angin berkorelasi negatif dengan konsentrasi polutan, dan tekanan atmosfer berkorelasi positif. Faktor meteorologi berpengaruh secara moderat terhadap konsentrasi O_3 dan partikulat di wilayah kota dan industri.

3.4.1. Pengaruh Radiasi, Suhu, dan Kelembapan (RH)

Hasil analisis korelasi terhadap data konsentrasi dan faktor meteorologi per 30 menit, secara umum radiasi dan suhu berpengaruh positif kuat terhadap fluktuasi Ozon, sementara kelembapan berpengaruh negatif. Nilai koefisien korelasi juga besarnya beragam antar lokasi. Pengaruh ketiga parameter meteorologi tersebut terhadap Ozon ditunjukkan pada Tabel 10. Koefisien korelasi (r) bulan Januari-Desember tahun 2024 antara Ozon dengan radiasi, suhu, sebesar >0.45 di semua lokasi. Sedangkan, kelembaban (RH) >0.30 . Koefisien korelasi Ozon dengan radiasi, tertinggi sebesar 0.63 di DKI2 Kelapa Gading dan terendah 0.46 di DKI5 Kebon Jeruk. Korelasi Ozon dengan suhu, tertinggi di DKI3 Jagakarsa sebesar 0.74 dan terendah di DKI5 Kebon Jeruk 0.56. Sementara koefisien korelasi negatif antara Ozon dengan kelembapan relatif, tertinggi di DKI4 Lubang Buaya sebesar -0.71 dan terendah di DKI5 Kebon Jeruk sebesar -0.34. Data tersebut sesuai dengan penelitian Kovač-Andrić dan Gvozdić (2009), bahwa suhu udara, radiasi matahari, *visibility* dan tekanan udara meningkatkan pembentukan O_3 , sedangkan kelembapan relatif dan keawanan berkorelasi negatif.

Tabel 10 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembapan udara (RH) tahun 2024

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	0.49	0.63	0.59	0.53	0.46
Suhu	0.58	0.72	0.74	0.69	0.56
RH	-0.48	-0.63	-0.68	-0.71	-0.34

Pengaruh radiasi, suhu dan kelembapan terhadap pencemar partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dan SO_2 kecil, koefisien korelasi r kurang dari 0.3 (Tabel 11). SO_2 lebih banyak dipengaruhi oleh emisi lokal maupun adveksi dari lokasi lain, sebagaimana penelitian Guo *et al.* (2022), bahwa intensitas sumber emisi berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi SO_2 hingga sekitar 40%, sedangkan faktor meteorologi berpengaruh terbatas. Kelembapan berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi SO_2 . Namun demikian, menurut Zalakeviciute *et al.* (2018), pengaruh RH positif terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di wilayah urban yang padat lalu lintas, apalagi dengan kurangnya curah hujan. Konsentrasi partikulat meningkat ketika tidak ada hujan apalagi jika kelembapan meningkat, sesuai dengan analisis Chen *et al.* (2020), bahwa kelembapan udara akan meningkatkan konsentrasi partikulat yang berkaitan dengan pembentukan partikulat sekunder.

Pengaruh faktor meteorologi (suhu, radiasi, dan RH) terhadap PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan SO_2 menunjukkan koefisien korelasi lebih tinggi untuk suhu, radiasi, RH dengan $PM_{2.5}$. Koefisien

korelasi radiasi dengan PM_{10} (0.22) dan $PM_{2.5}$ (0.13) tertinggi di DKI2 Kelapa Gading. Korelasi suhu udara positif dan RH negatif terhadap partikulat, dengan nilai korelasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$, tertinggi di DKI1 Bundaran HI. Koefisien korelasi radiasi, suhu udara dan RH dengan SO_2 , tertinggi di DKI5 Kebon Jeruk ($r_{rad} = 0.13$, $r_{suhu} = 0.15$, $r_{RH} = -0.27$). Menurut Chen *et al.* (2020), radiasi, suhu, dan RH dapat meningkatkan maupun menurunkan konsentrasi $PM_{2.5}$, akan bergantung pada kondisi lain, seperti adanya pembentukan $PM_{2.5}$ sekunder, atau proses konveksi (pemanasan).

Tabel 11 Korelasi antara partikulat dan SO_2 dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Faktor	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	PM_{10}	0.08	0.22	0.00	0.06	0.13
	$PM_{2.5}$	0.07	0.13	0.00	0.03	0.05
	SO_2	0.06	0.04	0.07	0.07	0.13
Suhu	PM_{10}	0.29	0.27	-0.06	0.10	0.00
	$PM_{2.5}$	0.26	0.18	0.10	0.08	0.06
	SO_2	-0.01	0.03	0.12	0.13	0.15
RH	PM_{10}	-0.32	-0.31	0.06	-0.14	0.00
	$PM_{2.5}$	-0.28	-0.20	-0.14	0.08	-0.10
	SO_2	0.04	-0.20	-0.09	0.13	-0.27

Hasil koefisien korelasi radiasi dan suhu terhadap CO berkorelasi negatif sedangkan kelembapan udara berkorelasi positif (Tabel 12). Data tersebut sesuai dengan hasil analisis Anjali (2022), bahwa CO berkorelasi negatif kuat dengan suhu dan berkorelasi positif dengan RH dan tekanan udara. Koefisien korelasi tertinggi terdapat pada DKI2 Kelapa Gading dan DKI4 Lubang Buaya, suhu dengan CO sebesar -0.37, sementara radiasi dengan CO -0.28 pada DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa. Koefisien korelasi kelembapan dengan CO tertinggi di DKI3 Jagakarsa sebesar 0.39. Pengaruh kelembaban udara dan suhu terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar akan tergantung pada musim (Jayamurugan *et al.* 2013).

Tabel 12 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	-0.12	-0.28	-0.28	-0.27	-0.26
Suhu	-0.05	-0.37	-0.33	-0.37	-0.28
RH	-0.03	0.28	0.39	0.32	0.25

Pengaruh suhu dan radiasi terhadap NO_2 menunjukkan korelasi negatif. Korelasi terbesar didapatkan di DKI2 Kelapa Gading dengan nilai r terbesar -0.29 untuk radiasi, dan pada DKI2 Kelapa Gading -0.47 untuk suhu (Tabel 13). Kelembaban memiliki korelasi positif dengan konsentrasi NO_2 (kecuali di DKI1 Bundaran HI), terbesar di DKI2 Kelapa Gading, yaitu sebesar 0.38. Menurut Guo *et al.* (2022), NO_2 sangat dipengaruhi intensitas sumber emisi hingga 40%, sedangkan faktor meteorologi berpengaruh sangat terbatas. Faktor meteorologi yang berpengaruh signifikan terhadap NO_2 adalah suhu udara, kelembapan dan kecepatan angin.

Tabel 13 Korelasi antara NO₂ dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	0.06	-0.29	-0.15	-0.18	-0.27
Suhu	0.24	-0.47	-0.21	-0.18	-0.23
RH	-0.21	0.38	0.25	0.03	0.21

3.4.2. Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin)

a. Analisis Korelasi Fluktuasi Pencemar dengan Kecepatan Angin

Angin sangat penting pengaruhnya terhadap sebaran pencemar udara. Kecepatan angin yang tinggi dapat membawa pencemar ke wilayah lain sedangkan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan polutan terakumulasi di permukaan dan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Berdasar analisis korelasi antara data angin dan konsentrasi pencemar udara per 30 menit, didapatkan bahwa korelasi kecepatan angin dengan polutan pada umumnya negatif (Tabel 14), artinya semakin tinggi kecepatan angin, konsentrasi yang terukur semakin rendah.

Koefisien korelasi kecepatan angin dengan PM₁₀ dan PM_{2.5} bernilai negatif, kecuali di DKI2 Kelapa Gading dan DKI4 Lubang Buaya. Nilai korelasi tertinggi PM₁₀ di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.39 dan PM_{2.5} di DKI1 Bundaran HI -0.35. Kecepatan angin dengan SO₂ berkorelasi negatif di DKI2 Kelapa Gading, sementara korelasi tertinggi terdapat di DKI1 Bundaran HI yang berkorelasi positif sebesar 0.16. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan CO bernilai negatif di semua lokasi, dengan nilai tertinggi sebesar -0.51 di DKI5 Kebon Jeruk. Kecepatan angin dengan O₃ berkorelasi positif kecuali di DKI1 Bundaran HI, tertinggi sebesar 0.55 di DKI4 Lubang Buaya. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan NO₂ bernilai negatif disemua lokasi kecuali pada DKI1 Bundaran HI, korelasi tertinggi di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk sebesar -0.38.

Tabel 14 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin tahun 2024

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
PM ₁₀	-0.39	0.00	-0.12	0.04	-0.25
PM _{2.5}	-0.35	-0.11	-0.15	-0.01	-0.31
SO ₂	0.16	-0.06	0.11	0.13	0.07
CO	-0.14	-0.40	-0.25	-0.30	-0.51
O ₃	-0.20	0.41	0.23	0.55	0.13
NO ₂	0.14	-0.25	-0.26	-0.38	-0.38

b. Analisis Pengaruh Arah Angin terhadap Konsentrasi Pencemar (*Polar Plot*)

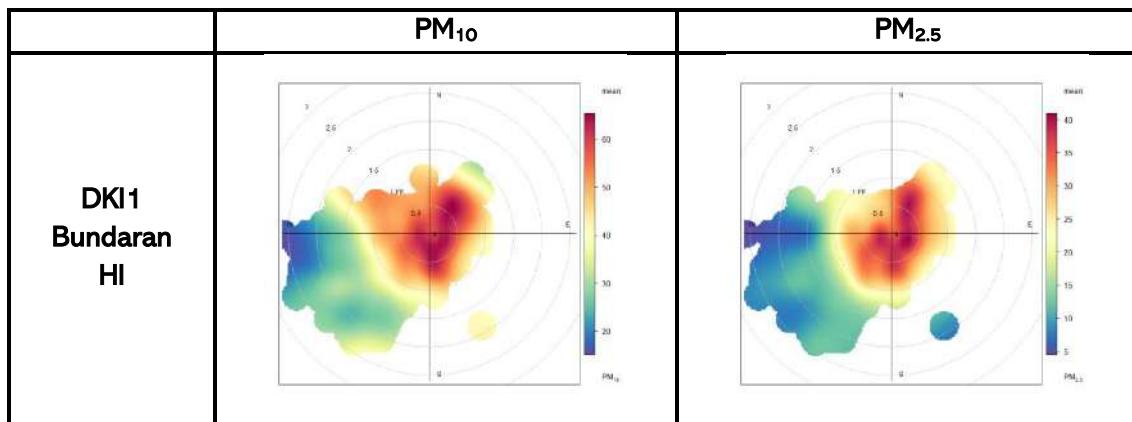
Pengaruh arah angin terhadap konsentrasi polutan dapat dilihat dari analisis *polar plot*. Warna merah menunjukkan konsentrasi polutan semakin tinggi, dan warna biru konsentrasi pencemar rendah.

Partikulat (PM₁₀ dan PM_{2.5})

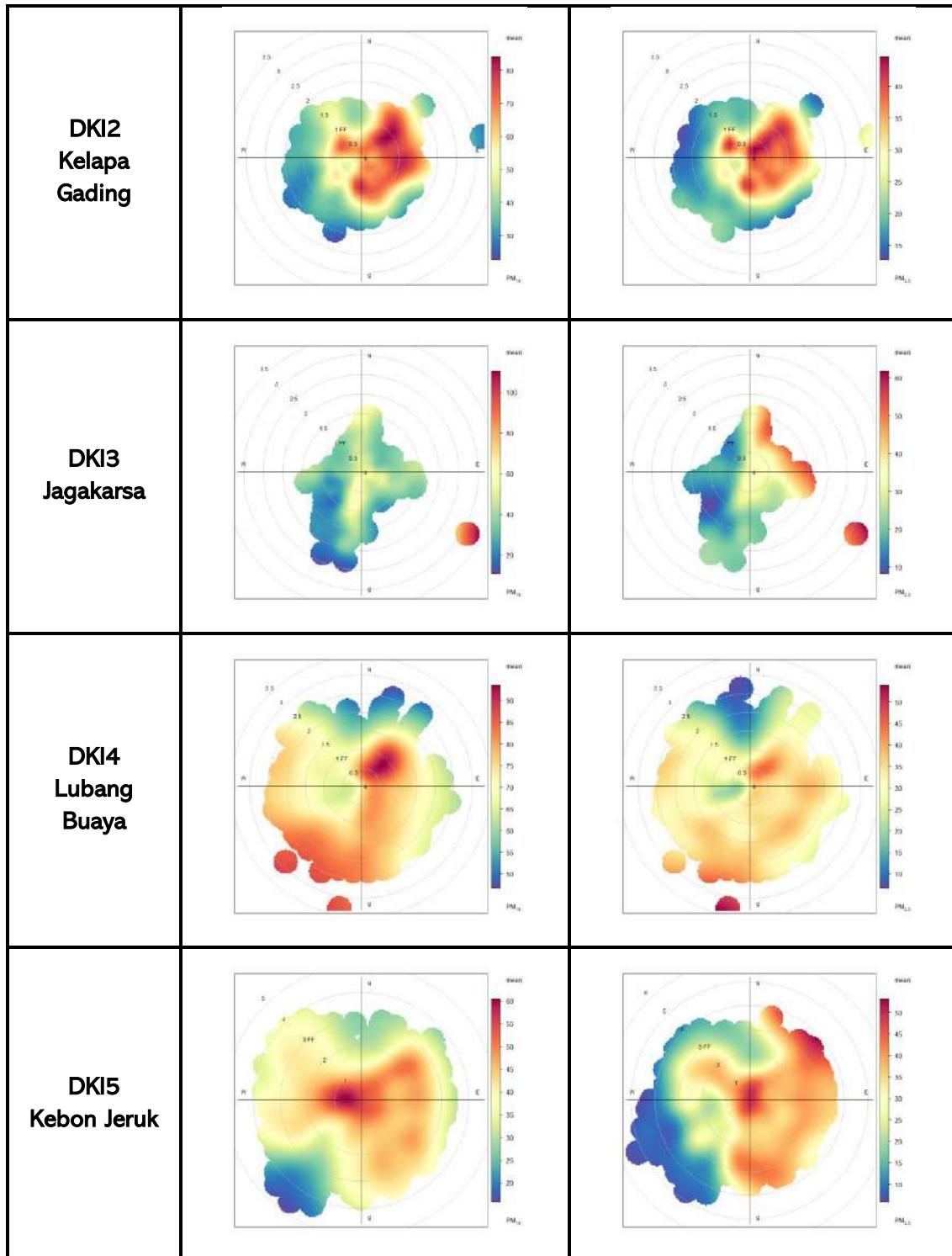
Polar plot menunjukkan konsentrasi tertentu pencemar bersamaan dengan bertiupnya angin dari arah dan kecepatan tertentu. Partikulat dengan konsentrasi tertinggi di SPKUA DKI1 Bundaran HI bersamaan dengan angin dari arah Timur Laut untuk PM_{2.5} dan PM₁₀, dengan kecepatan 0 – 2 m/detik. Kecepatan ini cukup rendah, sehingga kemungkinan sumber emisi masih dekat sekitar stasiun pemantau. Arah Timur Laut dari SPKUA DKI1 adalah area jalan arteri yaitu Jalan St Sjahrir dan Jalan M Yamin. Namun pada arah tersebut juga terdapat pohon yang cukup tinggi, sehingga pola angin dan sebaran pencemar dapat terpengaruh. SPKUA ini berdekatan juga dengan Pos Polisi sektor Thamrin. Konsentrasi partikulat baik PM_{2.5} maupun PM₁₀ dengan konsentrasi lebih rendah terukur bersamaan dengan angin dari Barat Daya hingga 3 m/detik (Gambar 168). Angin dari Barat Daya merupakan arah angin dominan di sekitar Bundaran HI pada bulan Januari-Desember 2024.

Hasil pemantauan partikulat di DKI2 Kelapa Gading, konsentrasi tertinggi PM₁₀ dan PM_{2.5} bersamaan dengan arah angin dari Barat Laut dengan kecepatan hingga 2 m/detik. Sementara untuk DKI3 Jagakarsa, konsentrasi partikulat yang tinggi bersamaan dengan arah angin dari Timur sampai Utara. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi tertinggi PM₁₀ bersamaan dengan angin Tenggara. Sementara untuk PM_{2.5} konsentrasi tertinggi bersamaan dengan angin dari Timur Laut dengan kecepatan < 2 m/detik, sedangkan angin dari Barat bersamaan dengan konsentrasi rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ada sumber emisi PM₁₀ maupun PM_{2.5} di sekitar lokasi pemantauan. Hasil pemantauan di lapangan menunjukkan sedang adanya kegiatan konstruksi bangunan, walaupun tidak besar, tetapi material bangunan seperti pasir dan semen dapat terukur oleh sensor pemantau. Selain itu, lokasi pemantauan di Lubang Buaya berada di sekitar area parkir, sehingga aktivitas kendaraan keluar dan masuk area parkir akan berpengaruh.

Polar plot partikulat di DKI5 Kebon Jeruk menunjukkan konsentrasi partikulat PM₁₀ banyak dipengaruhi oleh sumber emisi terdekat, dengan kecepatan angin cukup tinggi, dan juga bersamaan dengan arah angin bertiup dari Utara hingga Selatan. Sehingga konsentrasi tinggi bersamaan dengan kecepatan angin yang tinggi hingga 3 m/detik. *Polar plot* PM_{2.5} di DKI5 Kebon Jeruk konsentrasi tertinggi bersamaan dengan angin dari Utara sampai Timur dengan kecepatan < 3 m/detik.



Gambar 168 *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024

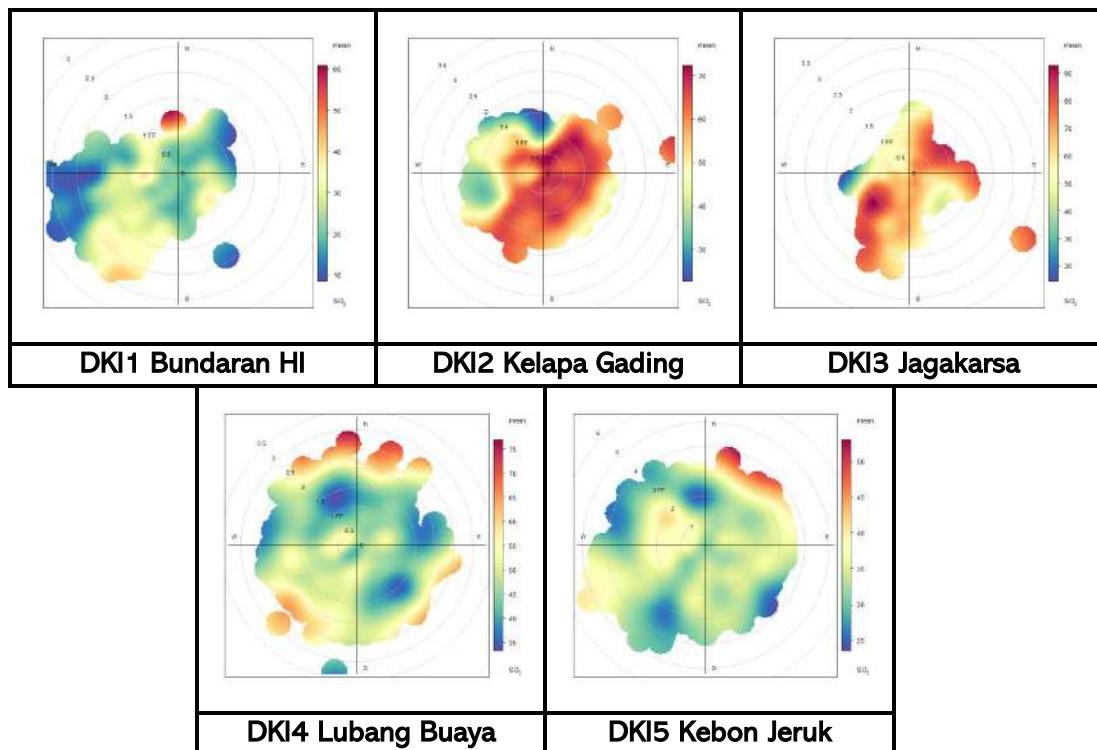


Gambar 168 lanjutan *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024

Sulfurdioksida (SO₂) dan Karbonmonoksida (CO)

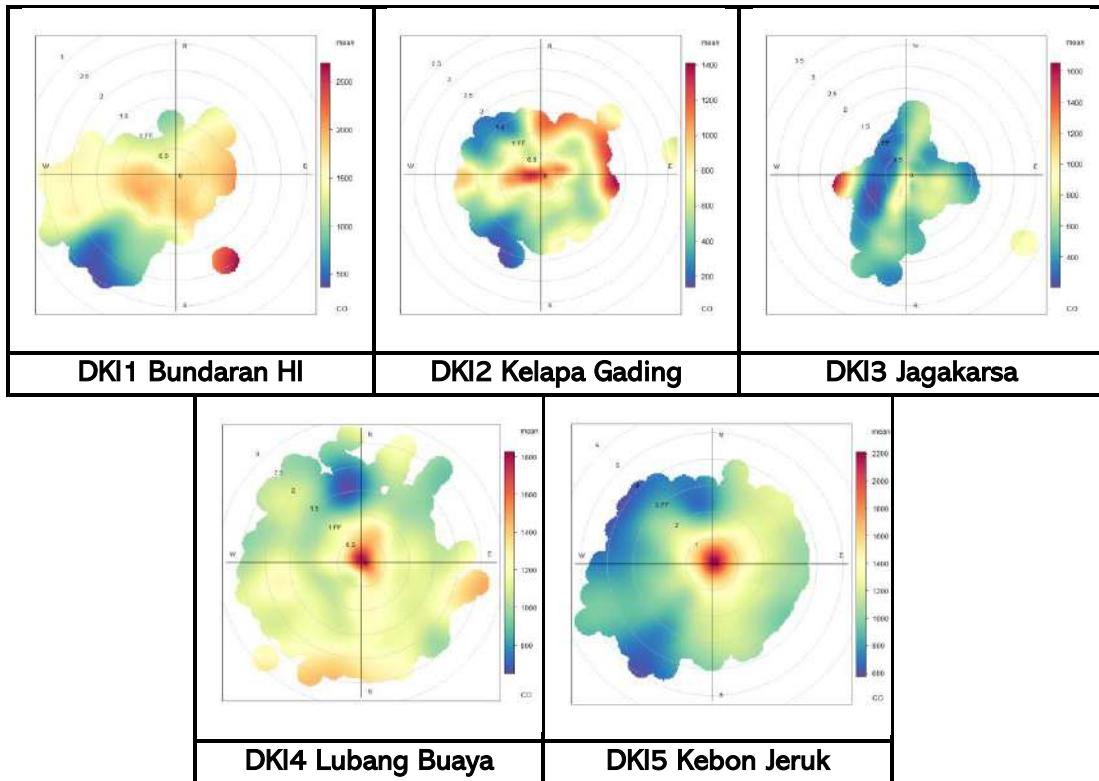
Parameter pencemar SO₂, di DKI1 Bundaran HI tercatat tinggi bersamaan dengan angin dari Barat Daya, berkecepatan <3 m/detik. Hal ini bertepatan dengan arah Bundaran HI dan jalan Imam Bonjol, dengan kepadatan lalu lintas yang seringkali tinggi (Gambar 169). Di

DKI2 Kelapa Gading SO₂ tinggi bersamaan dengan angin kecepatan rendah dari Timur Laut. Di luar area tempat posisi SPKUA DKI2, terdapat jalan arteri dan juga jalan layang, di sebelah Selatan dan Barat Daya terdapat perempatan yang cukup padat lalu lintas. Walaupun kondisi sensor alat pemantau agak lebih tersembunyi di antara vegetasi. Konsentrasi SO₂ di DKI3 Jagakarsa tinggi bersamaan dengan angin berkecepatan rendah dari seluruh arah mata angin kecuali dari arah Barat. Konsentrasi SO₂ tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya bersamaan dengan angin Timur Laut sampai Tenggara <2 m/detik. Sementara konsentrasi SO₂ terendah di DKI5 Kebon Jeruk, dengan angin dominan dari Barat Daya.



Gambar 169 *Polar Plot SO₂ di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024*

Pencemar CO dari analisis *polar plot* menunjukkan kecenderungan sumber emisi lokal sekitar SPKUA, karena konsentrasi tinggi pada umumnya bersamaan dengan kecepatan angin rendah (*cal/m*), terutama di DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 170). Konsentrasi CO tertinggi di DKI1 Bundaran HI bersamaan dengan angin dari Timur yang rendah. Di DKI2, ada sedikit kontribusi dengan angin dari Timur Laut sampai Timur. Sedangkan di DKI3 Jagakarsa ada kecenderungan CO terukur tinggi bersamaan dengan angin dari arah Barat Daya. Konsentrasi CO tertinggi di DKI4 Lubang Buaya bersamaan dengan angin Timur Laut sampai Tenggara sebesar <2 m/detik.



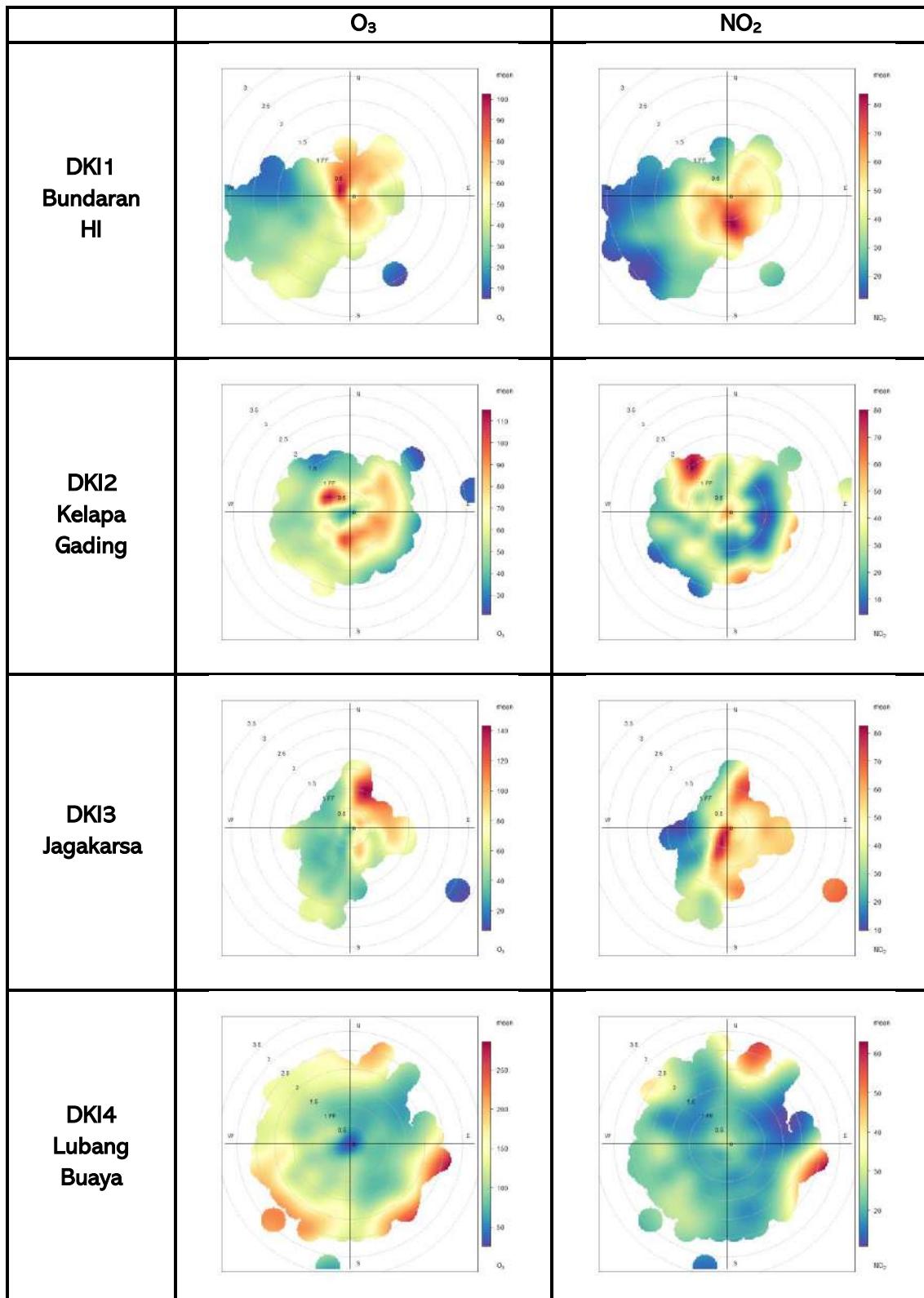
Gambar 170 *Polar Plot CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024*

Ozon dan NO₂

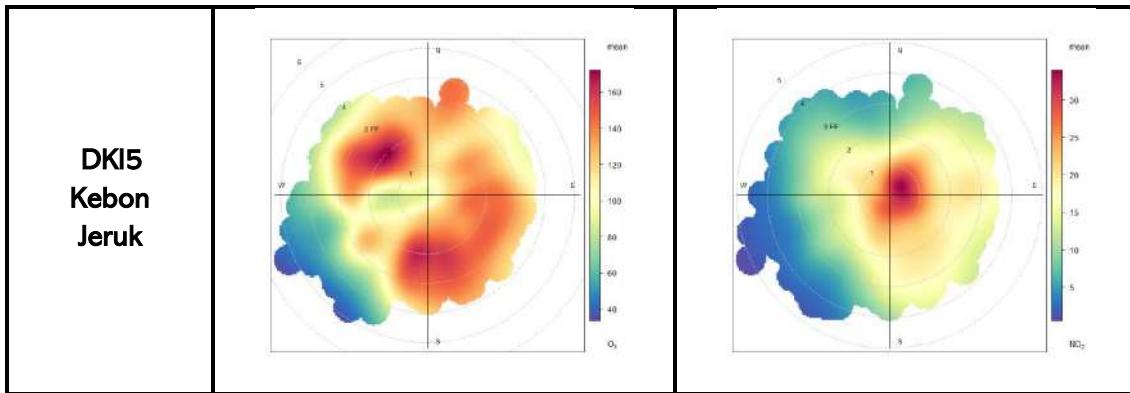
Ozon dan NO₂ merupakan dua polutan yang saling berkaitan erat, karena Ozon merupakan polutan sekunder dengan salah satu prekursornya adalah NO₂. Hasil analisis *polar plot* memberi gambaran bahwa konsentrasi Ozon tinggi di DKI1 Bundaran HI saat angin bertiup dengan kecepatan rendah kurang dari sama dengan 2 m/detik dari arah Timur Laut, dan pada kondisi angin *calm*, sehingga sumbernya bisa dari lokasi terdekat. Arah timur laut lebih rimbun vegetasinya, walaupun juga pada arah tersebut ada Jalan Sutan Sjahrir. Sedangkan NO₂ di DKI1 konsentrasi tinggi lebih bersamaan dengan angin kecepatan rendah dari arah Tenggara yang menunjukkan sumber emisi adalah lokal di sekitar SPKUA, dan hal ini sejalan dengan kondisi dekat Bundaran HI yang padat kendaraan. NO₂ berkaitan dengan emisi kendaraan bermotor, sebagaimana menurut Kendrick *et al.* (2015) fluktuasi NO₂ merupakan fungsi dari volume kendaraan bermotor.

Di DKI2 Kelapa Gading, O₃ tinggi bersamaan dengan angin yang bertiup dari arah Barat Laut dengan kecepatan kurang dari 2 m/detik. Sementara angin dari arah lainnya bersamaan dengan konsentrasi O₃ rendah. NO₂ di DKI2 tercatat tinggi bersamaan dengan arah angin dari Timur dan Barat Daya. Sebelah Timur dari posisi SPKUA adalah jalan raya Gading Asri, sehingga ada kontribusi dari emisi kendaraan bermotor yang melintas. Konsentrasi Ozon di DKI3 Jagakarsa terdeteksi tinggi bersamaan dengan angin dari Utara hingga selatan sedangkan NO₂ terdeteksi tinggi bersamaan dengan angin dari Barat Daya. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi O₃ tinggi bersamaan dengan angin dari Timur dan Selatan, sementara NO₂ lebih terkonsentrasi pada angin *calm* dan angin dari Timur Laut hingga Selatan. Di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk konsentrasi O₃ tinggi bersamaan dengan angin kecepatan rendah dari Utara, sedangkan NO₂ tinggi cenderung pada saat angin *calm*,

sehingga kemungkinan NO_2 berasal dari sumber emisi terdekat berupa jalan raya perumahan yang terdekat (Gambar 171).



Gambar 171 *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024



Gambar 171 lanjutan *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024

3.4.3. Pengaruh Curah Hujan (Musim Hujan dan Kemarau)

Curah hujan berpengaruh terhadap pencucian pencemar di udara. Berdasar data curah hujan harian dan rata-rata harian konsentrasi harian, didapatkan bahwa fluktuasi curah hujan harian dapat mempengaruhi fluktuasi konsentrasi rata-rata harian pencemar udara (Gambar 172). Musim kemarau bersamaan dengan peningkatan konsentrasi partikulat, sebaliknya pada musim hujan, sebagaimana ditunjukkan oleh grafik bahwa konsentrasi partikulat pada bulan Januari menurun ketika terjadi hujan, dan konsentrasi meningkat kembali ketika tidak hujan beberapa hari. Hal ini berarti penurunan curah hujan berpengaruh akumulatif terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar, terutama terhadap partikulat. Contoh kasus pada saat memasuki musim kemarau di bulan Juni-Juli, kasus kualitas udara buruk di Jakarta menjadi isu nasional, terutama terjadi saat CH menurun selama beberapa hari. Kondisi tersebut digambarkan pada Gambar 172b.

Pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi CO dan SO₂ agak berbeda, fluktuasinya tidak banyak dipengaruhi curah hujan. Pengaruh curah hujan terhadap Ozon berkaitan dengan berkurangnya radiasi yang masuk, sehingga pengaruh curah hujan menurunkan Ozon. Demikian juga pengaruh curah hujan terhadap NO₂.

Curah hujan memiliki pengaruh akumulatif, artinya ketika terjadi periode waktu kering lama, maka terjadi akumulasi pencemar udara sehingga terukur meningkat. Penurunan konsentrasi pencemar baru terlihat ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi atau hujan dengan periode lebih panjang. Selain itu di perkotaan, pengaruh faktor meteorologi seperti hujan terhadap fluktuasi pencemar akan dipengaruhi pula oleh kecepatan kendaraan bermotor dan kepadatan lalu lintas di jalan (Kwak *et al.* 2017). Sedangkan curah hujan sendiri pengaruhnya terhadap konsentrasi pencemar akan dipengaruhi oleh intensitas curah hujannya. Penelitian Guo dan Jiang (2020), curah hujan berintensitas ringan (*light rain*: 0.2 – 9.9 mm/24 jam) selama ≥ 3 jam lebih efektif membersihkan udara dibandingkan hujan lebat (*heavy rain*: 25 – 49.9 mm/24 jam). Curah hujan lebih efektif membersihkan SO₂ dari pada polutan lain, dengan urutan SO₂ > PM₁₀ > NO₂ > O₃ > PM_{2.5} > CO. Hal lain yang berpengaruh adalah durasi curah hujan itu sendiri. Pada musim kemarau pengaruh curah hujan terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar udara lebih jelas.

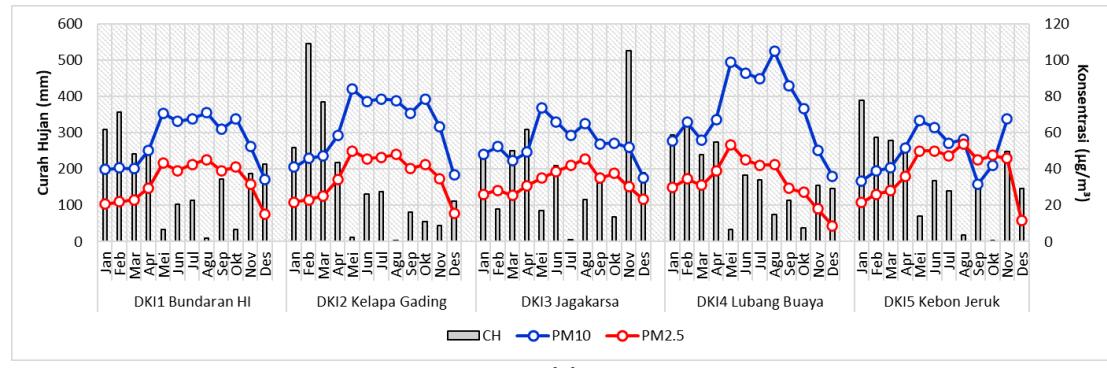
Curah hujan tinggi menyebabkan pencucian polutan di udara. Namun demikian hal ini sangat bergantung pada kejadian hujan itu sendiri. Menurut penelitian Wang *et al.* (2023), kejadian presipitasi dapat menurunkan konsentrasi PM_{2.5} sebesar 58% pada saat hujan,

dan 43 % setelah hujan, dibanding konsentrasi sebelum kejadian hujan. Pada kondisi lain, dapat terjadi peningkatan konsentrasi partikulat saat hujan dan setelahnya, yang diakibatkan oleh peningkatan sumber emisi (jumlah kendaraan meningkat saat hujan) dan terdapat konveksi atmosfer secara vertikal.

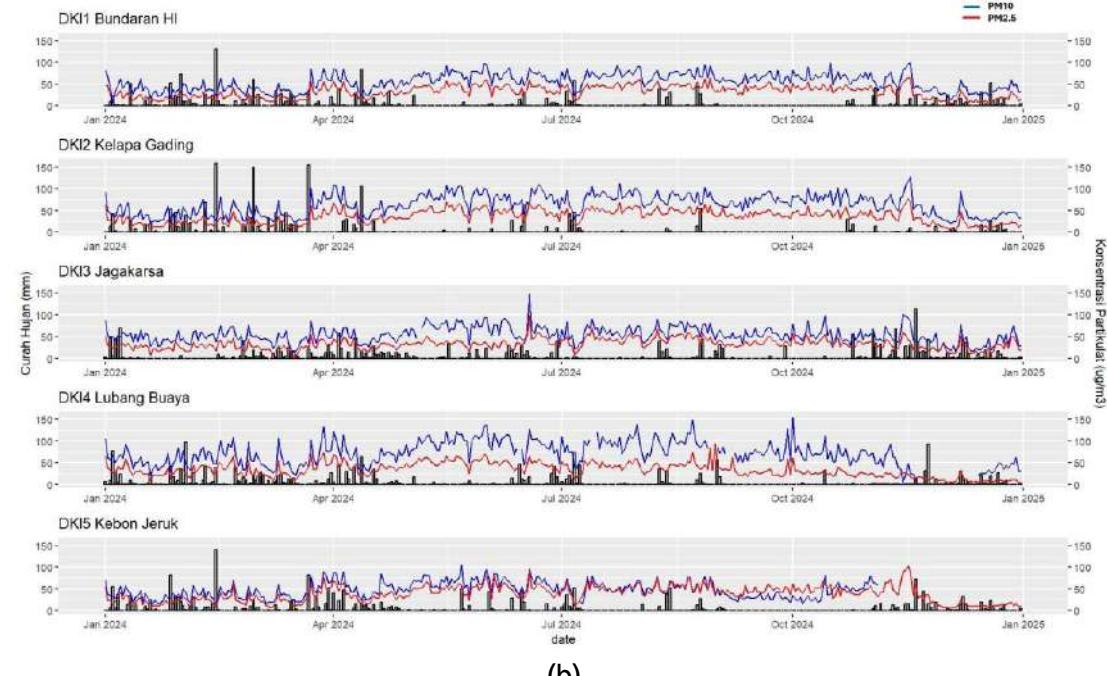
Pengaruh curah hujan bulanan terhadap konsentrasi rata-rata partikulat terlihat lebih signifikan, ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi pada Tabel 15. Hal tersebut ditunjukkan pula oleh fluktuasi nilai konsentrasi partikulat rata-rata per bulan, yang meningkat ketika curah hujan menurun (musim kemarau). Semakin panjang periode kering, konsentrasi partikulat makin tinggi (Gambar 172).

Tabel 15 Korelasi curah hujan bulanan terhadap rata-rata konsentrasi partikulat tahun 2024

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
PM₁₀	-0.88	-0.65	-0.34	-0.48	-0.36
PM_{2.5}	-0.86	-0.63	-0.45	-0.11	-0.62



(a)



(b)

Gambar 172 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar (a) bulanan (b) harian tahun 2024

4. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi di Stasiun Pemantau Berbasis Sensor

4.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA)

Konsentrasi pencemar udara pada Januari-Desember tahun 2024 di stasiun berbasis sensor memiliki nilai yang beragam (Tabel 16). Rata-rata harian polutan PM_{2.5} dan SO₂ bulan Januari-Desember tahun 2024 menunjukkan nilai melebihi BMUA 1 tahun sesuai PP No 22 tahun 2021 Lampiran VII. Selain itu, polutan PM₁₀ juga melebihi BMUA 1 tahun kecuali di DKI7 Penjaringan. Parameter O₃, NO₂ dan CO tidak melebihi BMUA 1 tahun.

Merujuk kepada nilai Air Quality Guideline WHO (AQG WHO), konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5}, PM₁₀ dan NO₂ bulan Januari-Desember tahun 2024 di stasiun berbasis sensor sudah melampaui nilai AQG WHO 1 tahun (WHO 2021). Konsentrasi rata-rata harian O₃ di semua SPKUA tidak ada yang melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021). Pada AQG WHO tidak ada parameter CO dan SO₂ untuk tahunan.

Data stasiun non referensi menunjukkan rata-rata harian PM₁₀ dan PM_{2.5} tertinggi tercatat di DKI10 Cilangkap sebesar 66.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM₁₀) dan di DKI6 Manggalabismma sebesar 40.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{2.5}). Pencemar SO₂ tertinggi tercatat di DKI13 Gombolpaya sebesar 136.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Karbonmonoksida (CO) tertinggi terukur di DKI11 Pulomas sebesar 1413.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, Ozon (O₃) tertinggi terukur di hampir semua stasiun kecuali DKI14 Tanjung Timor sebesar 19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ozon dihitung nilai rata-rata harian dalam periode waktu pukul 06.00-18.00 WIB sesuai PP 22 tahun 2021 Lampiran VII. Nitrogen dioksida (NO₂) bernilai tertinggi di DKI11 Pulomas sebesar 28.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sebagai catatan tambahan, data konsentrasi polutan gas masih belum stabil untuk SPKU berbasis sensor tersebut.

Tabel 16 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 stasiun berbasis sensor

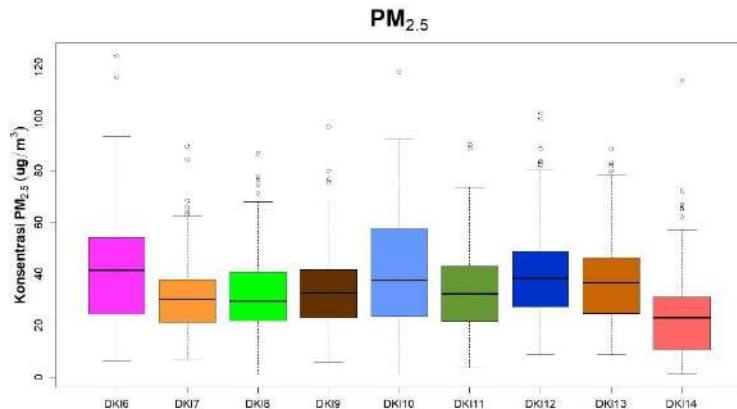
Parameter	Konsentrasi rata-rata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									BMUA 1 Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	DKI6 Manggalabismma	DKI7 Penjaringan	DKI8 Ragunan	DKI9 Ciracas	DKI10 Cilangkap	DKI11 Pulomas	DKI12 Cendrawasih	DKI13 Gombolpaya	DKI14 Tanjung Timor	PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM10	47.3	34.4	42.1	47.2	66.3	52.2	42.5	44.8	37.4	40	15
PM2.5	40.9	30.2	31.2	32.6	40.2	32.3	39.3	36.6	23.5	15	5
SO2	112.8	123.5	103.3	113.0	92.0	94.9	84.5	136.2	65.3	45	
CO	275.9	1322.0	526.3	417.2	318.1	1413.6	646.6	300.5	120.0		
O3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	17.2	35	
NO2	18.7	22.8	17.6	21.0	20.9	28.8	27.6	20.8	14.1	50	10

4.1.1. Partikulat (*Particulate Matter – PM*)

4.1.1.1 PM_{2.5}

Kisaran nilai konsentrasi PM_{2.5} harian di Jakarta pada Januari-Desember tahun 2024 sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Namun untuk analisis lebih lanjut hanya menggunakan data Maret-Desember, hal ini dikarenakan data pada bulan Januari dan Februari belum stabil. Analisis *boxplot* dapat memberikan gambaran kisaran nilai serta data pencilan yang didapatkan. Kisaran data di setiap lokasi pemantauan dapat terlihat pada grafik *boxplot* (Gambar 173). Konsentrasi minimum dan maksimum bervariasi antar stasiun.

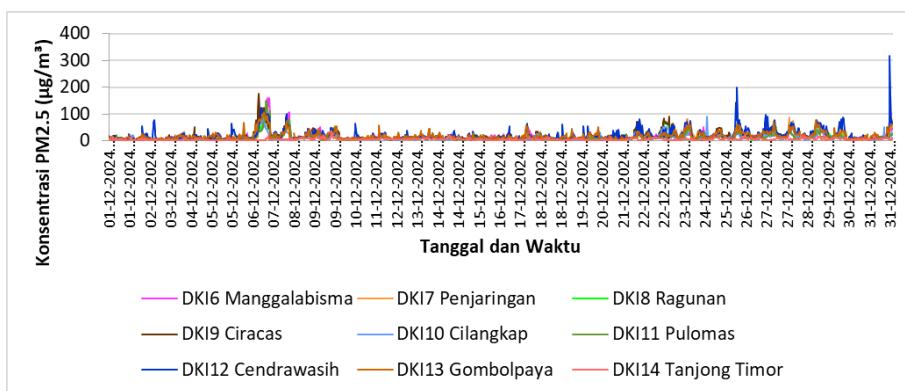
Kisaran nilai terbesar dan nilai median tertinggi terdapat di DKI6 Manggalabisma. Sementara itu, kisaran nilai terkecil terdapat DKI14 Tanjung Timor.



Gambar 173 Boxplot Konsentrasi PM_{2.5}

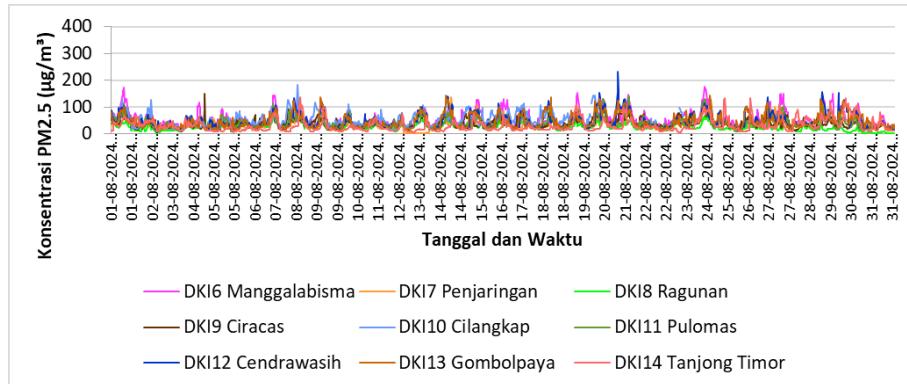
Fluktuasi Konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit

Konsentrasi PM_{2.5} yang terukur antar waktu sangat fluktuatif, namun demikian pola fluktuasinya hampir sama antar lokasi, terlihat bahwa ketika terjadi peningkatan konsentrasi, maka di semua lokasi juga terdapat peningkatan, walaupun besar peningkatan tidak sama. Konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit saat musim hujan terlihat lebih stabil di bawah 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kecuali ada lonjakan pada beberapa hari (Gambar 174), sementara itu Gambar 175 menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit saat musim kemarau lebih fluktuatif dan nilainya lebih dari 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Peningkatan konsentrasi pencemar pada musim kemarau khususnya PM_{2.5} dapat diakibatkan oleh kondisi tanpa hujan selama beberapa hari. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada sub-bab analisis faktor meteorologi. Peningkatan konsentrasi pencemar bisa juga terjadi akibat adanya sumber emisi sesaat seperti perayaan malam tahun baru atau kunjungan wisata.



Desember

Gambar 174 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit musim hujan tahun 2024



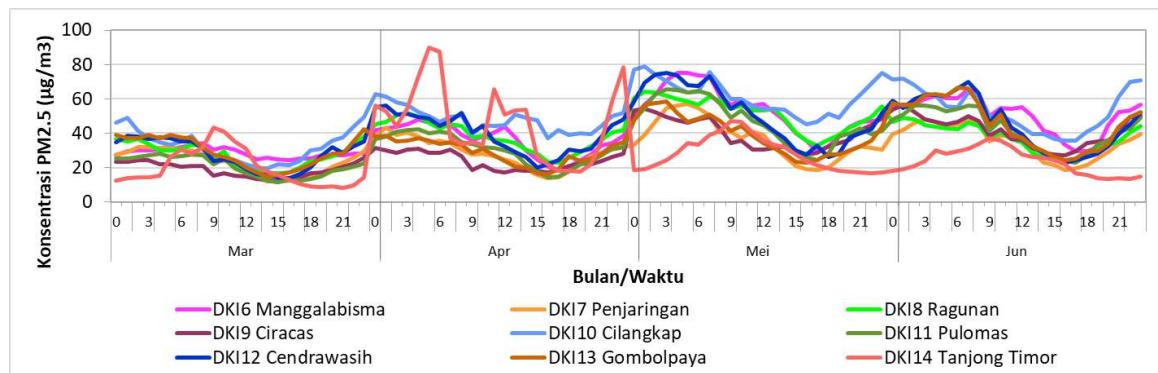
Agustus

Gambar 175 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit musim kemarau tahun 2024

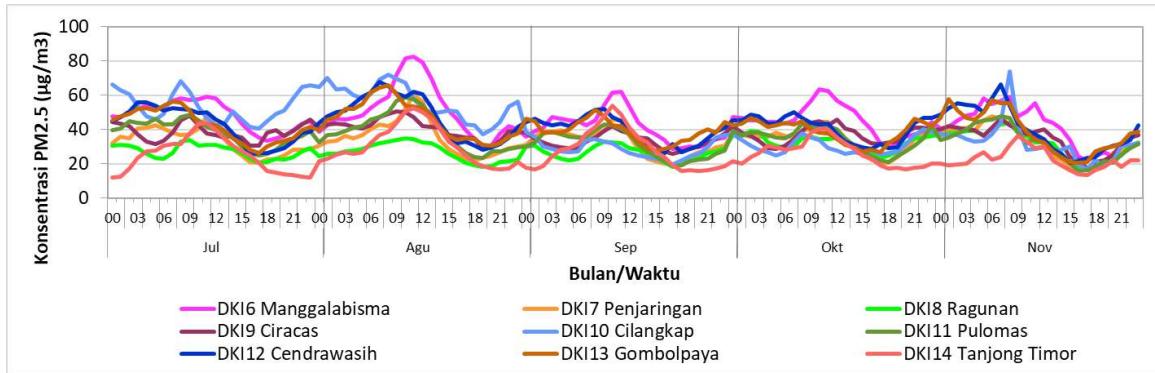
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} diurnal (rata-rata per jam)

Konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) bulan Maret-November menunjukkan peningkatan konsentrasi PM_{2.5} pada pukul 07.00-09.00 WIB dan relatif menurun pada siang hari (Gambar 176). Pada pukul 07.00-09.00 WIB terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA dan peningkatan paling tinggi rata pada jam 08.00 WIB namun DKI14 Tanjung Timor mempunyai pola yang berbeda jika dibandingkan dengan SPKUA lainnya. Pada malam hari sejak pukul 18.00 WIB terjadi peningkatan kembali konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA, tertinggi di DKI10 Cilangkap (Maret-Agustus) dan DKI6 Manggalabisma (Agustus-November).

Pada bulan Maret fluktuasi diurnal tidak terlalu besar, kemudian bulan April hingga Agustus mulai meningkat dan menurun pada bulan September-November (Gambar 176). Konsentrasi polutan yang stabil di bulan Maret bersamaan dengan kondisi hujan tertinggi diantara bulan lainnya (April-Juni). Curah hujan tinggi dapat menyebabkan pencucian polutan di udara. Namun demikian hal ini sangat bergantung pada kejadian hujan itu sendiri. Menurut penelitian Wang *et al.* (2023), 7 kejadian presipitasi dapat menurunkan konsentrasi PM_{2.5} sebesar 58% pada saat hujan, dan 43 % setelah hujan, dibanding konsentrasi sebelum kejadian hujan. Pada kondisi lain, dapat terjadi peningkatan konsentrasi partikulat saat hujan dan setelahnya, yang diakibatkan oleh peningkatan sumber emisi (jumlah kendaraan meningkat saat hujan) dan terdapat konveksi atmosfer secara vertikal. Besaran curah hujan akan turut memengaruhi proses pencucian polutan di atmosfer, sebagaimana hasil penelitian Liu *et al.* (2020) dan Wang dan He (2020).



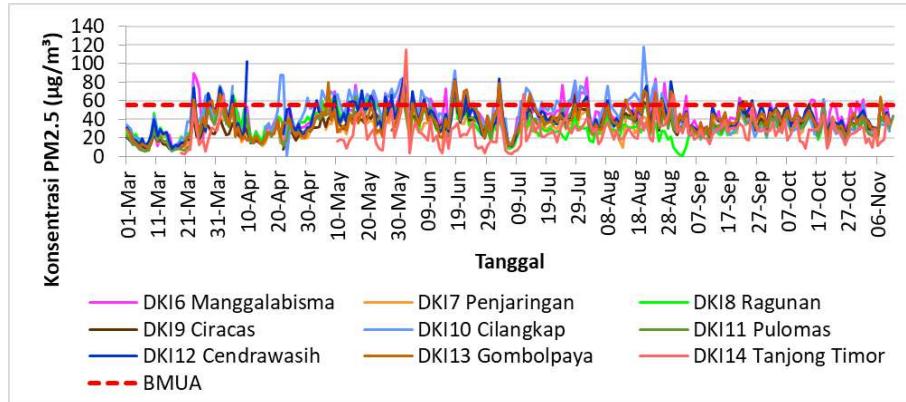
Gambar 176 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2024



Gambar 176 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2024

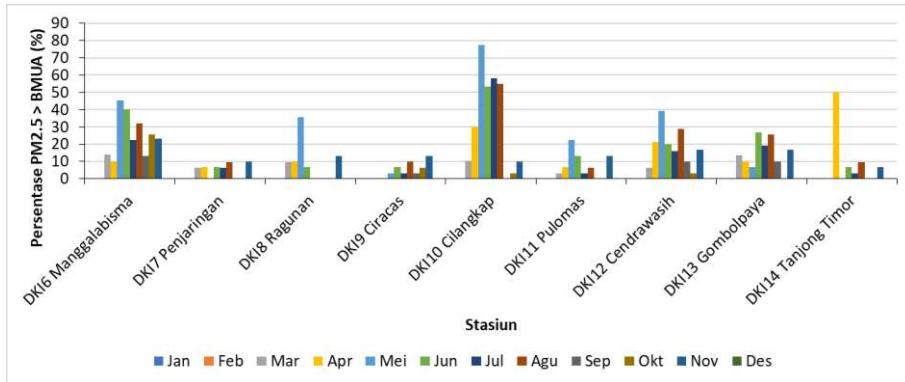
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam pada bulan Maret-November 2024 ditampilkan pada Gambar 156. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama di sembilan titik pantau, walaupun dengan besaran yang berbeda-beda. Secara keseluruhan, memasuki bulan Mei terdapat peningkatan yang signifikan konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5}, dengan rata-rata tertinggi pada bulan Agustus mendekati 120 µg/m³ di DKI10 Cilangkap. Fluktuasi rata-rata harian di DKI10 Cilangkap memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan SPKUA lain, hal ini memerlukan penelaahan lebih lanjut terkait sumber-sumber emisi yang berkontribusi. Secara umum, Konsentrasi PM_{2.5} melebihi BMUA 24 jam pada bulan akhir Maret, awal April, Mei, dan Juni hingga Agustus kecuali akhir Juni konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA kurang dari nilai BMUA 24 jam.



Gambar 177 Fluktuasi harian konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2024

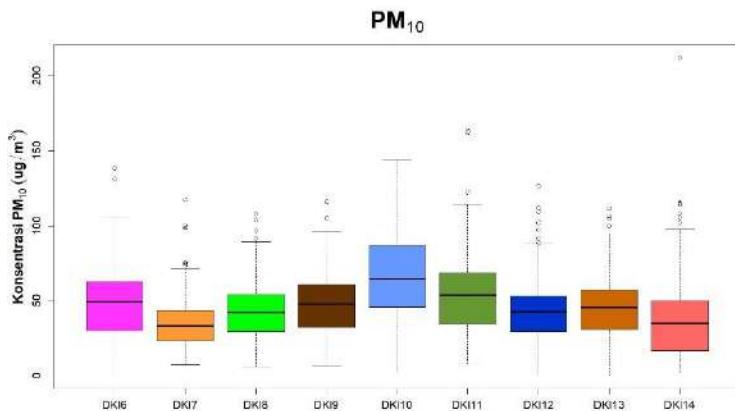
Kualitas udara juga dapat dilihat dari jumlah hari yang melebihi nilai BMUA. Jumlah hari dengan nilai konsentrasi rata-rata melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 55 µg/m³ tertinggi terdapat di DKI10 Cilangkap, bulan Mei > 70% (Gambar 178). Pada umumnya bulan Mei di semua SPKUA memiliki hari dengan konsentrasi rata-rata PM_{2.5} melampaui nilai BMUA 24 jam paling tinggi, kecuali di Tanjung Timur, bulan April. Hal ini dimungkinkan karena curah hujan bulan Mei di hampir semua SPKUA rendah atau tidak terdapat hujan.



Gambar 178 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.1.1.2 PM₁₀

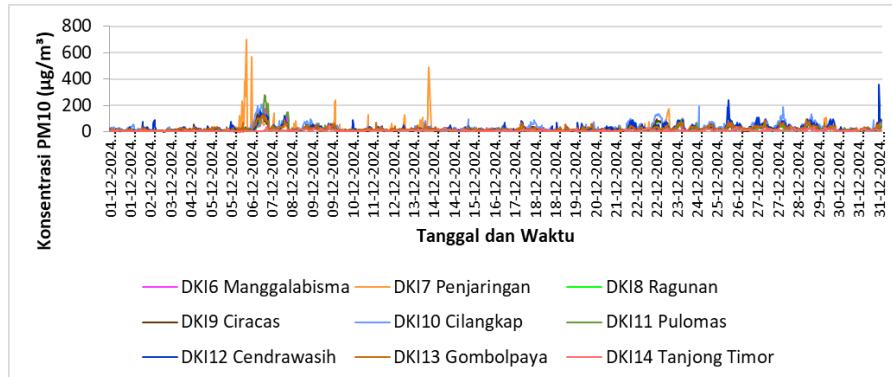
Kisaran nilai konsentrasi PM₁₀ harian pada Maret-Desember tahun 2024 sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Kisaran nilai maksimum dan minimum juga bervariasi antar Lokasi stasiun. Kisaran terbesar dan nilai median tertinggi terukur di DKI10 Cilangkap (Gambar 179). Kisaran terkecil dan nilai median terkecil terendah terukur di DKI7 Penjaringan.



Gambar 179 Boxplot Konsentrasi PM₁₀

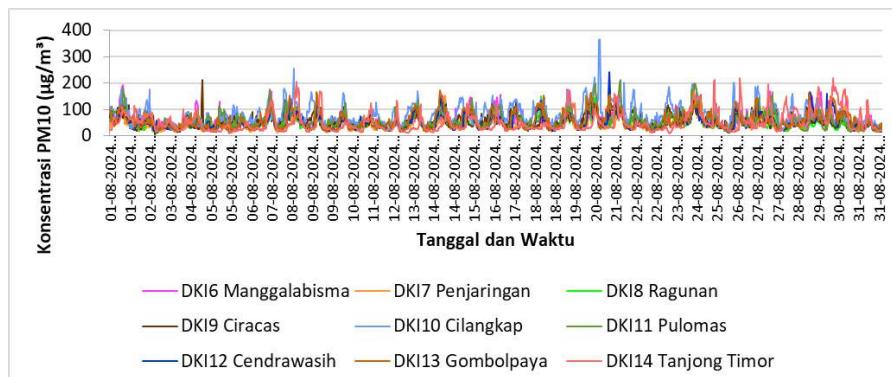
Fluktuasi Konsentrasi PM₁₀ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀, sebagaimana fluktuasi konsentrasi PM_{2.5}, memiliki pola hampir sama di setiap lokasi, sehingga dari grafik terlihat pola pergerakan yang sama (Gambar 180 dan 181). Konsentrasi PM₁₀ per 30 menit pada musim hujan terlihat lebih stabil di bawah 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meskipun ada lonjakan yang tinggi hingga 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI7 Penjaringan (Gambar 181). Sementara itu, konsentrasi PM₁₀ per 30 menit pada musim kemarau terlihat lebih fluktuatif dengan puncak mendekati 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bahkan ada yang melebihi 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Cilangkap (Gambar 180).



Desember

Gambar 180 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit musim hujan tahun 2024

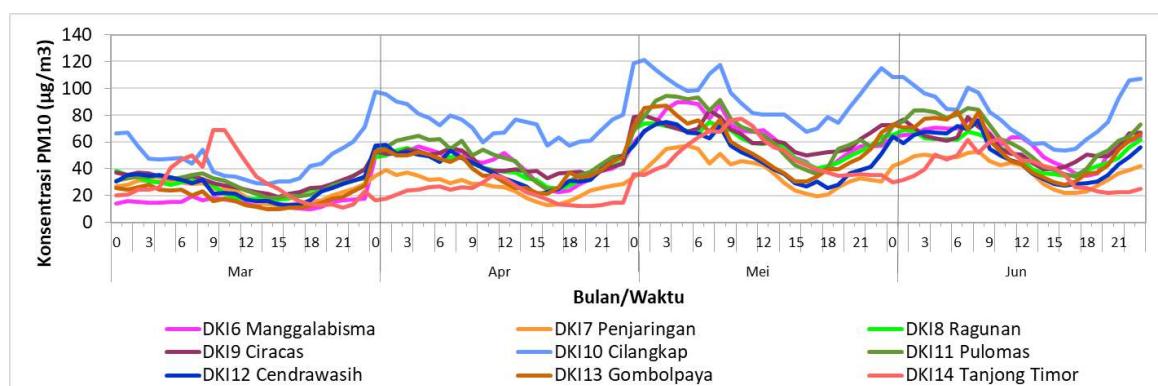


Agustus

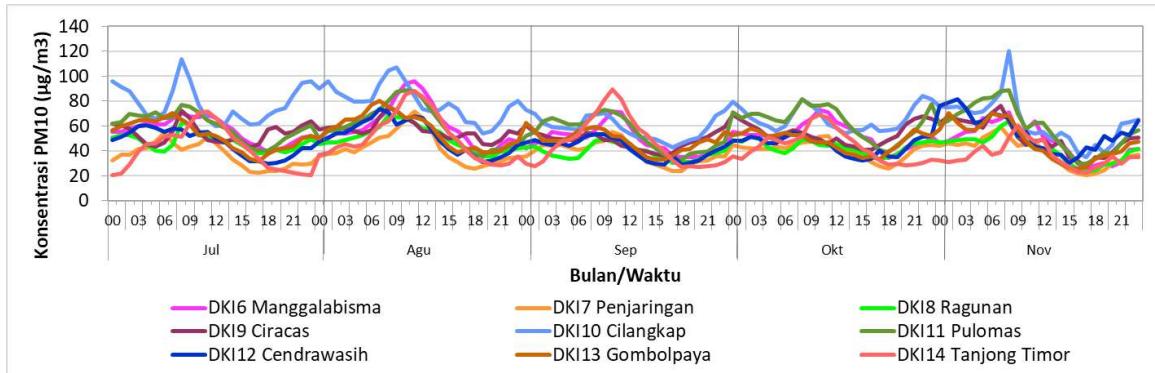
Gambar 181 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ diurnal (rata-rata per jam)

Berdasarkan fluktuasi harian (diurnal), konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ menunjukkan peningkatan konsentrasi pada malam hingga dini hari, hal ini sama dengan PM_{2.5}. Pada pagi hari kisaran pukul 07.00-09.00 WIB mengalami peningkatan dan menurun pada siang hari hingga terendah pada kisaran pukul 17.00-18.00 WIB (Gambar 182). DKI14 Tanjung Timor mempunyai pola yang berbeda dengan SPKUA lainnya, terlihat puncak saat pagi hari lebih lambat terjadi dibanding SKUA lainnya. Selain itu, memasuki bulan April hingga Agustus konsentrasi PM₁₀ terlihat meningkat. Secara umum konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ tertinggi terjadi di DKI10 Cilangkap.



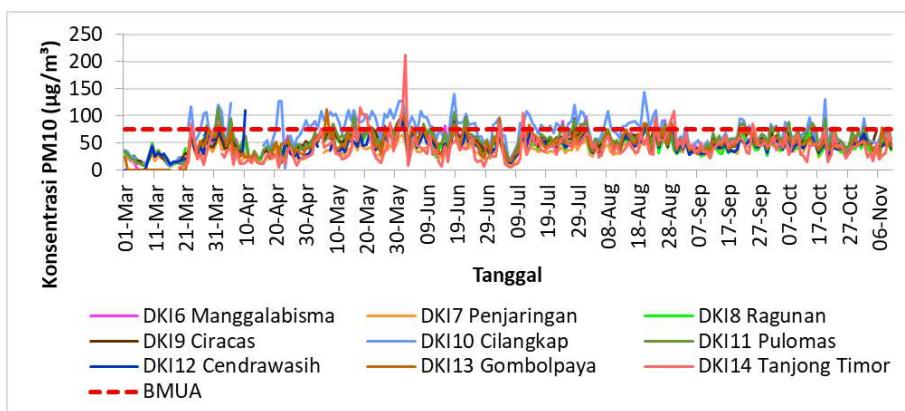
Gambar 182 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM₁₀ per bulan tahun 2024



Gambar 182 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM₁₀ per bulan tahun 2024

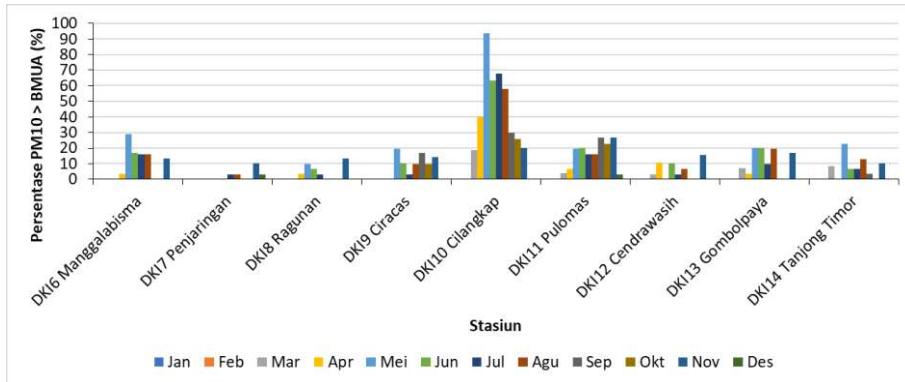
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Kualitas udara Kota Jakarta berdasarkan konsentrasi PM₁₀ dapat dilihat berdasarkan nilai rata-rata harian yang dibandingkan dengan nilai BMUA 24 jam sesuai PP No 22 tahun 2021, sebesar 75 µg/m³. Gambar 183 menunjukkan fluktuasi nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian pada bulan Maret-November 2024. Hampir tiap bulan terdapat hari dengan nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian mencapai nilai BMUA 24 jam. Pada awal hingga pertengahan Maret dan September pada semua SPKUA, nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian tidak ada yang melebihi nilai BMUA 24 jam.



Gambar 183 Fluktuasi harian PM₁₀ per bulan tahun 2024

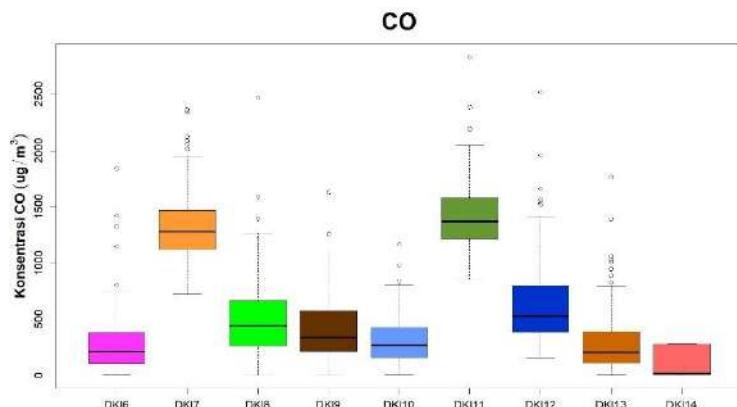
Kualitas udara berdasarkan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀, lokasi dengan jumlah hari melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 75 µg/m³ tertinggi terdapat di DKI10 Cilangkap, pada bulan Mei mencapai 94% (Gambar 184). Secara keseluruhan di DKI7 Penjaringan hari dengan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ melebihi nilai BMUA paling sedikit dibandingkan lokasi pemantauan lainnya, yakni hanya pada bulan Juli dan Agustus. Sementara itu, bulan Juli hampir di semua SPKUA mempunyai hari dengan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ melebihi nilai BMUA, namun jumlah hari tertinggi terdapat pada bulan Mei kecuali di DKI 7 Penjaringan, DKI11 Pulomas dan DKI12 Cendrawasih. Hal ini sebagaimana penjelasan pada PM_{2.5} berkaitan dengan curah hujan yang rendah di bulan Mei pada semua SPKUA.



Gambar 184 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m³)

4.1.2. Karbon Monoksida (CO)

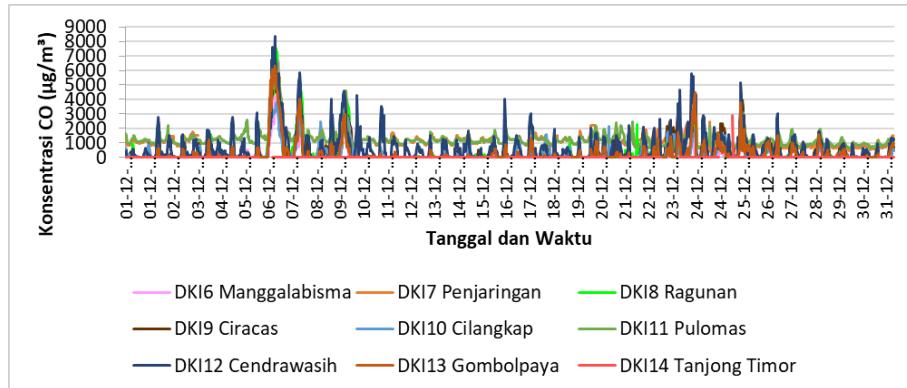
Data nilai kisaran konsentrasi CO hasil pemantauan pada Januari-Desember 2024 di sembilan Stasiun disajikan dalam bentuk boxplot (Gambar 185). Berdasar analisis boxplot, kisaran nilai konsentrasi yang beragam antar tempat. Nilai median tertinggi DKI11 Pulomas dan terendah terukur di DKI14 Tanjung Timor. Jika diperhatikan, kisaran data di DKI7 Penjaringan dan DKI11 Pulomas lebih tinggi dibanding SPKUA lainnya dan nilainya di atas 1000 µg/m³.



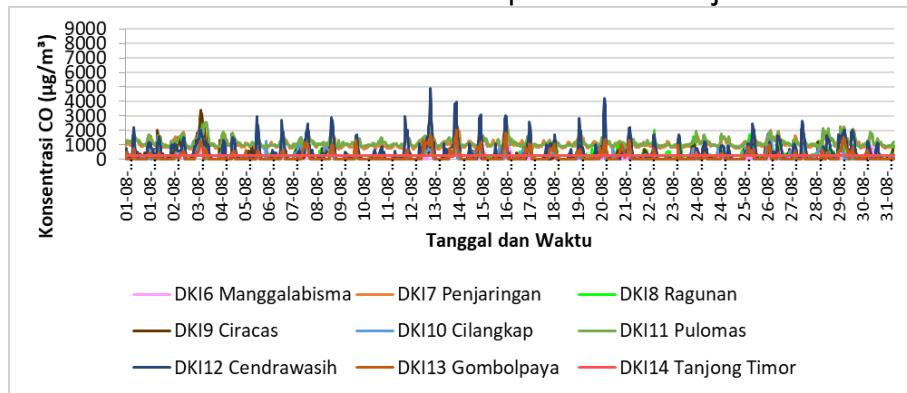
Gambar 185 Boxplot konsentrasi CO

Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit

Konsentrasi CO sangat fluktuatif, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 186, fluktuasi per 30 menit hanya disajikan untuk bulan Juni-Desember 2024 dikarenakan bulan sebelumnya lainnya data belum stabil. Konsentrasi tertinggi 7064,02 µg/m³, tercatat pada tanggal 4 September 2024 di DKI8 Ragunan. Busa *et al.* (2022), jumlah sumber emisi dan kondisi meteorologi seperti kecepatan angin dan stabilitas atmosfer sangat memengaruhi fluktuasi konsentrasi CO di udara ambien. Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit musim kemarau terlihat stabil.



Gambar 186 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit hujan tahun 2024

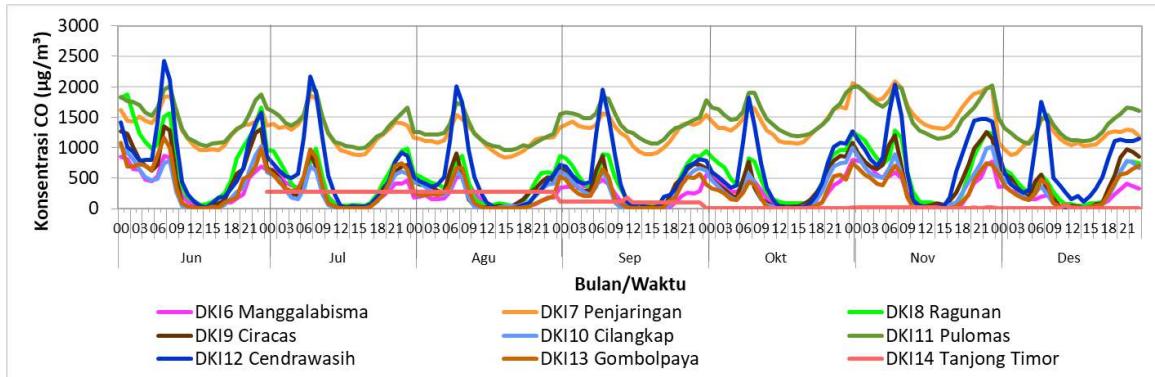


Gambar 187 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi CO diurnal (rata-rata per jam)

Konsentrasi CO rata-rata perjam, secara diurnal bulan Juni 2024 memiliki nilai jauh di bawah nilai BMUA 1 jam nasional sebesar $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 188). Secara umum di seluruh SPKUA konsentrasi CO meningkat menjelang malam dan menurun di siang hari. Lapisan udara yang stabil pada malam hari menyebabkan potensi pencemar terakumulasi di permukaan (Busa *et al.* 2022). Pada pagi hari terjadi peningkatan konsentrasi sekitar pukul 6.00-9.00 WIB (berbeda antar lokasi). Hal ini diakibatkan oleh kepadatan lalu lintas pada saat berangkat kerja sebagian besar masyarakat baik warga DKI Jakarta maupun masyarakat dari luar Jakarta. Selain kepadatan lalu lintas, konsentrasi CO juga dapat meningkat dengan adanya aktivitas pembakaran sampah ataupun jenis proses pembakaran tidak sempurna lainnya di sekitar pemantau.

Nilai tertinggi konsentrasi CO per jam, $< 2500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, umumnya terjadi pada pagi hari sekitar pukul 7.00-8.00 WIB. Namun demikian secara spesifik berbeda-beda waktu di tiap lokasi dan terukur tertinggi di DKI12 Cendrawasih pada pukul 7.00-8.00 WIB dan DKI11 Pulomas pada jam-jam lainnya. Pola konsentrasi CO di DKI7 Penjaringan dan DKI11 Pulomas berbeda dari lokasi pemantauan lainnya. Konsentrasi CO diurnal terendah bervariasi, pada umumnya terendah di DKI6 Manggalabism, DKI10 Cilangkap dan DKI13 Gombolpaya. Siang hari sekitar pukul 10.00-17.00 WIB CO cenderung menurun di semua lokasi. Sementara itu, DKI14 Tanjung Timor baru terdapat data CO dari Juli hingga Desember namun polanya masih berbeda dari lokasi lainnya, hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi lokal tanjung Timur di tepi pantai (kepulauan).

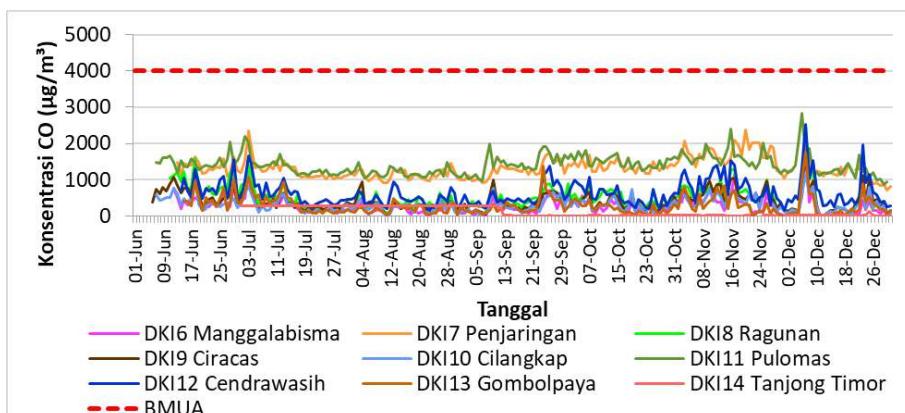


Gambar 188 Fluktuasi konsentrasi CO diurnal tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata siang hari dan perbandingan dengan BMUA

Berdasar Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, BMUA nasional CO tidak ada yang 24 jam, tetapi periodenya adalah 8 jam. Oleh karena itu, untuk perbandingan dengan nilai BMUA tersebut, konsentrasi CO dibuat rata-rata pukul 06.00-18.00 WIB. Hasilnya menunjukkan konsentrasi rata-rata 8 jam CO masih di bawah nilai BMUA nasional sebesar $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fluktuasi pada masing-masing SPKUA ditunjukkan pada Gambar 189.

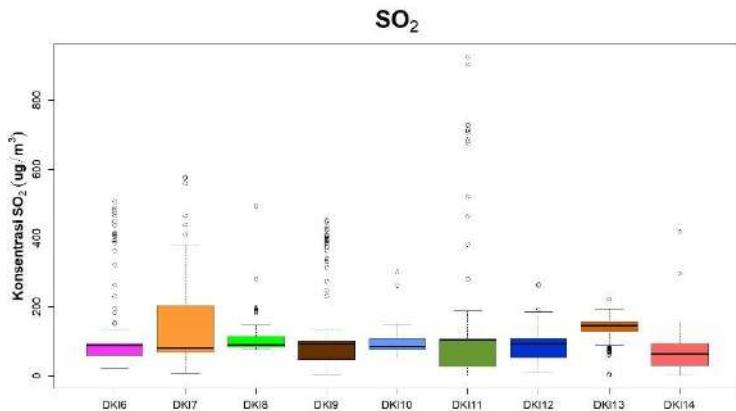
Fluktuasi nilai konsentrasi rata-rata harian setiap bulan antar lokasi sangat beragam, namun keseluruhan rata-rata pada bulan Juni masih dibawah nilai $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi CO tertinggi terdapat di DKI11 Pulomas dan terendah di DKI13 Gombolpaya. Sementara itu, konsentrasi CO di DKI14 Tanjung Timor terendah dan polanya berbeda dari Lokasi pemantauan lainnya.



Gambar 189 Fluktuasi konsentrasi CO harian tahun 2024

4.1.3. Sulfur Dioksida (SO_2)

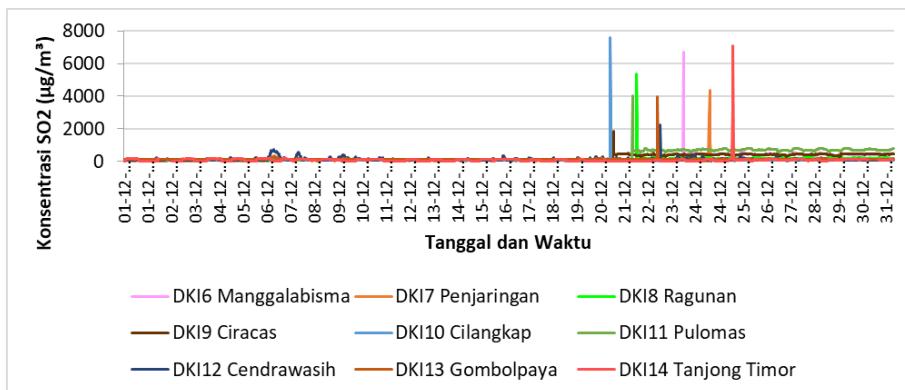
Data konsentrasi SO_2 hasil pemantauan memiliki kisaran nilai maksimum dan minimum antar lokasi sangat berbeda (Gambar 190). Kisaran data terbesar terukur di DKI7 Penjaringan dan terendah terdapat di DKI8 Ragunan. Nilai median tertinggi tercatat di DKI13 Gombolpaya dan terendah di DKI14 Tanjung Timor. Namun demikian terdapat beberapa pencutan data di DKI11 Pulomas. Hal ini akan jelas terlihat pada fluktuasi konsentrasi SO_2 per 30 menit (Gambar 191).



Gambar 190 Boxplot konsentrasi SO₂

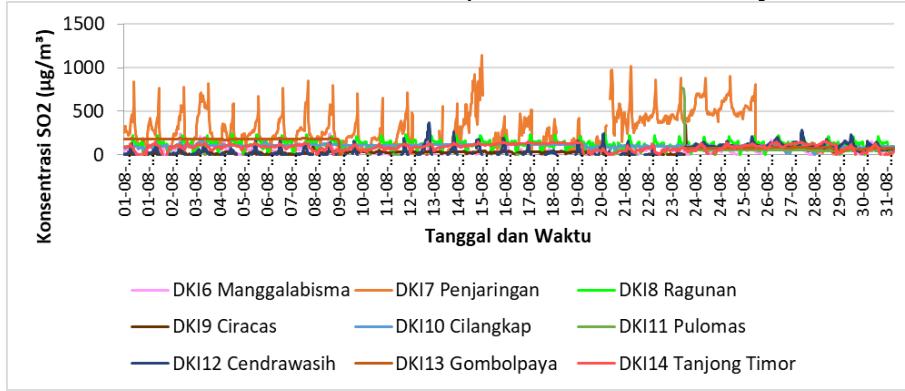
Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit bulan Juni-Desember 2024 menunjukkan bahwa tiap lokasi SPKUA memiliki nilai konsentrasi minimum yang berbeda antar lokasi (Gambar 191 dan 192). DKI7 Penjaringan (Juli-Agustus) dan DKI12 Cendrawasih (Oktober-Desember) cenderung memiliki pola SO₂ yang paling fluktuatif dibandingkan SPKUA lainnya. Kondisi fluktuatif ini sangat berkaitan dengan kondisi sumber emisi. Fluktuasi konsentrasi SO₂ saat musim kemarau cenderung stabil kecuali di DKI13 Gombolpaya (Gambar 192).



Desember

Gambar 191 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024

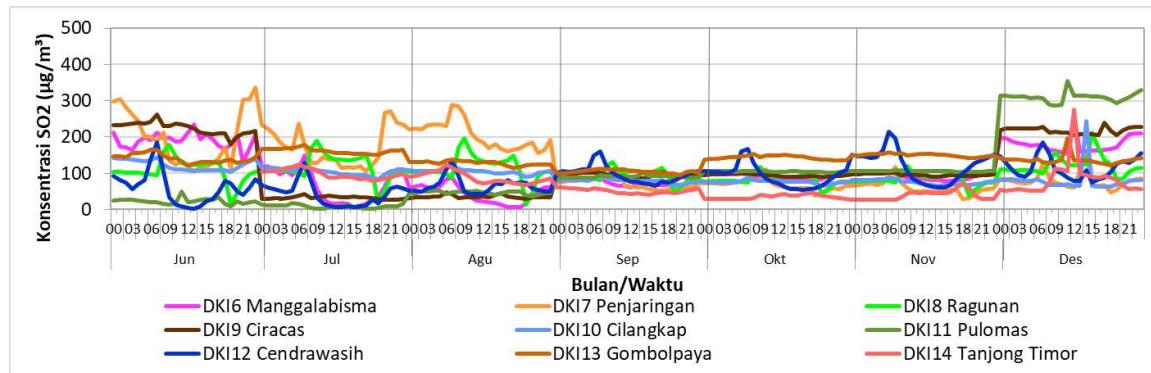


Agustus

Gambar 192 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi SO₂ diurnal (rata-rata per jam)

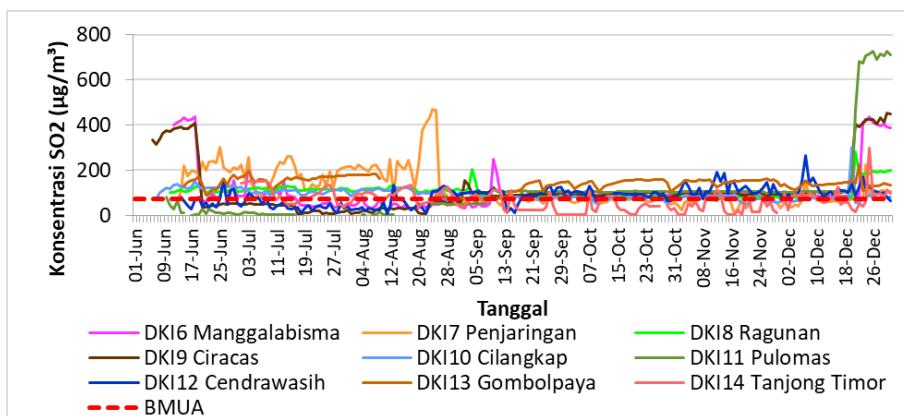
Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ tidak beraturan seperti polutan lainnya, hal ini dikarenakan sangat bergantung pada sumber emisi yang terukur di masing-masing lokasi, setiap saat berbeda. Sumber emisi SO₂ salah satunya dari kendaraan-kendaraan yang berlalu lalang, dan bisa juga dari industri.



Gambar 193 Fluktuasi konsentrasi SO₂ diurnal tahun 2024

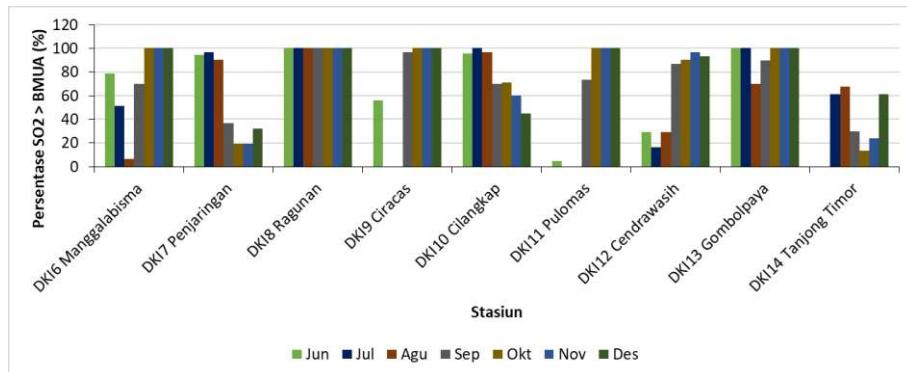
Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Konsentrasi rata-rata harian SO₂ bulan Juni-Desember 2024 hampir di semua SPKUA melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 75 µg/m³ (Gambar 194). Nilai rata-rata harian secara umum di DKI7 Penjaringan bulan Juni-Agustus tertinggi dibanding Lokasi pemantauan lainnya dan di akhir Desember terjadi lonjakan yang besar di DKI11 Pulomas. Data-data konsentrasi SO₂ masih belum stabil.



Gambar 194 Fluktuasi konsentrasi SO₂ harian tahun 2024

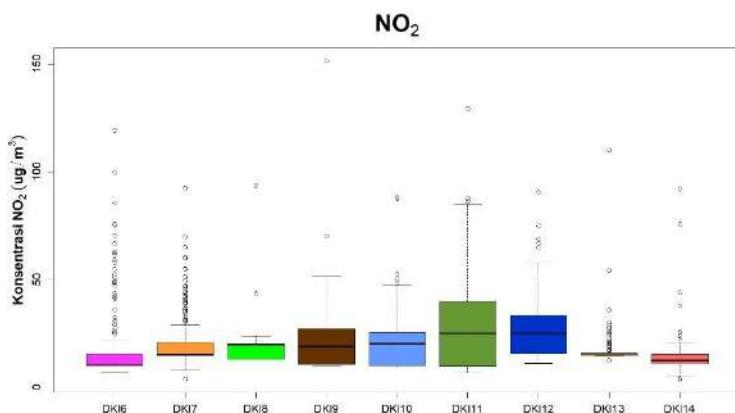
Persentase hari dengan konsentrasi SO₂ melebihi BMUA 24 jam bulan Juni-Desember 2024 di DKI6 Manggalabismma, DKI8 Ragunan, DKI10 Cilangkap, DKI12 Cendrawasih, dan DKI13 Gombolpaya mencapai 100%. Sementara itu, persentase hari melebihi BMUA terkecil terdapat di DKI14 Tanjung Timur. Data-data konsentrasi SO₂ masih belum stabil.



Gambar 195 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m³)

4.1.4. Nitrogen Dioksida (NO₂)

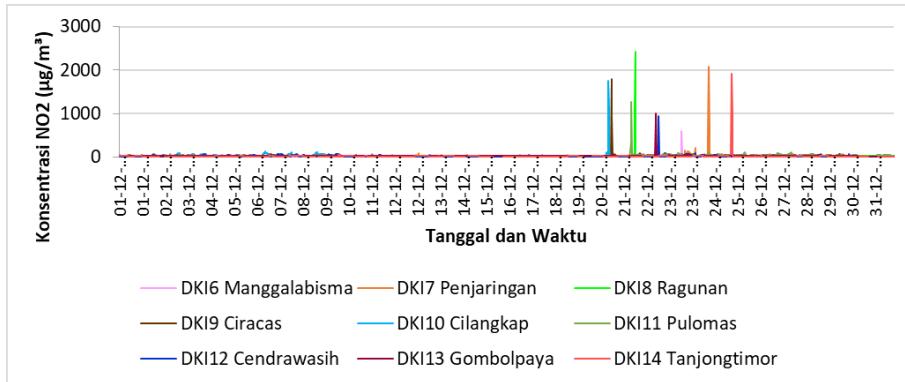
Hasil pemantauan pada 9 SPKUA menunjukkan nilai kisaran konsentrasi NO₂ pada bulan Juni-Desember 2024 terukur sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Nilai median terendah konsentrasi NO₂ di DKI6 Manggalabisma serta tertinggi di DKI 11 Pulomas dan DKI12 Cendrawasih. Kisaran nilai konsentrasi NO₂ di DKI11 Pulomas memiliki rentang nilai yang lebar, hal ini menunjukkan nilai konsentrasi NO₂ beragam dari nilai terendah hingga tertinggi. Sedangkan di DKI13 Gombolpaya memiliki rentang nilai lebih sempit yang menunjukkan nilai konsentrasi terukur lebih stabil pada nilai tertentu (Gambar 196).



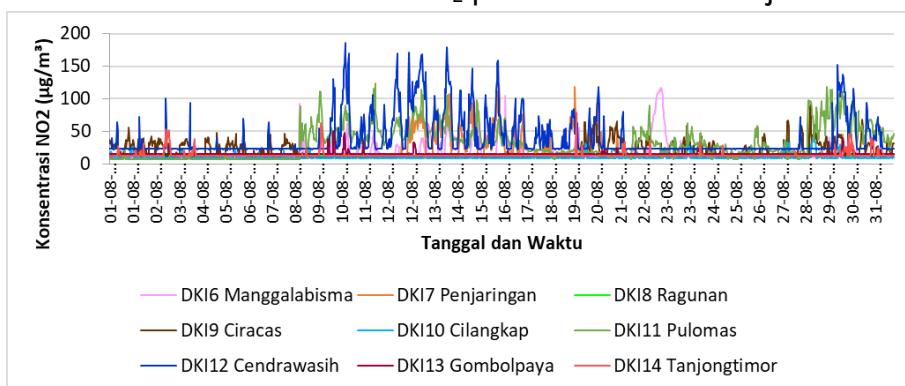
Gambar 196 Boxplot konsentrasi NO₂

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit pada musim hujan dan kemarau tahun 2024 sangat bervariasi (Gambar 197), pada musim hujan ada yang lebih dari 2000 µg/m³. Konsentrasi NO₂ per 30 menit pada musim kemarau terlihat lebih stabil kecuali di DKI12 Cendrawasih (pertengahan) dan DKI11 Pulomas (akhir).



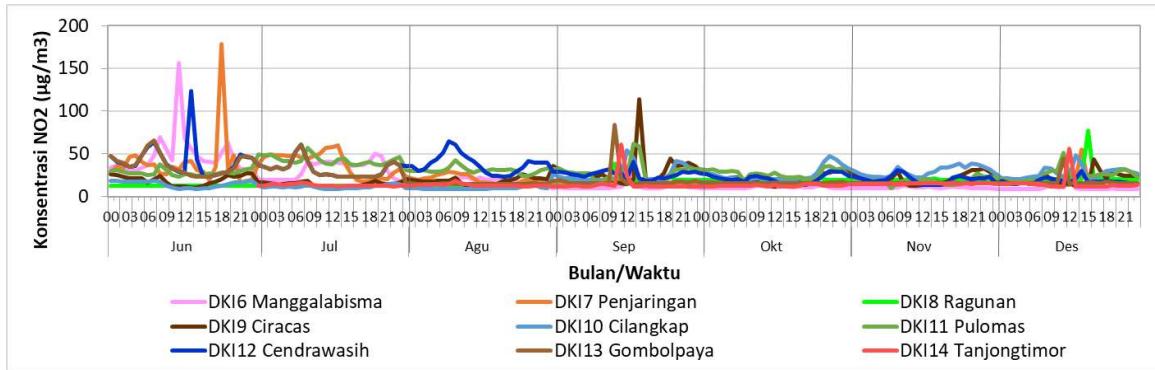
Gambar 197 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit musim hujan tahun 2024



Gambar 198 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi NO₂ diurnal (rata-rata per jam)

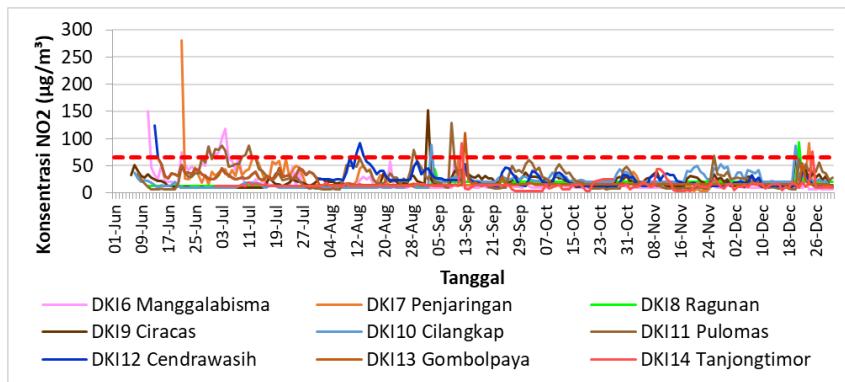
Pola diurnal rata-rata per jam konsentrasi NO₂ di Jakarta mirip seperti pola diurnal CO, dengan peningkatan konsentrasi pada jam 7-9 pagi kecuali di DKI6 Manggalabisma, peningkatan lebih lambat dari SPKUA lainnya khususnya sampai bulan Agustus. Secara umum konsentrasi meningkat pada malam hari, menurun pada siang hari, dan terdapat peningkatan sesaat pada pagi hari sekitar pukul 07.00-08.00 WIB di setiap lokasi kecuali DKI6 Manggalabisma (Juni) dan DKI11 Pulomas (Juli) (Gambar 199). Konsentrasi NO₂ jam 20.00-08.00 WIB tertinggi terjadi di DKI12 Cendrawasih, selanjutnya konsentrasi NO₂ setelah jam 08.00 WIB tertinggi terjadi di DKI6 Manggalabisma, khususnya dari bulan Juni-Agustus. Mulai bulan Oktober hingga pertengahan Desember konsentrasi NO₂ terlihat menurun dan lebih stabil. Peningkatan sesaat pada pagi hari dapat dihubungkan dengan aktivitas kendaraan bermotor menjelang jam kerja masyarakat. Pola fluktuasi diurnal mengalami perubahan antar bulan dan antar lokasi.



Gambar 199 Fluktuasi konsentrasi NO₂ diurnal tahun 2024

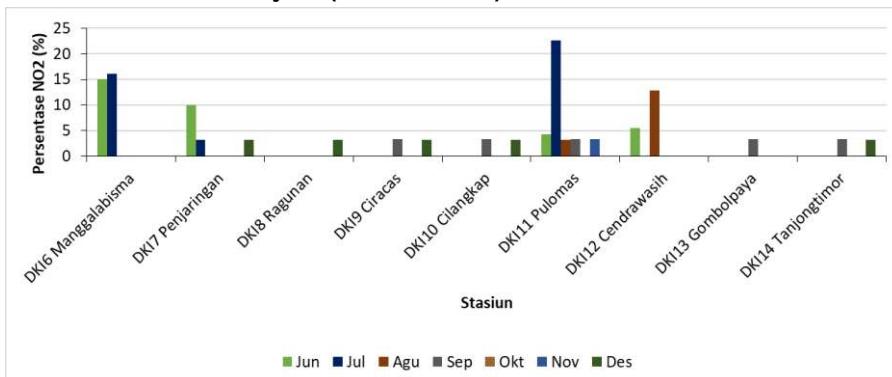
Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Kualitas udara tahun 2024 berdasar konsentrasi NO₂ dapat dilihat melalui perbandingan nilai rata-rata konsentrasi harian terhadap nilai BMUA 24 jam, yaitu sebesar 65 µg/m³. Konsentrasi rata-rata harian NO₂ yang melampaui BMUA nasional tercatat pada beberapa hari pada bulan Juni-Agustus dan Desember di DKI6 Manggalabismma, DKI8 Ragunan, DKI11 Pulomas, dan DKI12 Cendrawasih.



Gambar 200 Fluktuasi konsentrasi NO₂ harian tahun 2024

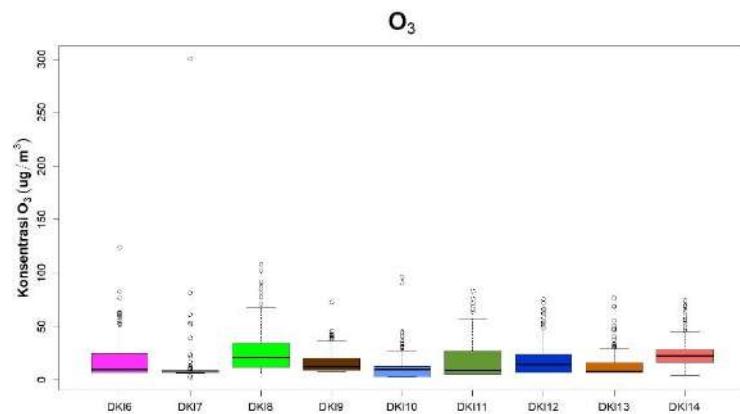
Jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata harian NO₂ melebihi nilai BMUA 24 jam terbanyak pada bulan Juli di DKI11 Pulomas yaitu melebihi 20%. Terdapat beberapa bulan yang melebihi BMUA di DKI6 Manggalabismma, DKI7 Penjaringan, DKI11 Pulomas dan DKI12 Cendrawasih. Sementara di SPKUA lainnya tidak terdapat hari dengan konsentrasi rata-rata harian melebihi nilai BMUA 24 jam (Gambar 201).



Gambar 201 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 µg/m³)

4.1.5.Ozon (O₃)

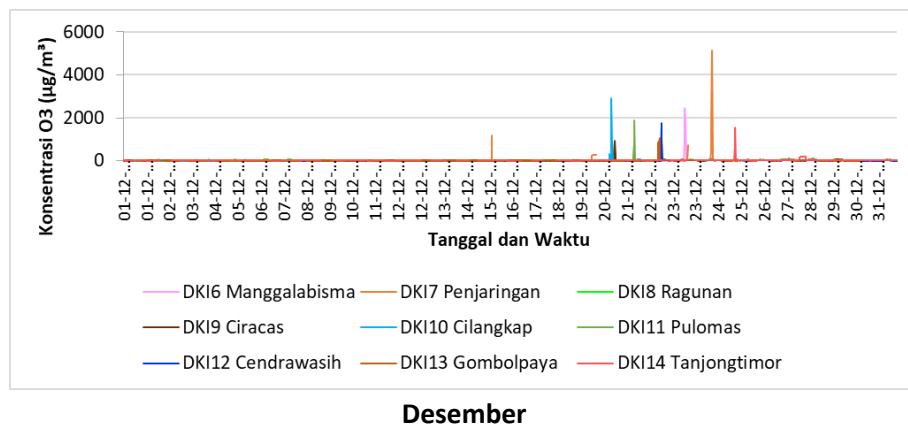
Data konsentrasi O₃ harian menunjukkan kisaran tertinggi di DKI7 Penjaringan dan median terbesar terukur di DKI14 Tanjung Timor (Gambar 202). Nilai median terkecil terdapat pada DKI7 Penjaringan.



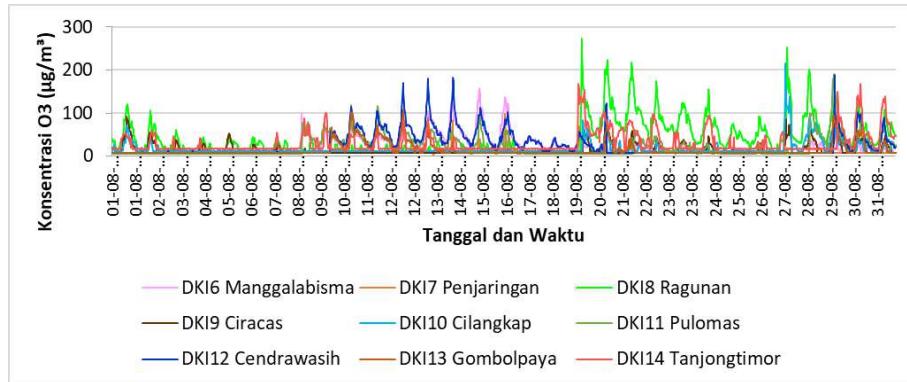
Gambar 202 Boxplot konsentrasi ozon

Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2024 sangat bervariasi (Gambar 203 dan 204). Konsentrasi O₃ saat musim hujan cenderung tidak stabil, terdapat konsentrasi yang lebih dari 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi O₃ saat kemarau terlihat fluktuatif dengan nilai tertinggi di DKI12 Cendrawasih (pertengahan) DKI8 Ragunan (akhir).



Gambar 203 Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit musim hujan tahun 2024

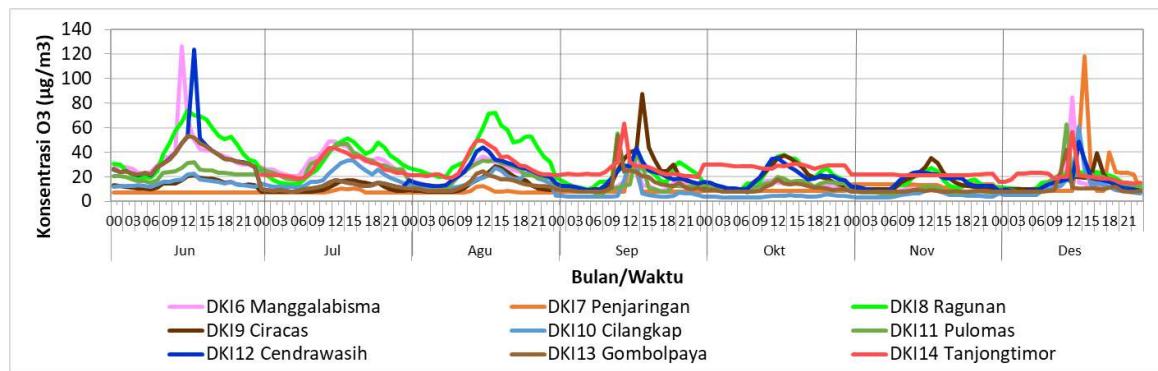


Agustus

Gambar 204 Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit musim kemarau tahun 2024

Fluktuasi konsentrasi O₃ diurnal (rata-rata per jam)

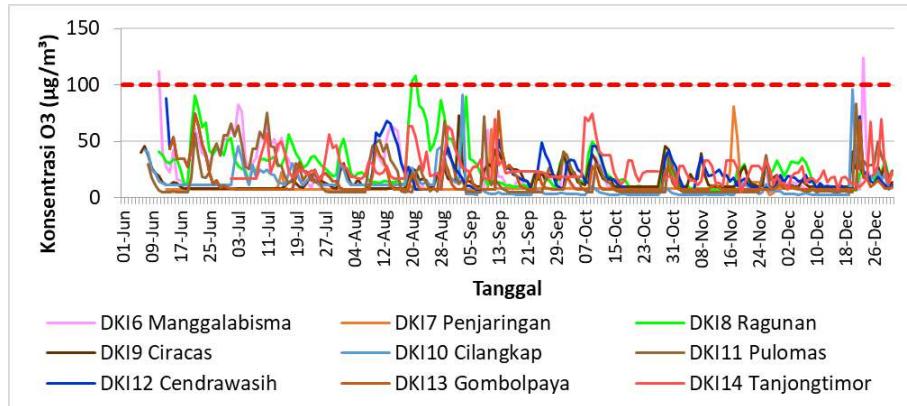
Pola diurnal rata-rata per jam konsentrasi O₃ di Jakarta berkebalikan dengan pola diurnal NO₂ dan CO. Secara umum konsentrasi meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Gambar 205). Hal ini dikarenakan, ozon merupakan polutan sekunder yang terbentuk di atmosfer melalui proses fotokimia dan melibatkan radiasi matahari. Oleh karena itu, konsentrasi ozon akan meningkat di siang hari saat terdapat radiasi matahari. Konsentrasi ozon diurnal tertinggi terukur di DKI8 Ragunan (Juni-Agustus) dan DKI9 Ciracas (September) serta DKI7 Penjaringan (Desember). Sementara itu, di DKI14 Tanjung Timor pada malam hari tetap tinggi, dan konsentrasi paling tinggi pada waktu tersebut dibandingkan lokasi pemantauan lainnya (September-November). Fluktuasi konsentrasi O₃ dipengaruhi keawanan juga posisi relatif matahari antar lintang.



Gambar 205 Fluktuasi konsentrasi O₃ diurnal tahun 2024

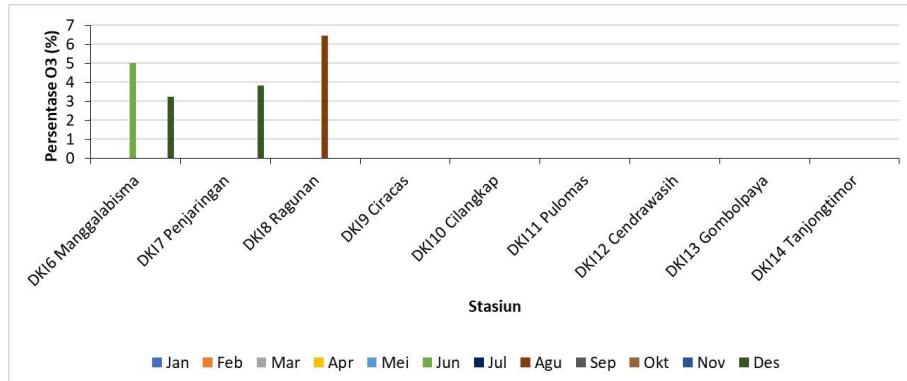
Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata siang hari dan perbandingan dengan BMUA

Kualitas udara Juni-Desember 2024 berdasar konsentrasi O₃ dianalisis melalui perbandingan dengan nilai BMUA 8 jam, yaitu sebesar 100 µg/m³. Konsentrasi rata-rata harian O₃ yang melampaui BMUA nasional hanya tercatat beberapa hari pada bulan Juni, Agustus dan Desember di DKI6 Manggalabismma dan DKI8 Ragunan sebagaimana terlihat pada Gambar 206.



Gambar 206 Fluktuasi konsentrasi O₃ harian tahun 2024

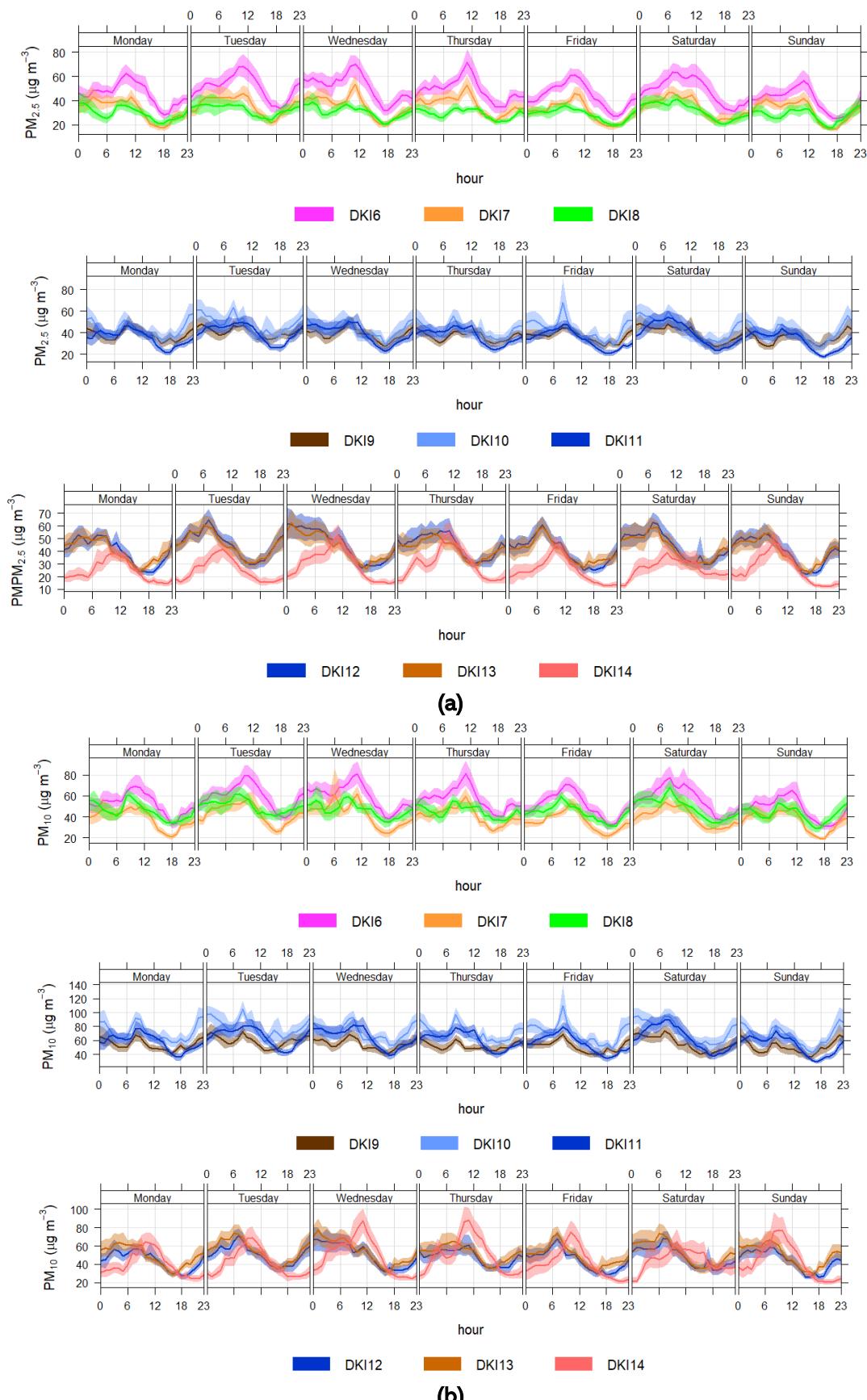
Persentase hari yang memiliki nilai rata-rata melebihi nilai BMUA 8 jam hanya terdapat di DKI8 Ragunan (bulan Agustus), Manggalabismma (Juni dan Desember) dan Penjaringan pada bulan Juni dengan nilai kurang dari 7% (Gambar 207). Sementara di SPKUA lainnya masih dibawah nilai BMUA 8 jam.



Gambar 207 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi O₃ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 µg/m³)

Fluktuasi Kualitas Udara per Pekan

Fluktuasi konsentrasi pencemar udara selama sepekan dilakukan untuk melihat pengaruh aktivitas masyarakat saat hari kerja dan hari libur. Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ fluktuatif secara diurnal dalam sepekan, terlihat bahwa konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ memiliki pola yang hampir sama setiap harinya nilai konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ tertinggi terjadi pada hari kerja terutama pada hari Selasa – Kamis, menurun pada hari Minggu (Gambar 208). Konsentrasi di DKI14 Tanjung Timor terlihat lebih rendah dibanding stasiun lainnya, namun tiap hari memiliki kisaran nilai konsentrasi yang sama. Sementara di Manggalabismma, Cendrawasih dan Gombolpaya relatif lebih tinggi dibanding lokasi lainnya. Konsentrasi partikulat cenderung meningkat menjelang siang hari kecuali di Cilangkap, Cendrawasih dan Gombolpaya puncak konsentrasi partikulat cenderung lebih pagi.



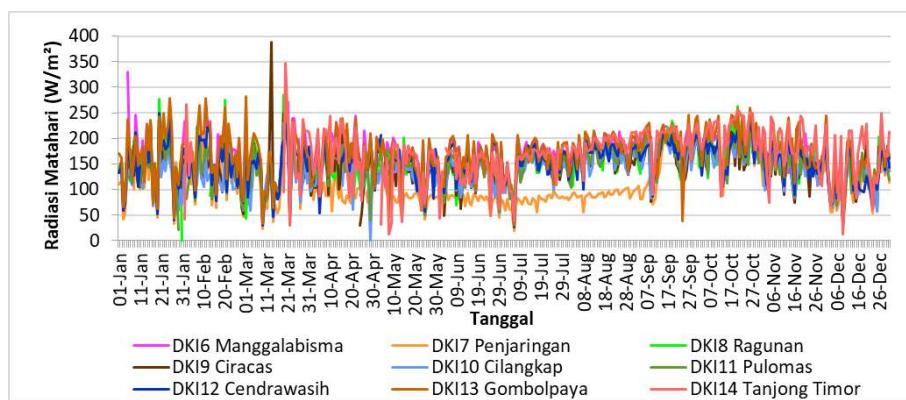
Gambar 208 Konsentrasi diurnal (a) $\text{PM}_{2.5}$ dan (b) PM_{10} per pekan pada 9 SPKU

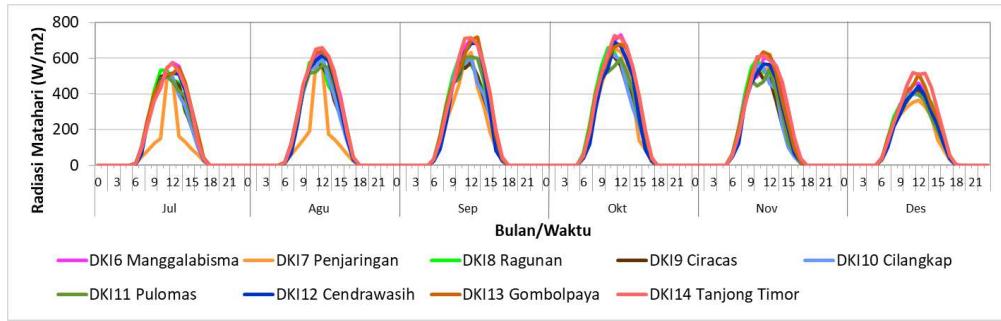
4.2. Analisis Kondisi Meteorologi

4.2.1. Radiasi Matahari

Fluktuasi radiasi matahari rata-rata harian

Besaran radiasi pada siang hari yang diterima berdasarkan data 9 SPKU, berfluktuasi dan berbeda antar lokasi pemantauan. Apabila diperhatikan dari Gambar 209, besaran radiasi global rata-rata harian di DKI7 Penjaringan cenderung lebih kecil terutama dari bulan April-September 2024. Secara umum, terdapat 2 puncak radiasi sekitar Maret-April dan September-Oktober. Hal ini sesuai dengan posisi matahari Dimana pada kedua waktu tersebut posisi matahari berada disekitar ekuator.



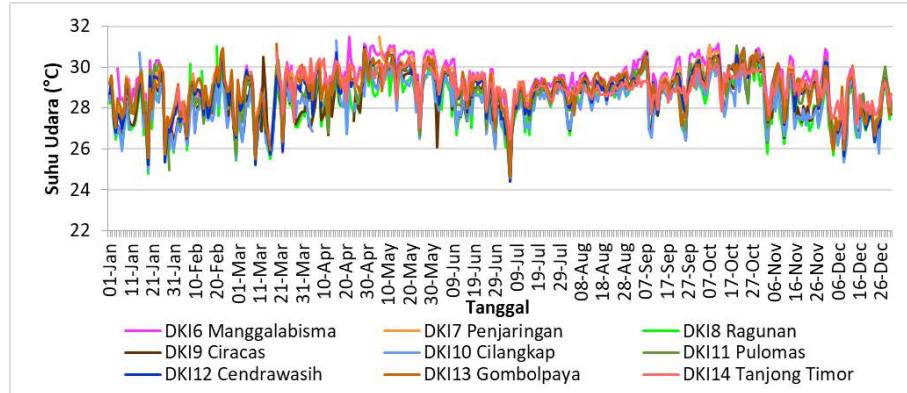


Gambar 210 lanjutan Fluktuasi diurnal radiasi matahari tahun 2024

4.2.2. Suhu Udara

Fluktuasi suhu udara rata-rata harian

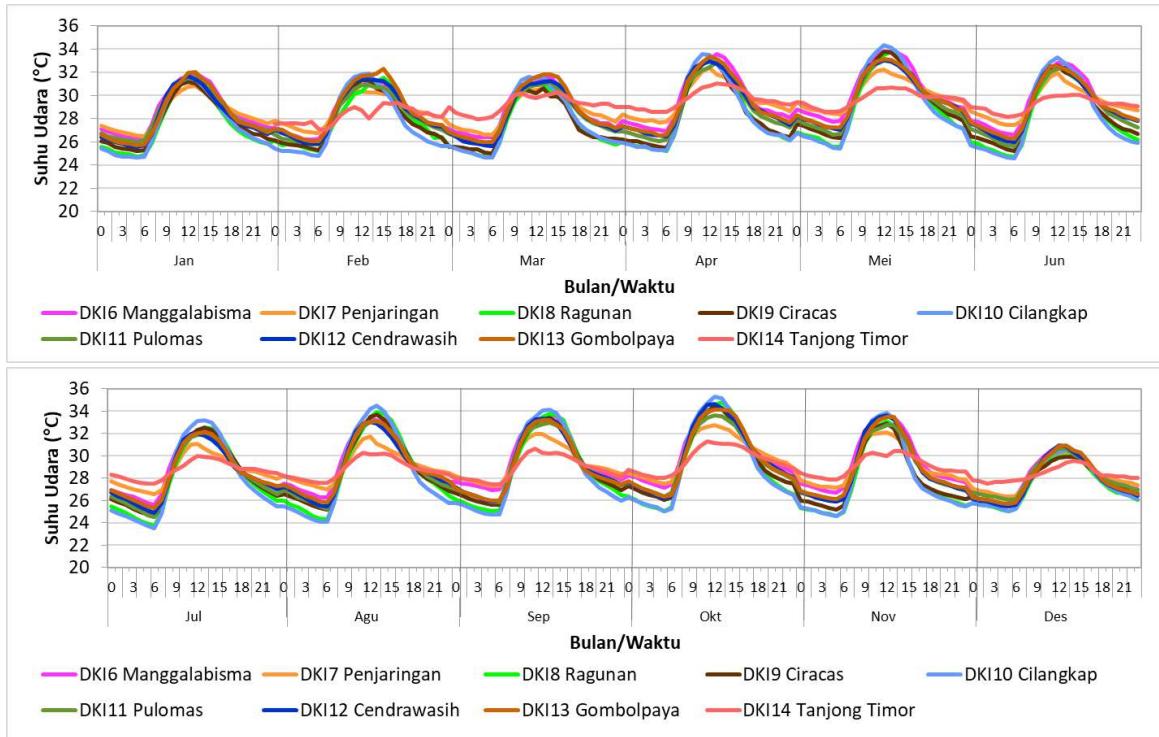
Suhu merupakan representasi dari fluktuasi radiasi matahari, sehingga fluktuasi pola suhu akan mengikuti pola radiasi matahari. Suhu harian rata-rata bulan Januari-Desember di DKI6 sampai DKI14 berfluktuasi antara 24-31 °C (Gambar 211). Suhu udara juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan setempat, sehingga jika di perkotaan tertutup beton, atau mayoritas ruang terbangun, maka suhu udara rata-rata akan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang masih lebih banyak vegetasinya atau tanah terbuka. Sebagai contoh, data DKI13 Gombolpaya dan DKI6 Manggalabismma terlihat lebih tinggi dibanding wilayah lain, sedangkan Cilangkap dan Ragunan relatif lebih rendah karena masih banyak vegetasi pepohonan di sekitarnya.



Gambar 211 Fluktuasi suhu udara rata-rata harian tahun 2024

Fluktuasi suhu udara diurnal

Fluktuasi suhu udara diurnal menunjukkan suhu udara maksimum pada siang hari rata-rata mencapai 32 - 36°C, (Gambar 212). Suhu udara mencapai maksimum terjadi pada pukul 12.00-14.00 WIB tergantung lokasi stasiun. Bulan Desember, suhu udara di semua stasiun turun dengan puncak sekitar 31°C. DKI13 Gombolpaya mempunyai suhu udara paling tinggi pada malam hari dan terendah pada siang hari terutama dari bulan Februari-Desember 2024, dan mempunyai pola yang berbeda dari SPKUA lainnya.

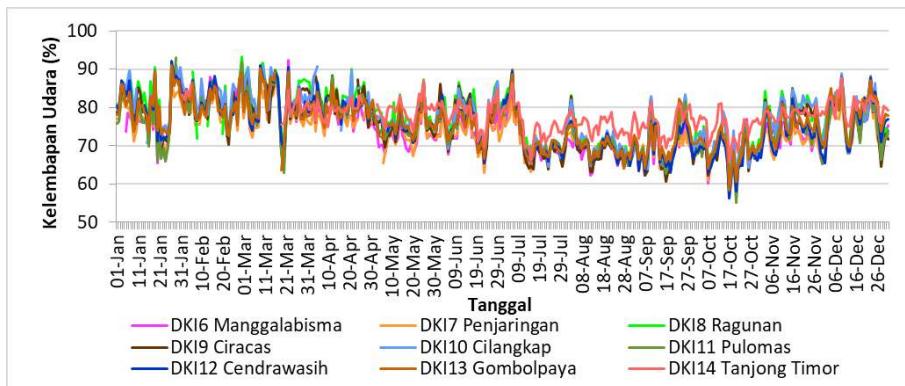


Gambar 212 Fluktuasi diurnal suhu udara per bulan tahun 2024

4.2.3. Kelembapan Udara

Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian

Kelembapan udara merupakan gambaran kandungan uap air di udara. Kandungan uap air di udara sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, curah hujan dan juga suhu udara. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan kelembapan udara meningkat. Di lain pihak, radiasi dan suhu udara akan memiliki pengaruh yang terbalik, sehingga pada saat radiasi tinggi, suhu tinggi, kelembapan udara menurun. Pola fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian ditunjukkan pada Gambar 213, tertinggi mencapai lebih dari 94% di DKI8 Ragunan, kelembapan terendah sekitar 50% di DKI11 Pulomas. Bulan Juli-Oktober kelembaban harian cenderung rendah (di bawah 80%) dibandingkan bulan-bulan lainnya.

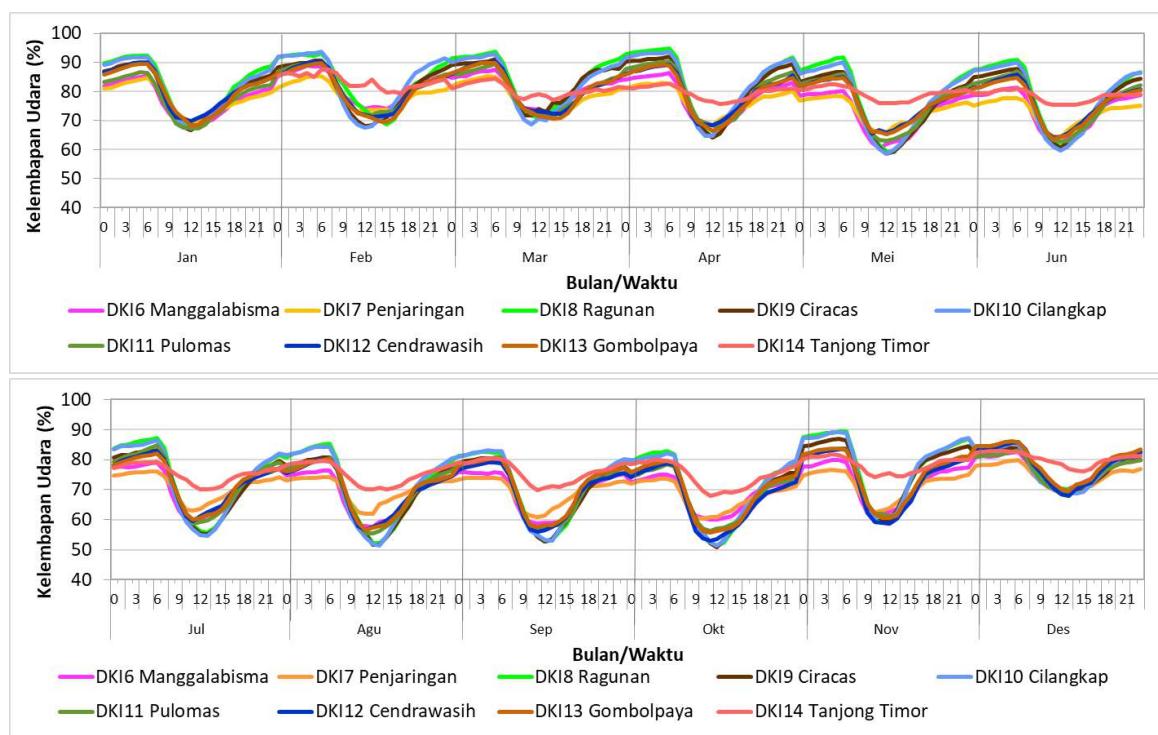


Gambar 213 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2024

Fluktuasi kelembapan udara diurnal

Fluktuasi diurnal kelembapan udara berkebalikan dengan radiasi dan suhu udara, rendah pada siang hari (Gambar 214). Namun, fluktuasi kelembapan sedikit berbeda dengan suhu udara, terdapat perbedaan yang signifikan antar lokasi SPKUA. Kelembapan udara tertinggi umumnya terjadi pada pagi hari, menurun menjelang siang hari, dan meningkat kembali pada sore hingga malam hari.

Berdasarkan pola diurnal kelembapan udara di 9 SPKUA, kelembapan terendah sekitar pukul 11.00-13.00 WIB, berbeda antar lokasi. Kelembapan maksimum pada pagi hari untuk DKI8 Ragunan serta DKI10 Cilangkap, sementara itu kelembaban minimum pada siang hari terukur di DKI10 Cilangkap. Sejak Februari-Desember 2024, pola kelembaban diurnal di DKI14 Tanjung Timor memiliki fluktuasi yang rendah, berbeda dari SPKUA lainnya. Kondisi pulau kecil yang dikelilingi lautan menyebabkan kelembaban udara relatif sama antara siang dan malam.

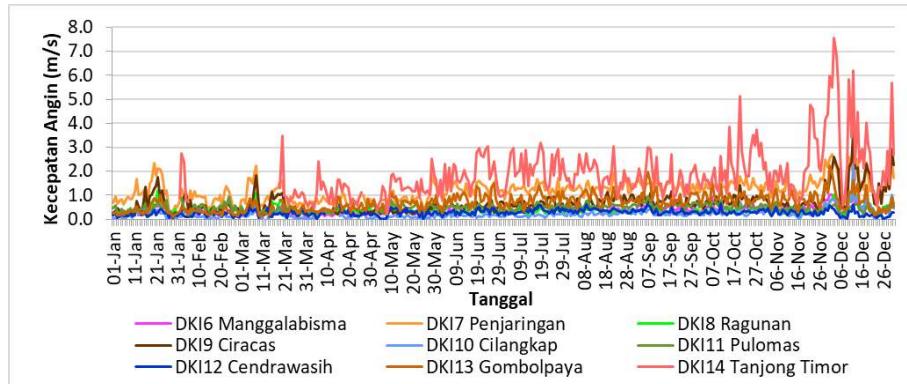


Gambar 214 Fluktuasi diurnal kelembapan udara per bulan tahun 2024

4.2.4. Angin

Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian

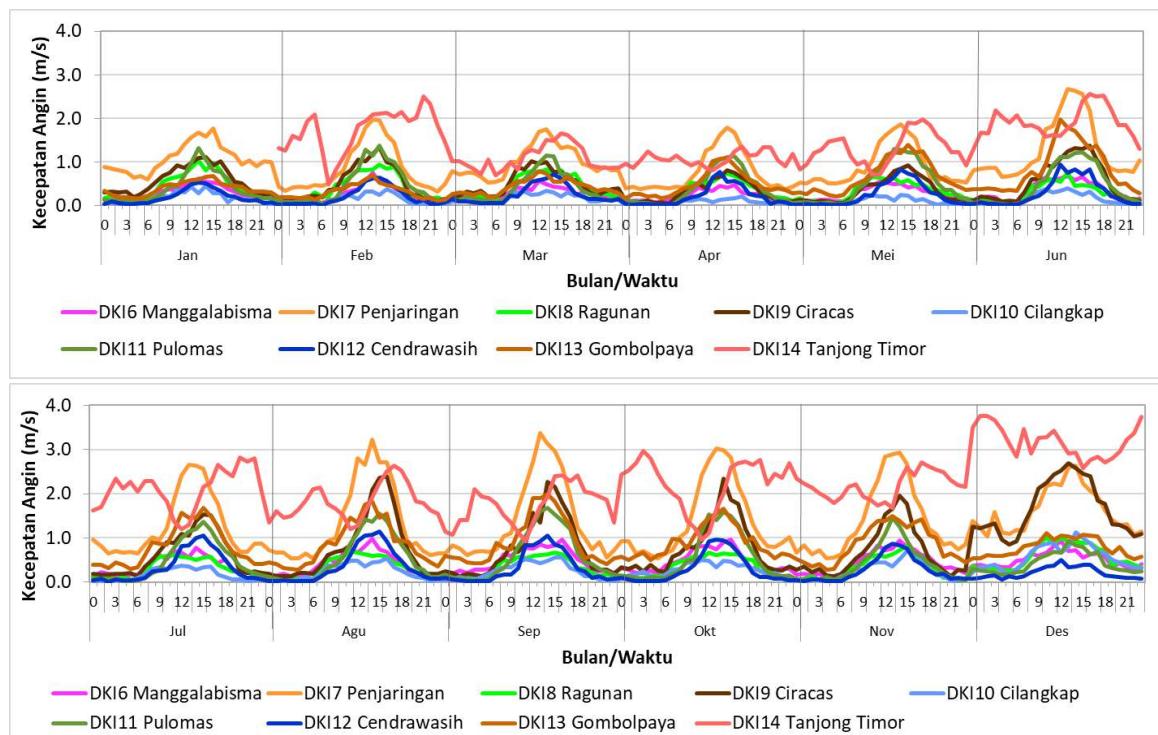
Kecepatan angin hasil pengukuran per 30 menit menunjukkan kecepatan angin maksimum terukur hingga > 7 m/detik di DKI14 Tanjung Timor (Gambar 215), terendah di DKI10 Cilangkap konsisten dengan kecepatan angin terendah selama bulan Januari-Desember 2024. Kecepatan angin rata-rata harian cenderung memiliki tren meningkat hingga bulan Desember, terutama Tanjung Timur, Penjaringan dan Ciracas.



Gambar 215 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2024

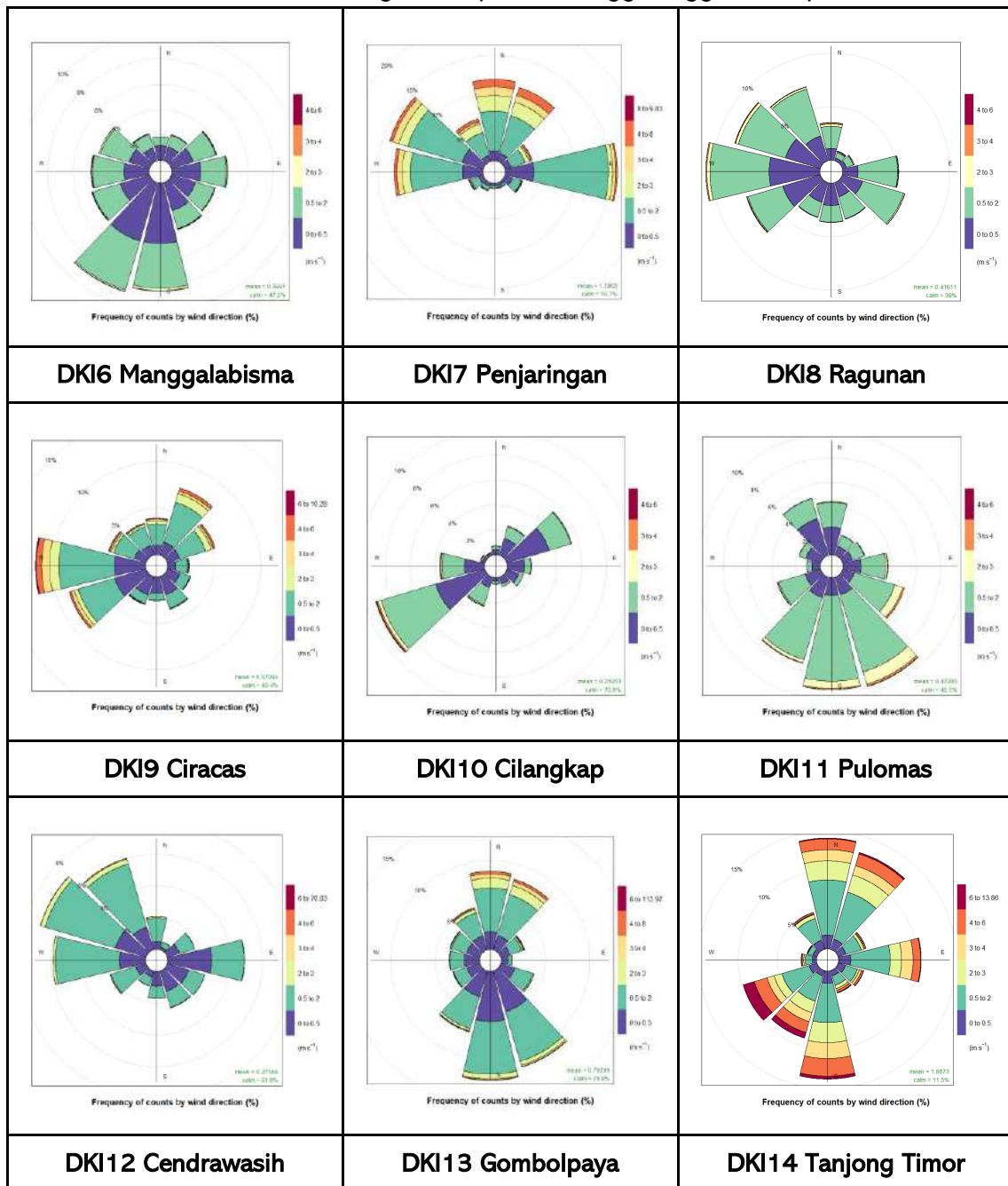
Fluktuasi kecepatan angin diurnal

Fluktuasi diurnal kecepatan angin menunjukkan kecepatan angin meningkat pada siang hari, bersamaan dengan puncak radiasi dan suhu udara. Hal ini berkaitan dengan terbentuknya angin pada saat terdapat tekanan udara rendah, yang mendorong pergerakan massa udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Kecepatan angin rata-rata diurnal, maksimum terjadi pada pukul 14-16 berbeda antar lokasi (Gambar 216). Namun demikian di Tanjung Timur ada sedikit perbedaan, terdapat 2 puncak kecepatan angin yaitu pada pagi hari dan sore hari. Hal ini berkaitan dengan perubahan pola arah angin darat dan angin laut. Kecepatan angin diurnal maksimum terjadi di DKI14 Tanjung Timor pada bulan Desember sebesar 3.8 m/detik. Sementara itu, kecepatan angin diurnal minimum terjadi di DKI10 Cilangkap sebesar kurang dari 1 m/detik. Kecepatan angin yang relatif rendah mendorong terakumulasinya pencemar di permukaan sehingga kualitas udara cenderung turun.



Gambar 216 Fluktuasi diurnal kecepatan angin per bulan tahun 2024

Arah angin pada tahun 2024 di DKI6-DKI14 bervariasi (Gambar 217). DKI6 Manggalabismaya mempunyai arah angin dominan dari Selatan-Barat Daya dengan kecepatan tertinggi di bawah 2 m/detik. Arah angin dominan di DKI7 Penjaringan adalah arah Barat-Timur, dengan kecepatan tertinggi antara 4-8 m/detik. DKI8 Ragunan dan DKI12 Cendrawasih mempunyai arah angin dominan yang sama yakni dari arah Barat-Barat Laut dengan kecepatan tertinggi 2-4 m/detik. Arah angin dominan di DKI9 Ciracas berasal dari Barat-Barat Daya dengan kecepatan tertinggi 4-8 m/detik. DKI10 Ciracas mempunyai arah angin dominan Barat Daya dengan kecepatan tertinggi di bawah 4 m/detik. Arah angin dominan di DKI11 Pulomas dan DKI13 Gombolpaya berasal dari Selatan-Tenggara dengan kecepatan tertinggi 2 - 4 m/detik. DKI14 Tanjung Timur mempunyai arah angin dominan yang serupa yakni dari Utara-Timur Laut dan Selatan dengan kecepatan tertinggi hingga mencapai 13 m/detik.



Gambar 217 Pola angin berdasar *Windrose plot* tahun 2024

4.3. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara

Faktor meteorologi seperti suhu, radiasi, kelembaban udara, curah hujan serta arah dan kecepatan memberikan pengaruh terhadap konsentrasi polutan. Pengaruh tersebut dapat berbanding lurus (positif) maupun berbanding terbalik (negatif). Sebagai contoh radiasi biasanya berbanding lurus dengan konsentrasi ozon artinya semakin tinggi radiasi maka semakin besar pula konsentrasi ozon. Namun pengaruh tersebut kadang beragam tergantung dari sumber emisinya bahkan untuk jenis polutan yang sama dengan faktor meteorologi yang sama namun beda tempat. Lebih lanjut terkait pengaruh faktor meteorologi tersebut akan diuraikan pada bab selanjutnya.

4.3.1. Pengaruh Radiasi, Suhu, dan Kelembapan (RH)

Radiasi dan suhu mempunyai pengaruh positif (berbanding lurus) terhadap konsentrasi ozon, namun kelembaban udara mempunyai pengaruh negatif (Tabel 17). Hal ini mengindikasikan bahwa saat radiasi dan suhu yang tinggi maka konsentrasi ozon juga tinggi, namun sebaliknya untuk kelembaban udara. Radiasi berperan dalam proses fotokimia, proses yang diperlukan dalam pembentukan ozon di atmosfer, saat terdapat prekursor dan radiasi yang tinggi maka akan terbentuk ozon yang masif. Suhu merupakan refleksi dari radiasi, maka ketika suhu tinggi kemungkinan besar radiasi juga tinggi sehingga proses fotokimia dapat terjadi secara intensif. Berdasarkan Tabel 17, Pengaruh radiasi dan suhu tertinggi di DKI11 Pulomas mencapai 0.25 (radiasi) dan 0.28 (suhu). Sedangkan pengaruh terendah kedua parameter terdapat di DKI7 Penjaringan sebesar 0.02 (radiasi) dan 0.01 (suhu). Sementara itu, suhu berkorelasi negatif dengan kelembaban udara. Saat suhu tinggi maka kelembaban udara rendah. Selain itu, kelembaban udara berkorelasi negatif dengan konsentrasi ozon, sehingga ketika kelembaban udara tinggi maka konsentrasi ozon rendah. Pengaruh paling tinggi dari kelembaban udara terhadap konsentrasi ozon terdapat di DKI11 Pulomas dengan nilai sebesar -0.25 dan terendah di DKI12 Cendrawasih sebesar 0.01 (Tabel 17). Namun, hasil yang didapatkan perlu penelaahan lebih lanjut dikarenakan beberapa stasiun mempunyai korelasi positif meskipun kecil seperti di DKI7 Penjaringan, DKI9 Ciracas, DKI10 Cllangkap, DKI12 Cendrawasih dan DKI14 Tanjung Timor.

Tabel 17 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembaban udara (RH) tahun 2024

Parameter	DKI6	DKI7	DKI8	DKI9	DKI10	DKI11	DKI12	DKI13	DKI14
Radiasi	0.06	0.02	0.14	0.15	0.05	0.25	0.15	0.04	0.16
Suhu	0.07	0.01	0.23	0.16	0.04	0.28	0.17	0.02	0.21
RH	-0.04	0.03	-0.04	0.02	0.03	-0.25	0.01	-0.05	0.17

Radiasi dan suhu berkorelasi positif maupun negatif terhadap konsentrasi partikulat tergantung di lokasi pemantauan (Tabel 18). Sementara itu, pengaruh kelembaban udara terhadap partikulat positif kecuali di DKI6 Manggalabisma dan DKI11 Pulomas. Pengaruh positif radiasi terhadap partikulat paling tinggi terdapat di DKI11 Pulomas sebesar 0.80 (PM_{10}) dan di DKI14 Tanjung Timor sebesar 0.34 ($PM_{2.5}$). Sementara itu, pengaruh positif suhu terhadap partikulat tertinggi sama dengan radiasi yakni di DKI11 Pulomas sebesar 0.86 (PM_{10}) dan di DKI14 Tanjung Timor sebesar 0.37 ($PM_{2.5}$). Kelembaban udara mempunyai pengaruh tertinggi dengan partikulat di DKI8 Ragunan dan DKI14 Tanjung

Timor sebesar 0.27 (PM_{10}) dan di DKI 14 Tanjung Timor sebesar 0.30 ($PM_{2.5}$). Pengaruh radiasi dan suhu terhadap konsentrasi SO_2 beragam, beberapa stasiun mempunyai korelasi positif dan lainnya berkorelasi negatif. Pengaruh terbesar radiasi DKI14 Tanjung Timor sebesar 0.06 dan pengaruh suhu terbesar di DKI9 Ciracas 0.06. Sementara itu, kelembaban udara mempunyai korelasi positif kecuali di DKI7 Penjaringan dan DKI8 Ragunan dengan korelasi terbesar terhadap konsentrasi SO_2 sebesar 0.07 di DKI6 Manggalabismma dan DKI13 Gombolpaya.

Tabel 18 Korelasi antara partikulat dan SO_2 dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Faktor	Parameter	DKI6	DKI7	DKI8	DKI9	DKI10	DKI11	DKI12	DKI13	DKI14
Radiasi	PM_{10}	0.11	0.05	0.04	-0.05	-0.13	0.80	-0.01	-0.04	0.34
	$PM_{2.5}$	0.11	0.03	0.02	-0.07	-0.17	-0.13	-0.02	-0.03	0.34
	SO_2	-0.03	0.05	0.02	0.04	0.00	-0.02	-0.03	0.03	0.06
Suhu	PM_{10}	0.19	0.09	0.29	0.30	-0.01	0.86	0.20	0.01	0.35
	$PM_{2.5}$	0.18	0.08	0.25	0.24	-0.07	-0.12	0.21	0.01	0.37
	SO_2	-0.02	0.01	0.01	0.06	-0.01	-0.03	0.03	0.00	0.03
RH	PM_{10}	-0.16	0.13	0.27	0.25	0.32	-0.91	0.18	0.07	0.27
	$PM_{2.5}$	-0.10	0.17	0.28	0.19	0.34	0.25	0.22	0.08	0.30
	SO_2	0.07	-0.02	-0.01	0.06	0.04	0.05	0.06	0.07	0.05

Secara umum, radiasi dan suhu berkorelasi negatif terhadap konsentrasi CO, sedangkan kelembaban udara berkorelasi positif (Tabel 19). Saat suhu dan radiasi tinggi maka lapisan pencampuran akan semakin tinggi dan menimbulkan efek pengenceran. Oleh karena itu, konsentrasi polutan yang terukur akan semakin kecil. Korelasi terbesar radiasi, suhu dan kelembaban udara terdapat di DKI9 Ciracas sebesar -0.28 (radiasi), di DKI14 Tanjung Timor sebesar 0.24 (suhu) dan di DKI8 Ragunan 0.42 (kelembaban udara).

Tabel 19 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Parameter	DKI6	DKI7	DKI8	DKI9	DKI10	DKI11	DKI12	DKI13	DKI14
Radiasi	-0.18	0.00	-0.20	-0.28	-0.18	0.02	-0.15	-0.10	0.08
Suhu	-0.15	0.03	0.02	-0.04	-0.02	0.02	0.01	-0.02	0.24
RH	0.20	0.09	0.42	0.39	0.31	-0.02	0.32	0.25	0.22

Radiasi, suhu dan kelembaban udara umumnya mempunyai korelasi positif terhadap konsentrasi NO_2 kecuali di beberapa lokasi pemantauan (Tabel 20). Hampir semua stasiun mempunyai korelasi yang kecil (di bawah 0.15). Hasil perlu tersebut ditelaah lebih lanjut.

Tabel 20 Korelasi antara NO_2 dengan radiasi, suhu, dan RH tahun 2024

Parameter	DKI6	DKI7	DKI8	DKI9	DKI10	DKI11	DKI12	DKI13	DKI14
Radiasi	0.03	-0.01	0.03	0.00	0.04	-0.06	0.02	0.01	0.06
Suhu	0.03	0.01	0.14	0.05	0.09	-0.06	0.09	0.01	0.10
RH	-0.02	0.01	0.09	0.06	0.04	0.08	0.07	0.00	0.09

4.3.2. Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin)

a. Analisis Korelasi Fluktuasi Pencemar dengan Kecepatan Angin

Angin merupakan faktor meteorologi yang penting dalam persebaran pencemar udara. Arah angin memberikan gambaran terkait sumber emisi potensial yang menyebabkan konsentrasi polutan meningkat di suatu tempat. Sementara itu, kecepatan angin yang tinggi dapat membawa pencemar ke wilayah lain sedangkan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan polutan terakumulasi di permukaan dan membahayakan kesehatan manusia serta lingkungan. Umumnya, kecepatan angin berkorelasi negatif terhadap polutan kecuali dengan ozon (Tabel 21). Ketika kecepatan angin tinggi maka konsentrasi polutan rendah dan sebaliknya. Korelasi tertinggi kecepatan angin dan polutan CO terdapat di DKI9 Ciracas sebesar -0.29. Sementara itu, korelasi kecepatan angin terhadap partikulat terdapat di DKI11 Pulomas dan DKI10 Cilangkap sebesar -0.77 (PM_{10}) dan -0.22 ($PM_{2.5}$). Untuk parameter lainnya korelasinya dengan kecepatan angin cukup rendah.

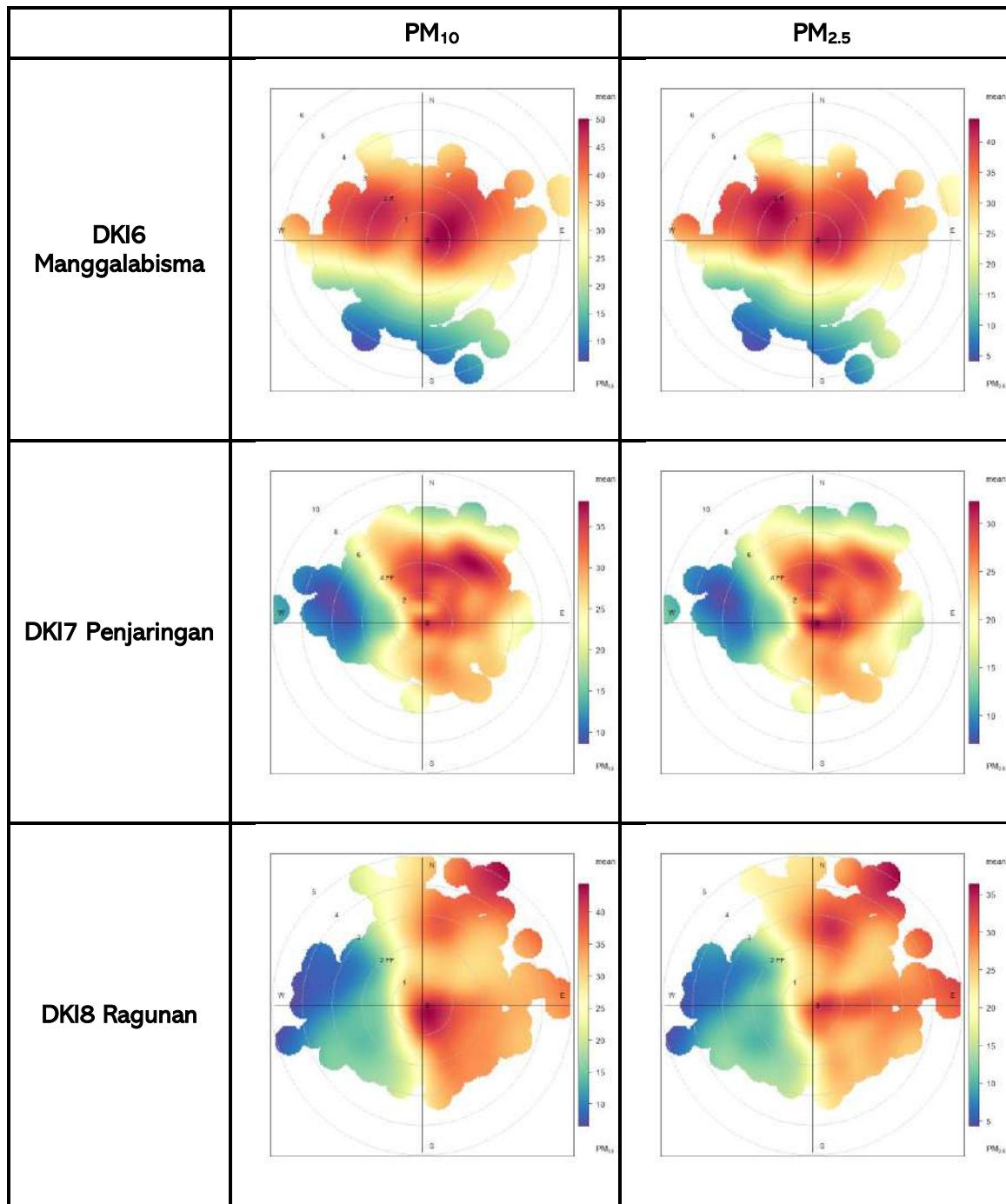
Tabel 21 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin tahun 2024

Parameter	DKI6	DKI7	DKI8	DKI9	DKI10	DKI11	DKI12	DKI13	DKI14
PM_{10}	-0.01	0.00	-0.15	-0.12	-0.16	0.77	-0.07	-0.03	-0.02
$PM_{2.5}$	-0.04	-0.04	-0.15	-0.11	-0.22	-0.11	-0.08	-0.03	0.03
SO_2	-0.02	0.04	0.00	0.02	-0.03	-0.04	-0.02	-0.04	0.01
CO	-0.17	-0.01	-0.25	-0.29	-0.04	0.02	-0.22	-0.08	0.12
O_3	0.02	0.01	0.07	0.05	-0.01	0.26	0.14	0.02	0.11
NO_2	0.01	0.00	0.02	-0.02	0.05	-0.06	0.02	0.01	0.06

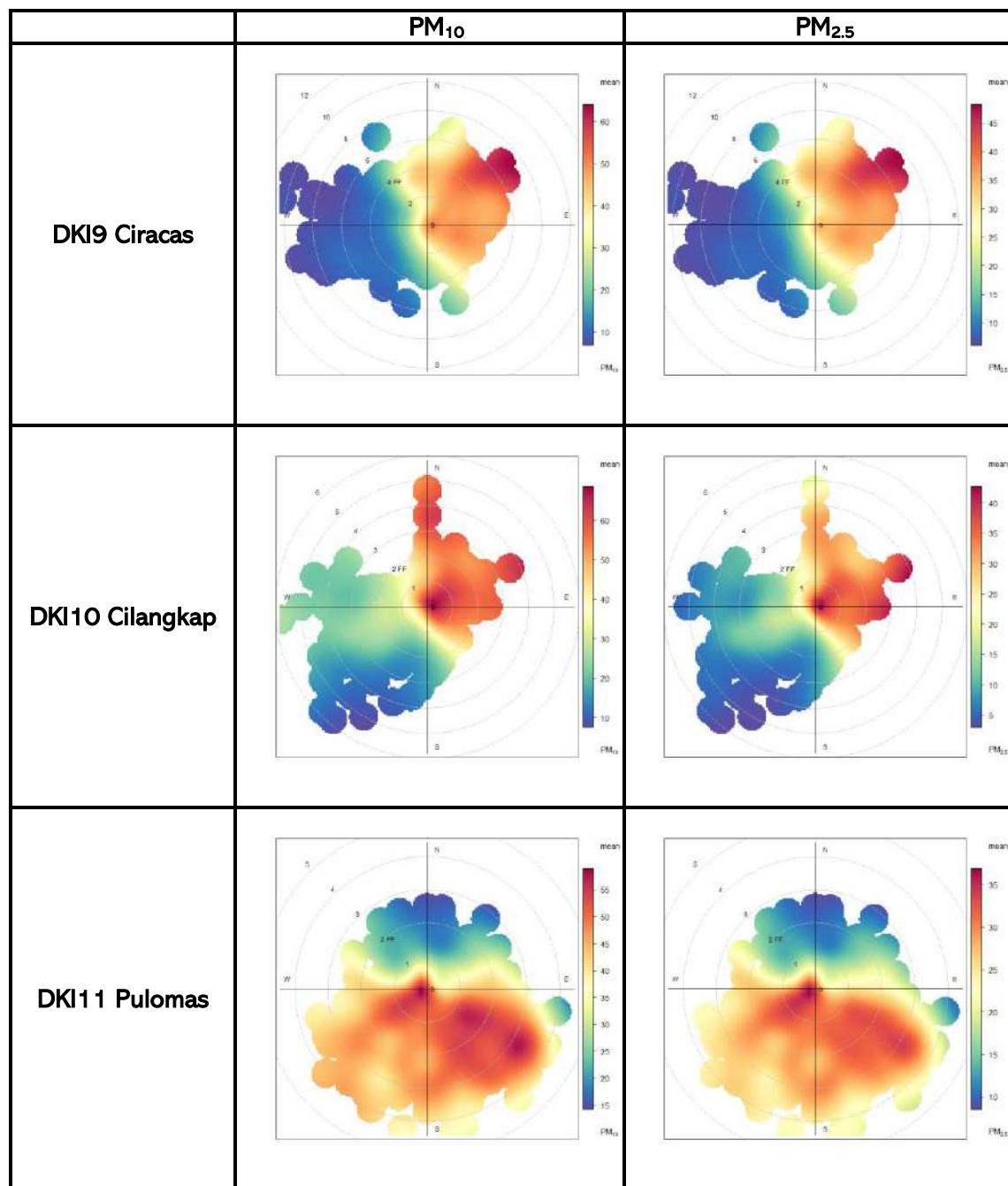
b. Analisis Pengaruh Arah Angin terhadap Konsentrasi Pencemar (*Polar Plot*)

Partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$)

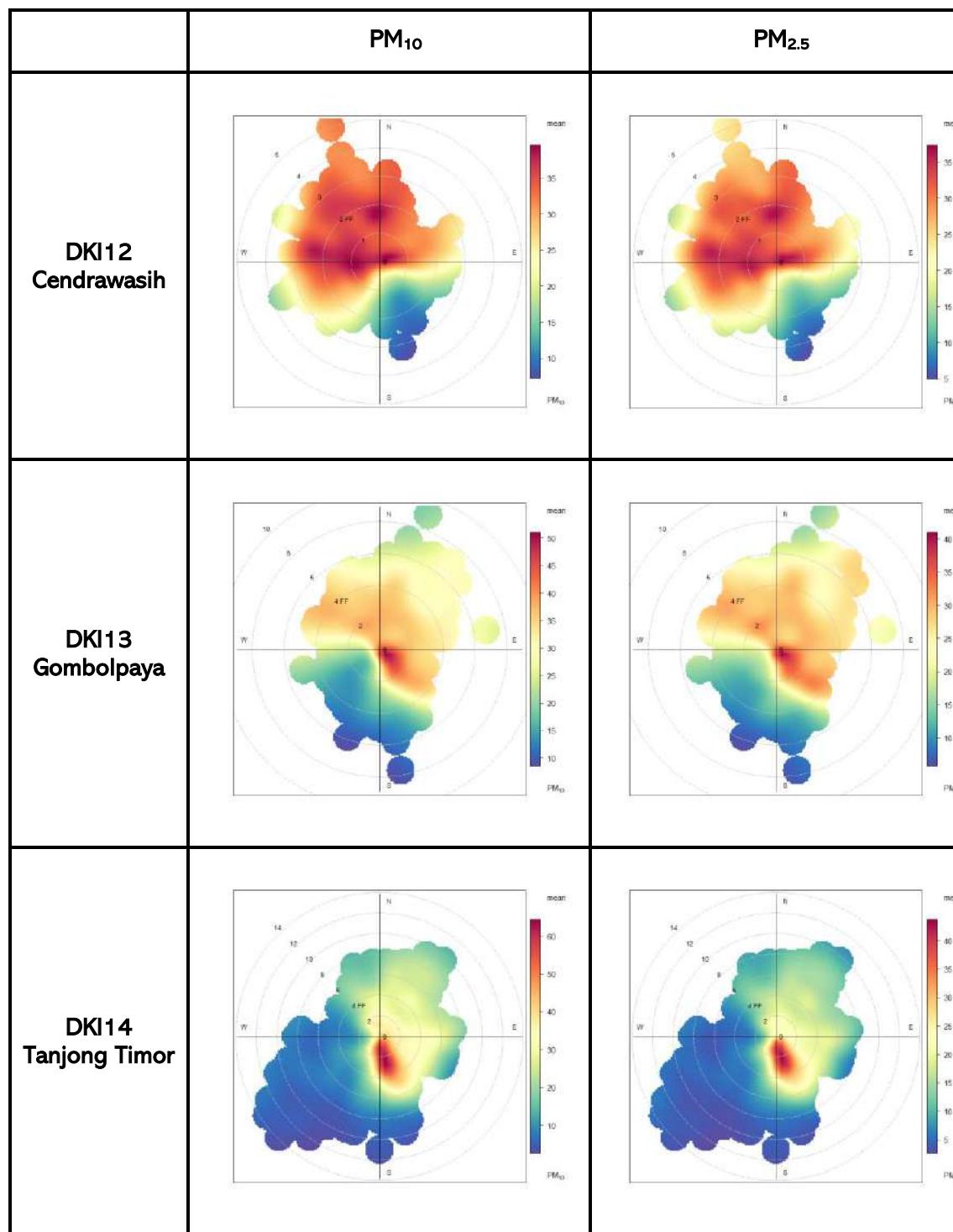
Secara umum berdasarkan analisis polar plot untuk kedua partikulat memberikan hasil yang sama untuk tiap stasiun pemantauan (Gambar 218). Polar plot menunjukkan konsentrasi tertentu pencemar bersamaan bertiupnya angin dengan arah dan kecepatan tertentu. Polar plot di DKI7 Penjaringan, DKI8 Ragunan, DKI9 Ciracas dan DKI10 Cilangkap menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi partikulat bersamaan dengan angin dari arah timur-timur laut dengan kecepatan lebih dari 3 - 8 m/detik. Hasil polar plot di DKI11 Pulomas menunjukkan konsentrasi tertinggi partikulat bersamaan dengan arah angin dari tenggara dengan kecepatan 2-4 m/detik. Sementara itu, konsentrasi tertinggi partikulat di DKI6 Manggalab司马 bersamaan dengan arah angin dari timur laut-barat laut dengan kecepatan di atas 3 m/detik serta DKI12 Cendrawasih bersamaan dengan angin dari barat laut-utara dengan kecepatan 3-4 m/detik.



Gambar 218 *Polar Plot* partikulat di 9 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024



Gambar 218 lanjutan *Polar Plot* partikulat di 9 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024



Gambar 218 lanjutan Polar Plot partikulat di 9 SPKUA DLH DKI Jakarta tahun 2024

5. Analisis Kualitas Udara berdasar Data Pemantauan *Low-Cost Sensor* (LCS)

Analisis kualitas udara berdasarkan data pemantauan *Low-Cost Sensor* pada tahun 2024 terdapat di 13 lokasi, sebagaimana dicantumkan pada Tabel 22. Lokasi-lokasi tersebut diukur dengan mempertimbangkan berbagai hal, antara lain lokasi yang memiliki kepadatan lalu lintas tinggi dan wilayah industri.

Konsentrasi rata-rata harian tahun 2024 tertinggi sebesar $45.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Jl. Pasar Minggu, terendah sebesar $21.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Pulau Pramuka. Rata-rata konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ selama tahun 2024 sudah melebihi BMUA 1 tahun di semua lokasi sesuai dengan PP No. 22 tahun 2021 Lampiran VII. Merujuk kepada nilai Air Quality Guideline WHO (AQG WHO), konsentrasi rata-rata harian $\text{PM}_{2.5}$ tahun 2024 di semua SPKUA sudah melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021).

Tabel 22 Data kualitas udara rata-rata tahun 2024 berdasar LCS

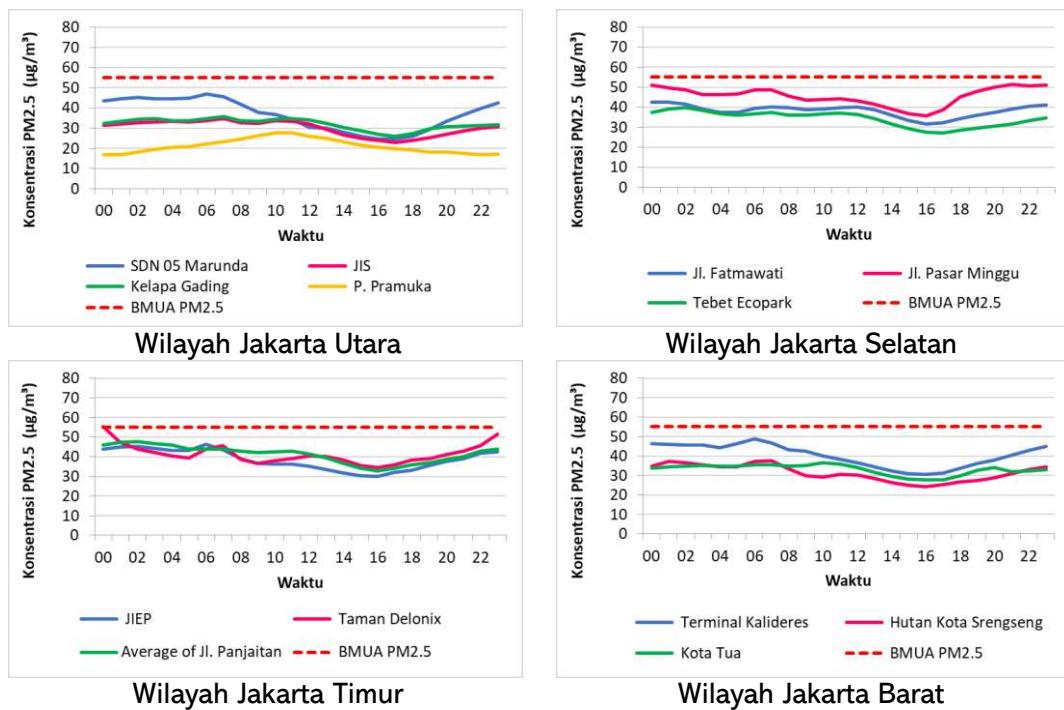
Parameter	Konsentrasi rata-rata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)													BMUA 1 Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Hutan Kota Srengseng	JIEP	JIS	Jl. DI Panjaitan	Jl. Fatmawati	Jl. Pasar Minggu	Kelapa Gading	Kota Tua	P. Pramuka	SDN 05 Marunda	Taman Delonix	Tebet Ecopark	Terminal Kalideres	PP 22 Tahun 2021	AQG WHO
PM2.5	34.4	41.1	31.9	43.3	38.3	45.6	34.3	34.5	21.2	39.0	44.1	34.3	42.6	15	5

Fluktuasi diurnal (rata-rata perjam) $\text{PM}_{2.5}$

Konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) di semua lokasi LCS menunjukkan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ menurun pada siang hari dan meningkat pada pagi dan malam hari. Pada pukul 07.00-09.00 WIB terjadi penurunan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ di semua lokasi. Sementara itu, peningkatan kedua terjadi sekitar pukul 18.00 WIB di semua lokasi, kecuali Pulau Pramuka. Konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ di Pulau Pramuka meningkat pada siang hari sekitar pukul 11.00 WIB.

Di wilayah Jakarta Utara, lokasi Marunda memiliki konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ lebih tinggi daripada lokasi lainnya terutama pada malam hari (Gambar 219). Pada siang hari pemantauan di Kelapa Gading lebih tinggi dibanding lokasi lain di Jakarta Utara. Sementara itu di Jakarta Selatan, konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ tertinggi terukur di Jl. Pasar Minggu, yang merupakan jalur lalulintas yang cukup padat. Pola terendah terukur di Tebet Ecopark yang merupakan area taman banyak vegetasi pepohonan. Di wilayah Jakarta Timur hasil pengukuran $\text{PM}_{2.5}$ relatif sama antar lokasi, menjelang malam Taman Delonix lebih tinggi dibanding lainnya, sedangkan pagi hingga siang Jl. DI Panjaitan lebih tinggi. Di Wilayah Jakarta Barat, konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ tertinggi terukur di Terminal Kalideres, terutama pada malam hari, menurun menjelang siang hari. Lokasi dengan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ terendah di Jakarta Barat adalah Hutan Kota Srengseng, terutama pada siang hari, sedangkan malam hari rata-rata konsentrasi sama dengan Kota Tua.

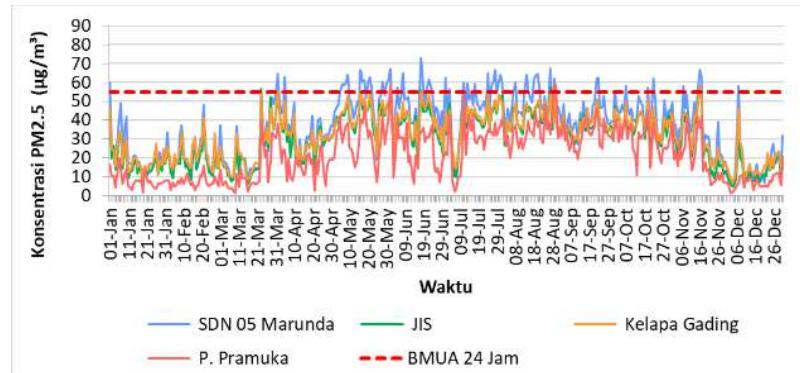
Peningkatan sesaat pada pagi hari dapat terjadi dipengaruhi sumber emisi berupa kendaraan bermotor di sekitar lokasi pemantauan. Pada malam hari peningkatan konsentrasi partikulat dapat terjadi dengan pengaruh stabilitas atmosfer.



Gambar 219 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} tahun 2024 di lokasi Low-Cost Sensor (per wilayah administrasi)

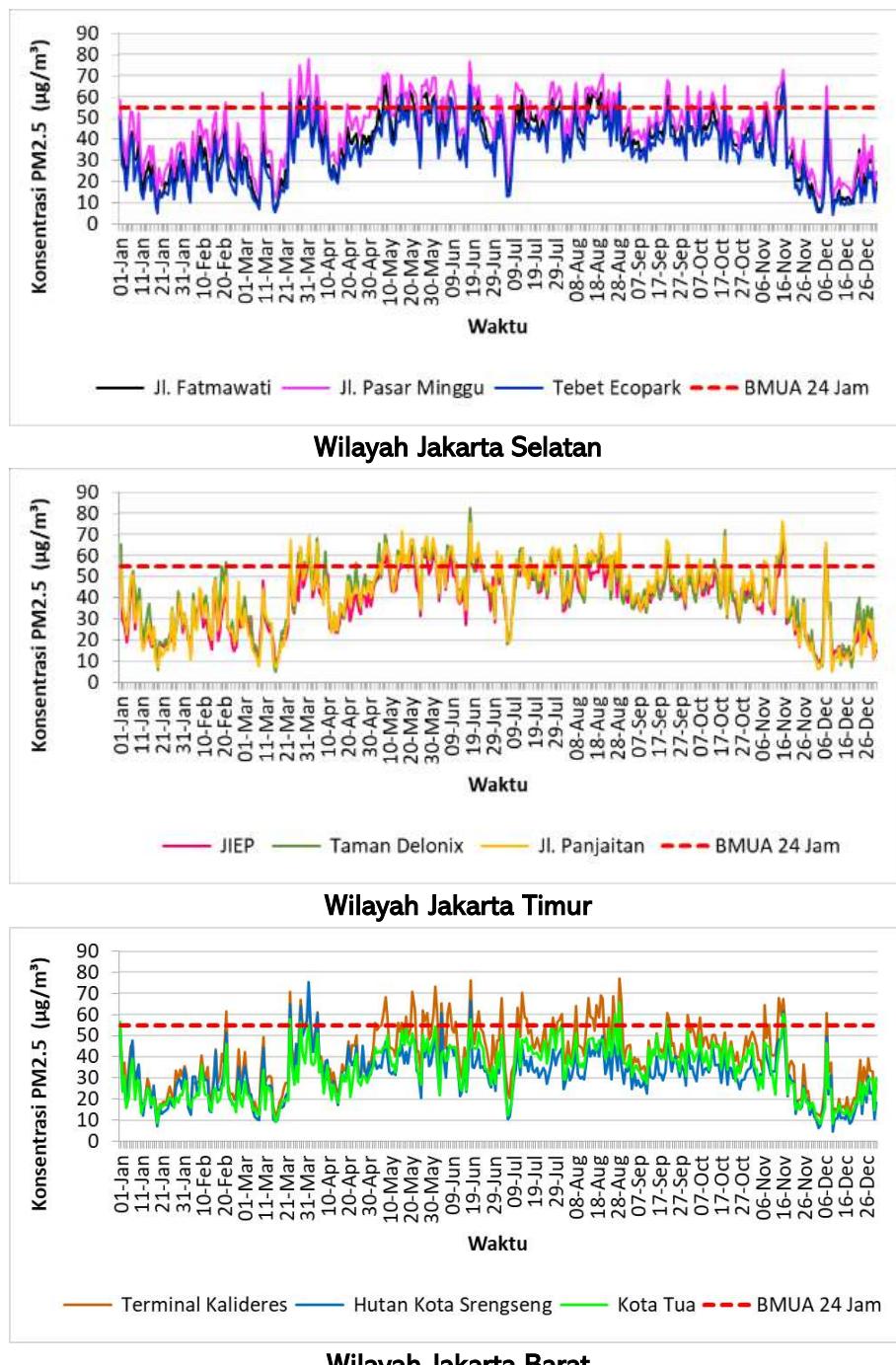
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam data *Low-Cost Sensor* pada tahun 2024 ditampilkan pada Gambar 220, dikelompokkan berdasarkan wilayah administrasi Jakarta. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama di keempat belas titik pantau, walaupun dengan besaran yang berbeda-beda. Berdasar wilayah administrasi, di wilayah Jakarta Utara lokasi pengukuran di Marunda (SDN 05) menunjukkan data konsentrasi tertinggi terutama pada bulan Maret – November. Di wilayah Jakarta Selatan, konsentrasi tertinggi di Jl. Pasar Minggu, di Jakarta Timur tertinggi di Taman Delonix dan Jl. Panjaitan (hampir sama), di Jakarta Barat tertinggi di sekitar Terminal Kalideres, terutama memasuki musim kemarau. Konsentrasi PM_{2.5} harian yang melebihi BMUA 24 jam banyak terjadi pada bulan kering Maret-November, kecuali pada bulan April dan September terjadi penurunan konsentrasi.



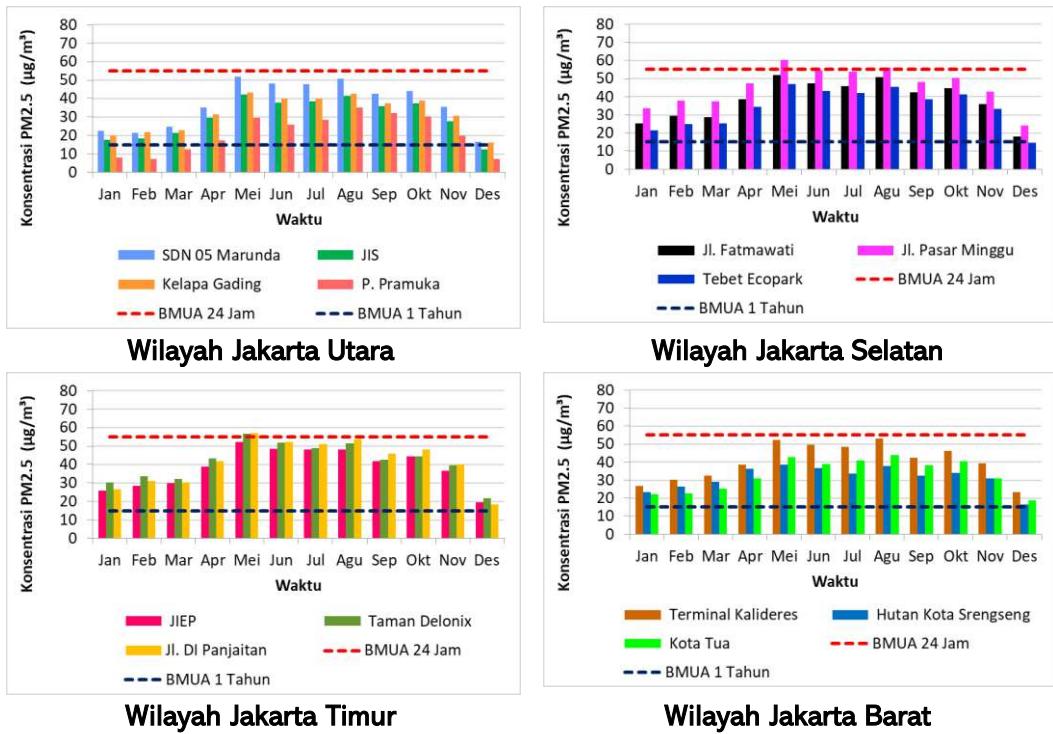
Wilayah Jakarta Utara

Gambar 220 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian tahun 2024 di lokasi *Low-Cost Sensor* (per wilayah administrasi)



Gambar 220 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2,5} rata-rata harian tahun 2024 di lokasi *Low-Cost Sensor* (per wilayah administrasi)

Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} per bulan menunjukkan nilai tertinggi pada bulan Mei di semua lokasi, kecuali di Jakarta Barat, bulan Agustus juga tinggi (Gambar 221). Pulau Pramuka menjadi yang paling rendah konsentrasi, sedangkan tertinggi relatif terukur di Jl Pasar Minggu, Jl Panjaitan, Taman Delonix dan Terminal Kalideres. Jika dibandingkan dengan nilai BMUA 1 tahun (15 µg/m³), maka konsentrasi PM_{2,5} sudah melampaunya di seluruh lokasi. Konsentrasi rata-rata bulanan di wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Barat tidak ada yang melebihi BMUA 24 jam.



Gambar 221 Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata bulanan tahun 2024 di lokasi *Low Cost Sensor* (per wilayah administrasi)

6. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kualitas udara ambien dapat juga dievaluasi menggunakan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020, nilai ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Adapun kategori hari “baik”, “sedang”, “tidak sehat”, “sangat tidak sehat” dan “bahaya” diwakili oleh nilai ISPU dengan rentang tertentu seperti yang ditampilkan pada Tabel 23. Tata cara perhitungan lengkap dan keterangan tambahan terlampir (Lampiran 2)

Tabel 23 Rentang Kategori ISPU berdasar PermenLHK No 14 Tahun 2020

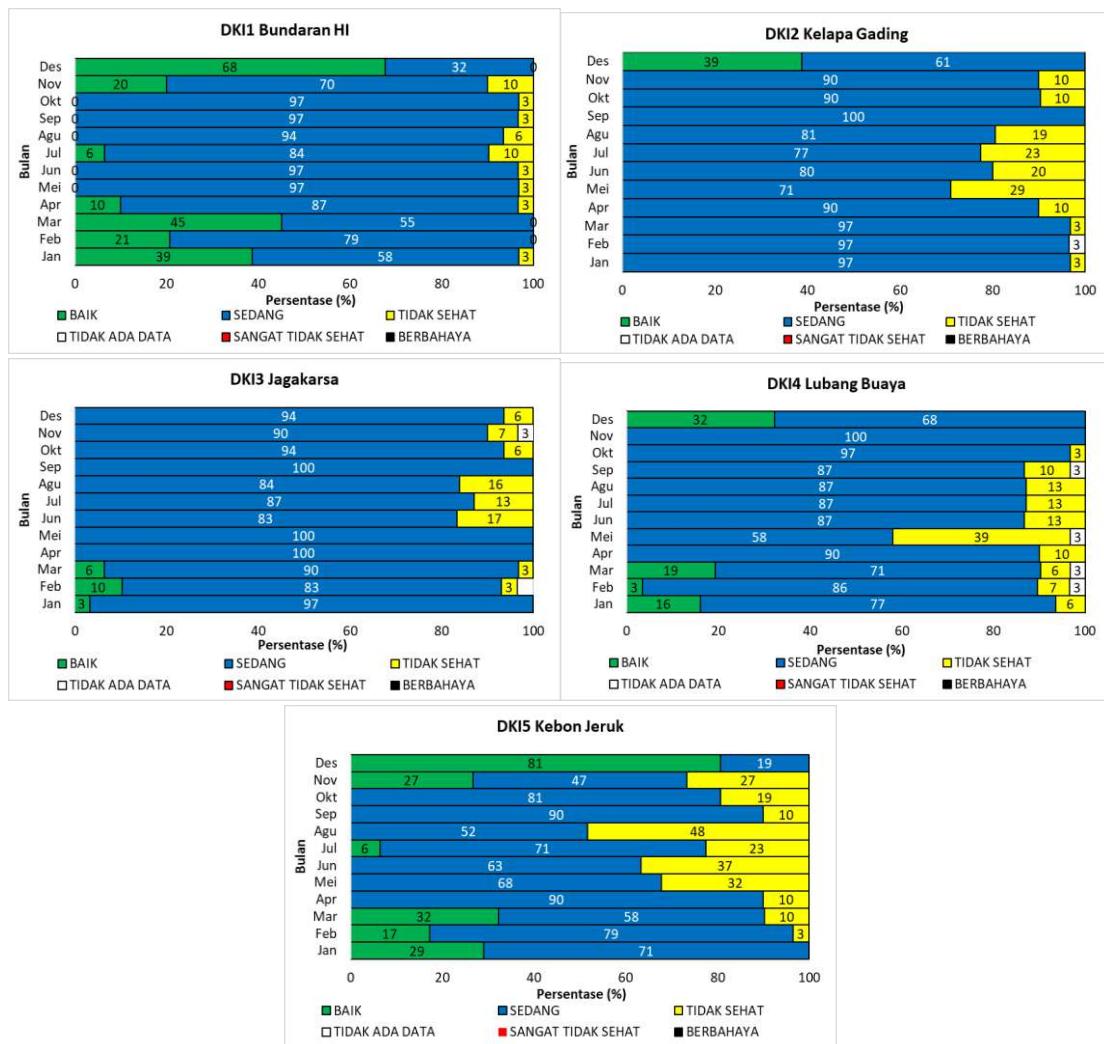
Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan.
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan, dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat

Hasil evaluasi kualitas udara berdasar analisis ISPU tahun 2024 di 5 SPKU referensi, menunjukkan 75% berkategori “sedang” yang berarti tingkat mutu udara Jakarta masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan. Catatan tambahan, pada kondisi tersebut, kelompok sensitif disarankan mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat, namun setiap orang masih dapat beraktivitas di luar. Parameter kritis didominasi oleh PM_{2.5} di setiap lokasi SPKUA, dengan persentase hari “tidak sehat” mencapai 25% selama tahun 2024. Terdapat hari berkategori “baik” pada beberapa lokasi pemantauan, dan waktu tertentu.

6.1. ISPU per SPKUA

Secara umum nilai ISPU bulanan dari 5 SPKUA menunjukkan dominasi hari dengan kualitas udara berkategori “sedang” (Gambar 222). Secara umum bulan Desember merupakan bulan yang memiliki hari berkategori “baik”, kecuali di DKI3 Jagakarsa. Hari berkategori “tidak

sehat" meningkat memasuki musim kemarau, walaupun persen tertinggi beda-beda antar lokasi. Memasuki musim kemarau nilai ISPU berkategorai "tidak sehat" semakin meningkat. Persentase hari "tidak sehat" tertinggi terukur di lokasi DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Agustus sebesar 48%. Selengkapnya pembahasan terkait ISPU per SPKU tersebut sudah dibahas pada pembahasan kualitas udara per wilayah (Bab 2).



Gambar 222 Hasil analisis ISPU bulanan per SPKUA di DKI Jakarta tahun 2024

6.2. ISPU DKI Jakarta

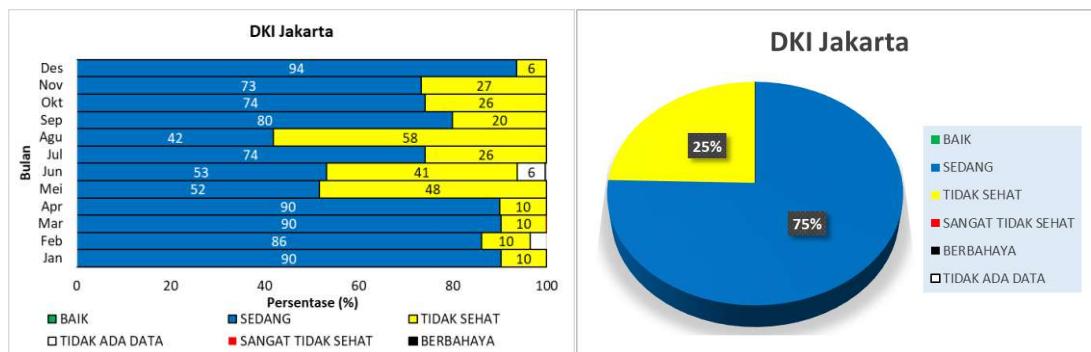
Berdasar data keseluruhan di DKI Jakarta, 75% (276 hari) selama bulan Januari-Desember tahun 2024 berkategorai "sedang", 0% berkategorai "baik", 25% berkategorai "tidak sehat (Tabel 24, Gambar 223). Kategori hari "tidak sehat" meningkat memasuki musim kemarau hingga >40% per bulan terutama pada bulan April (48%), Mei (41%) dan tertinggi Agustus (58%). Namun demikian hari "baik" tercatat pada beberapa lokasi pemantauan.

Parameter kritis didominasi oleh $PM_{2.5}$, namun pada beberapa waktu pengukuran tercatat beberapa parameter kritis lain seperti SO_2 , NO_2 maupun O_3 . Parameter kritis SO_2 tertinggi

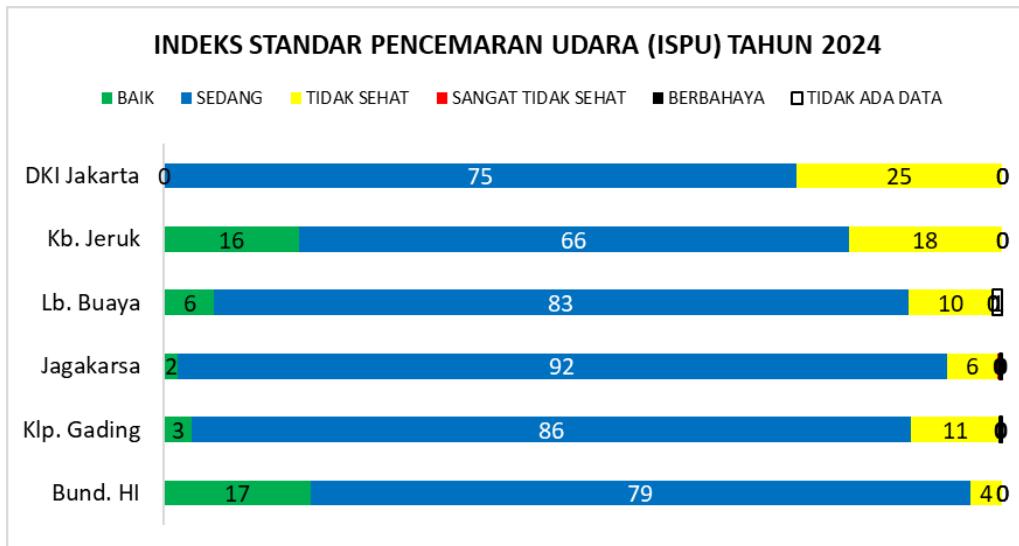
tercatat di DKI2 Kelapa Gading, NO₂ di DKI3 Jagakarsa, dan O₃ di DKI5 Kebon Jeruk.

Tabel 24 Jumlah hari ISPU setiap SPKUA dan keseluruhan DKI Jakarta tahun 2024

KATEGORI	Bund. HI	Klp. Gading	Jagakarsa	Lb. Buaya	Kb. Jeruk	DKI Jakarta
BAIK	64	12	6	22	59	0
SEDANG	288	314	336	303	240	276
TIDAK SEHAT	14	39	22	37	67	90
SANGAT TIDAK SEHAT	0	0	1	0	0	0
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	0	1	1	4	0	0



Gambar 223 Hasil analisis ISPU DKI Jakarta tahun 2024



Gambar 224 Persentase nilai ISPU DKI Jakarta tahun 2024

7. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara

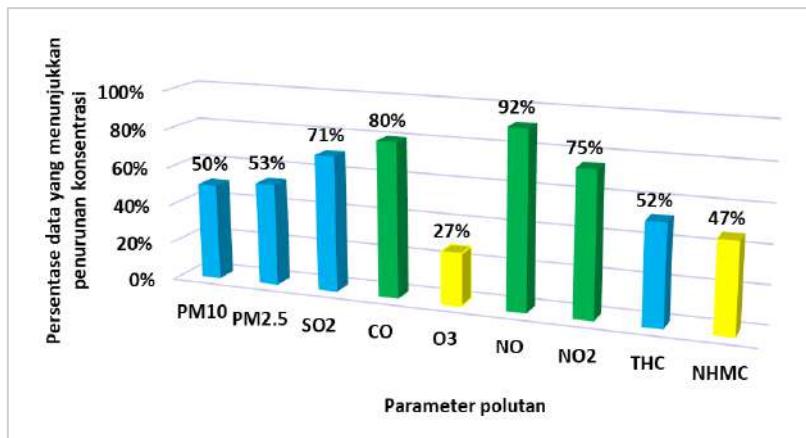
7.1. Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB)

Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) merupakan program kampanye terkait pengurangan penggunaan kendaraan bermotor pribadi di lokasi-lokasi tertentu, yang ditetapkan sesuai peraturan Pemerintah Daerah Jakarta. Namun pada masa pandemi sempat dihentikan, dan baru pada bulan Mei 2022 diberlakukan lagi terutama untuk kawasan Sudirman-Thamrin. Analisis kualitas udara kegiatan HBKB dilakukan dengan cara membandingkan konsentrasi polutan yang terukur saat periode HBKB hari Minggu pukul 06.00-10.00 WIB dengan kualitas udara rata-rata hari kerja (Senin-Jum'at), pada periode waktu yang sama. Lokasi kegiatan HBKB tingkat provinsi di DKI Jakarta adalah di Jl Sudirman dan Thamrin Jakarta Pusat, sehingga data kualitas udara yang digunakan adalah data di lokasi Bundaran HI. Pelaksanaan kegiatan HBKB tingkat Provinsi DKI Jakarta adalah setiap hari Minggu, berbeda dengan lokasi di wilayah administrasi, pelaksanaan kegiatan HBKB 1 kali per bulan, bergantian antar wilayah, sesuai Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No 545 tahun 2016 tentang Penetapan Lokasi dan Jadwal Pelaksanaan Hari Bebas Kendaraan Bermotor. Kegiatan HBKB pada umumnya diisi dengan kegiatan olahraga masyarakat sekitar Jakarta maupun luar Jakarta. Gambar 225 menunjukkan contoh aktivitas masyarakat saat kegiatan HBKB di seputar Jl Sudirman dan Thamrin.



Gambar 225 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB 17 Desember 2024
(Sumber: Dokumen pribadi)

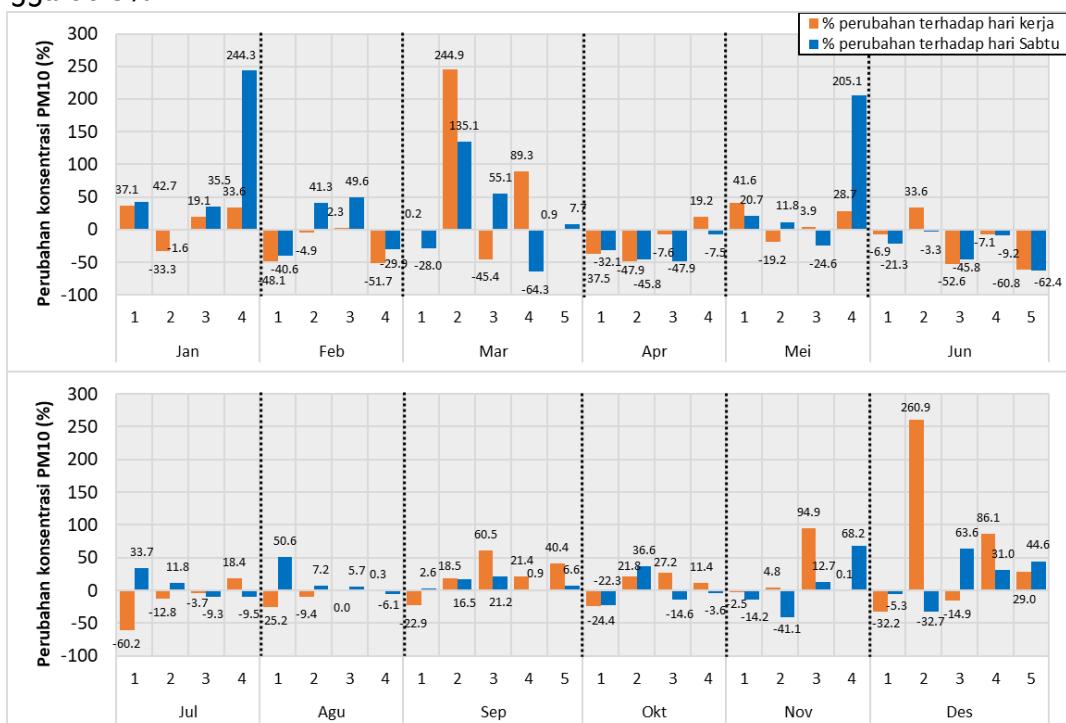
Secara umum, pada tahun 2024, kegiatan HBKB efektif untuk menurunkan NO, NO₂, dan CO, sebagaimana didapatkan perbandingan data konsentrasi pada saat HBKB dengan rata-rata hari kerja pada periode waktu yang sama, pada tahun 2024, terdapat penurunan konsentrasi gas NO, NO₂ dan CO berturut-turut sebesar 92%, 75%, dan 80%. Kebijakan HBKB cukup efektif mengurangi PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, dan THC. Hal ini dapat dilihat dari persentase penurunan konsentrasi saat HBKB terhadap hari kerja < 75% dari total pengamatan. Kebijakan HBKB kurang efektif untuk menurunkan gas NMHC dan O₃, hal ini berdasar persentase penurunan konsentrasi saat HBKB yakni sebesar 47% dan 27% (Gambar 226). Hal ini dapat disebabkan adanya sumber emisi polutan tersebut tidak hanya dari kendaraan bermotor.



Gambar 226 Persentase penurunan konsentrasi polutan saat HBKB dibandingkan rata-rata Hari Kerja (keterangan : warna hijau >75% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata, warna biru 50-75% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata, warna kuning 25-50% data pemantauan saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata)

Persentase Penurunan Konsentrasi Pencemar

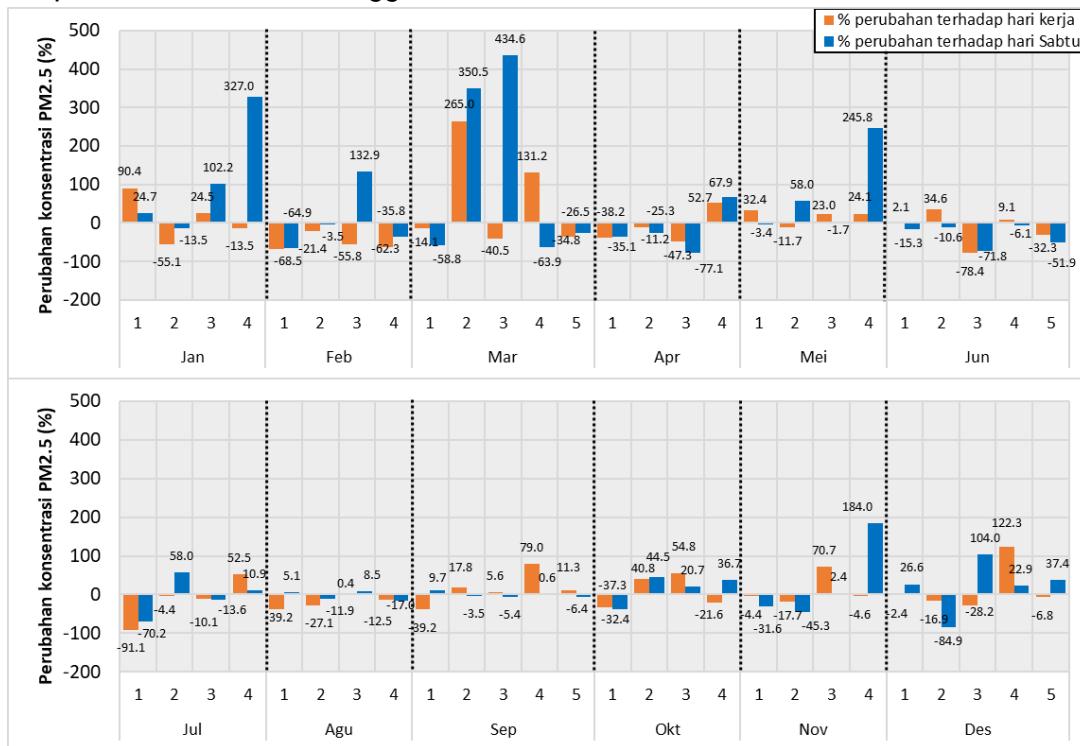
Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} saat HBKB dengan rata-rata hari kerja dan hari Sabtu pada periode waktu yang sama terukur penurunan hampir tiap pekan pada bulan Februari, April, Juni dan Juli (Gambar 227). Penurunan yang signifikan terukur pada pekan ke-4 bulan Juni hingga 60.8%.



Gambar 227 Persentase perubahan konsentrasi PM₁₀ terhadap hari kerja dan Sabtu

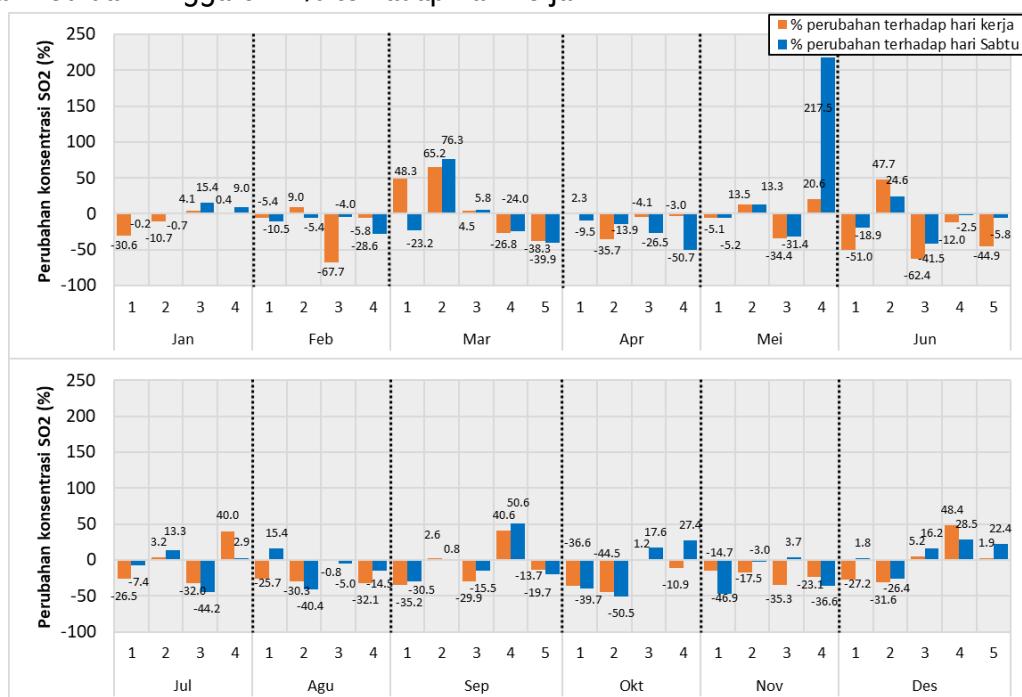
Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} saat HBKB dengan rata-rata hari kerja dan hari Sabtu pada periode waktu yang sama terukur penurunan hampir tiap pekan pada bulan Februari, Maret,

April, Juni, Juli, November, dan Desember (Gambar 228). Penurunan yang signifikan terukur pada pekan ke-1 bulan Juli hingga 91.1%.



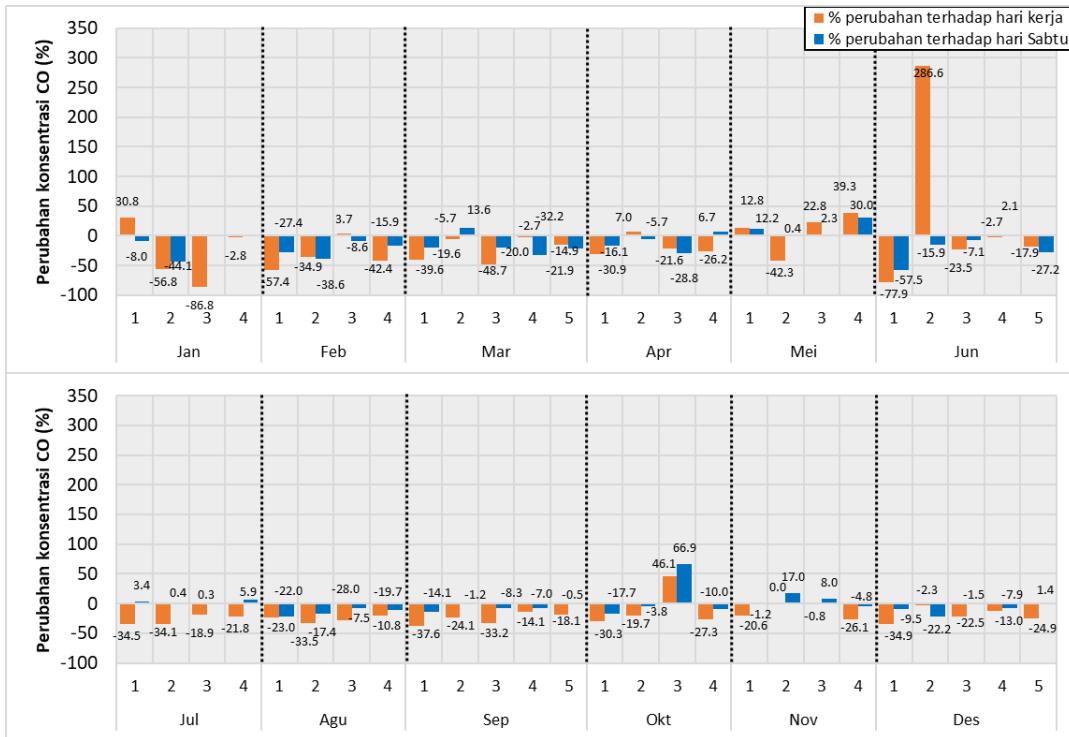
Gambar 228 Persentase perubahan konsentrasi PM_{2.5} terhadap hari kerja dan Sabtu

Perbandingan konsentrasi SO₂ saat HBKB dengan rata-rata hari kerja dan hari Sabtu pada periode waktu yang sama terukur penurunan hampir tiap pekan pada bulan April, Juni, dan Agustus-November (Gambar 229). Penurunan yang signifikan terukur pada pekan ke-3 bulan Februari hingga 67.7% terhadap hari kerja.



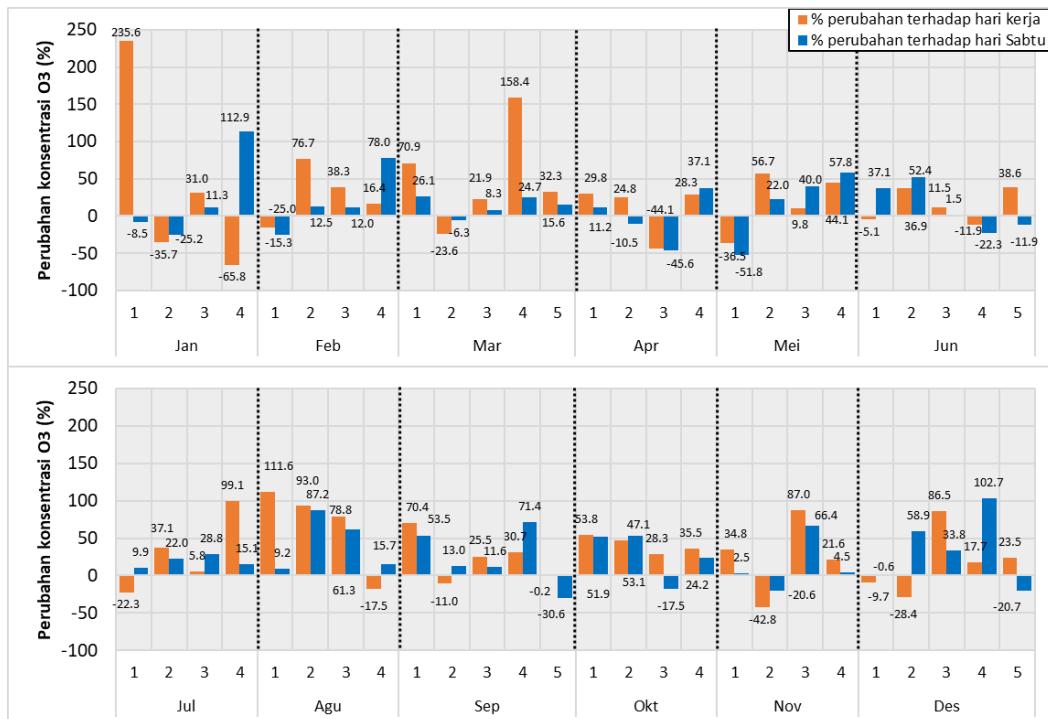
Gambar 229 Persentase perubahan konsentrasi SO₂ terhadap hari kerja dan Sabtu

Konsentrasi CO saat HBKB pada umumnya menurun signifikan terhadap rata-rata hari kerja dan hari Sabtu pada semua bulan, namun pada bulan Mei hanya di pekan ke-2 (Gambar 230). Penurunan yang signifikan terukur pada bulan Januari hingga 86.8% terhadap hari kerja, 57.5% terhadap hari Sabtu.



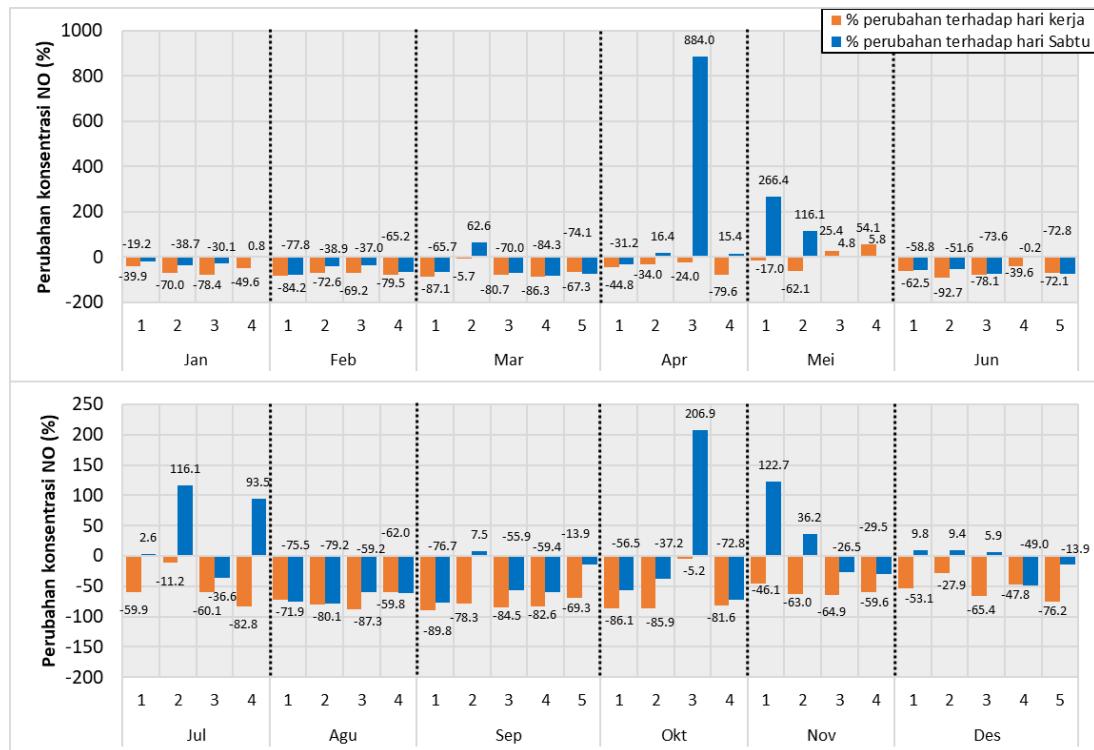
Gambar 230 Persentase perubahan konsentrasi CO terhadap hari kerja dan Sabtu

Konsentrasi O₃ saat HBKB terukur menurun signifikan pada bulan Januari hingga 65.8% terhadap rata-rata hari kerja dan pada bulan Mei hingga 51.8% terhadap hari Sabtu (Gambar 231).

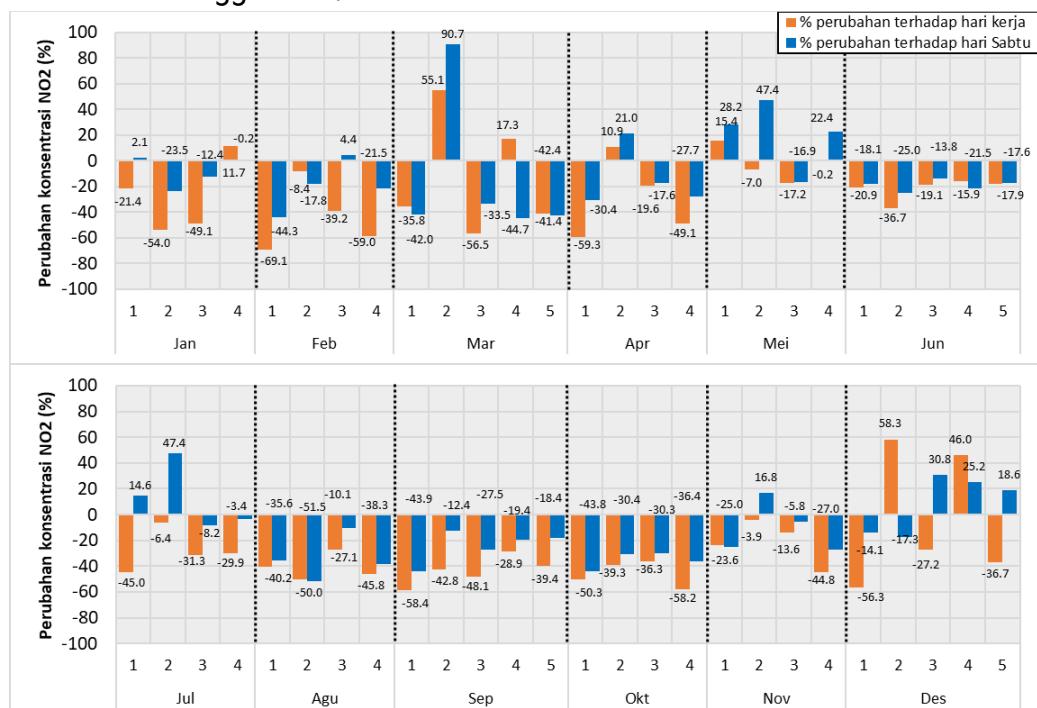


Gambar 231 Persentase perubahan konsentrasi O₃ terhadap hari kerja dan Sabtu

Konsentrasi NO saat HBKB terukur menurun di setiap bulan. Namun demikian terdapat perubahan terhadap hari Sabtu yang kurang signifikan pada bulan April, Mei, Juli, Oktober, November, dan Desember (Gambar 232).

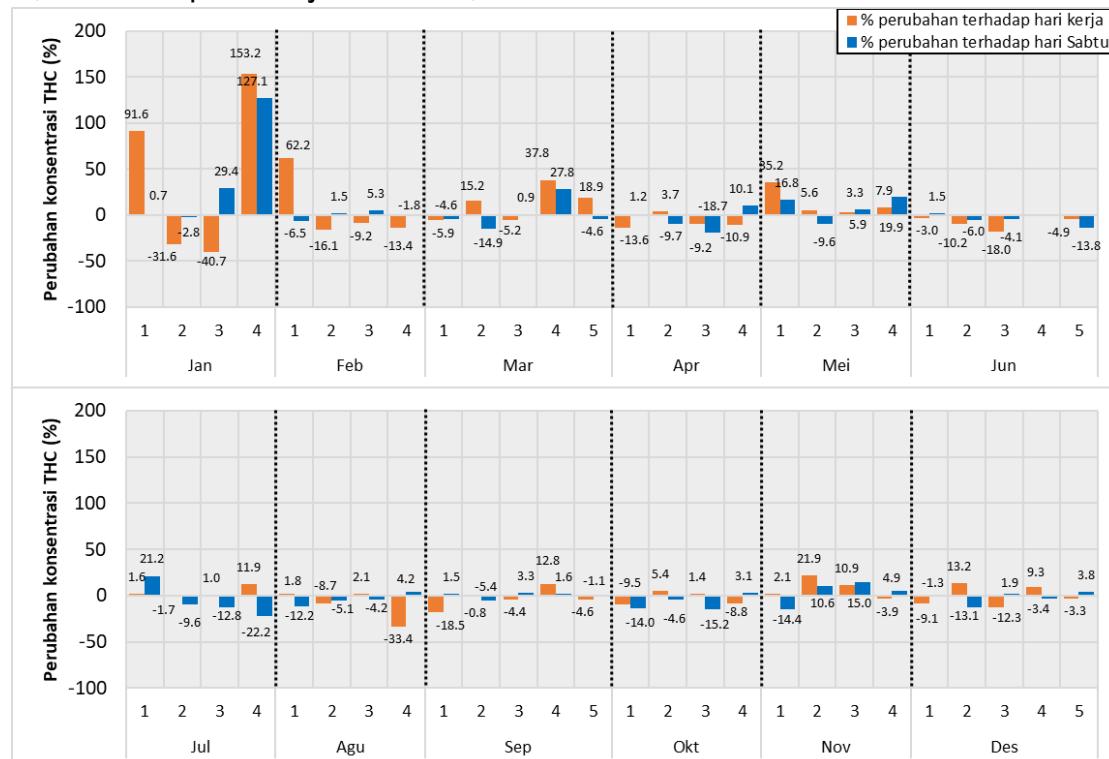


Gambar 232 Persentase perubahan konsentrasi NO terhadap hari kerja dan Sabtu
Konsentrasi NO₂ saat HBKB terukur menurun disetiap bulan terhadap rata-rata hari kerja dan hari libur non HBKB (Gambar 233). Penurunan paling signifikan adalah pada pekan ke-1 bulan Februari hingga 69.1%.

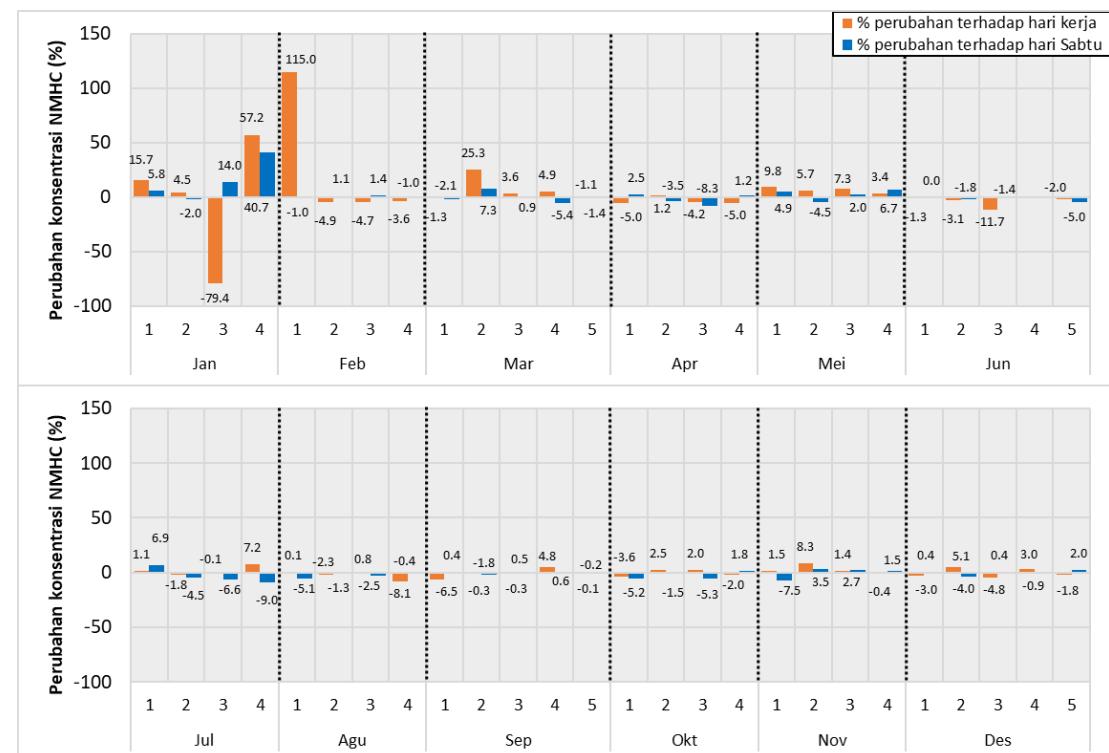


Gambar 233 Persentase perubahan konsentrasi NO₂ terhadap hari kerja dan Sabtu

Penurunan konsentrasi THC dan NMHC saat HBKB terukur paling banyak pada bulan Februari, April, Juni, Juli, September, dan Desember, terhadap rata-rata hari kerja dan hari Sabtu (Gambar 234 dan 235). Penurunan paling tinggi terukur pada bulan Januari hingga 40,7% terhadap hari kerja untuk THC, dan 79.4% untuk NMHC.



Gambar 234 Persentase perubahan konsentrasi THC terhadap hari kerja dan Sabtu



Gambar 235 Persentase perubahan konsentrasi NMHC terhadap hari kerja dan Sabtu

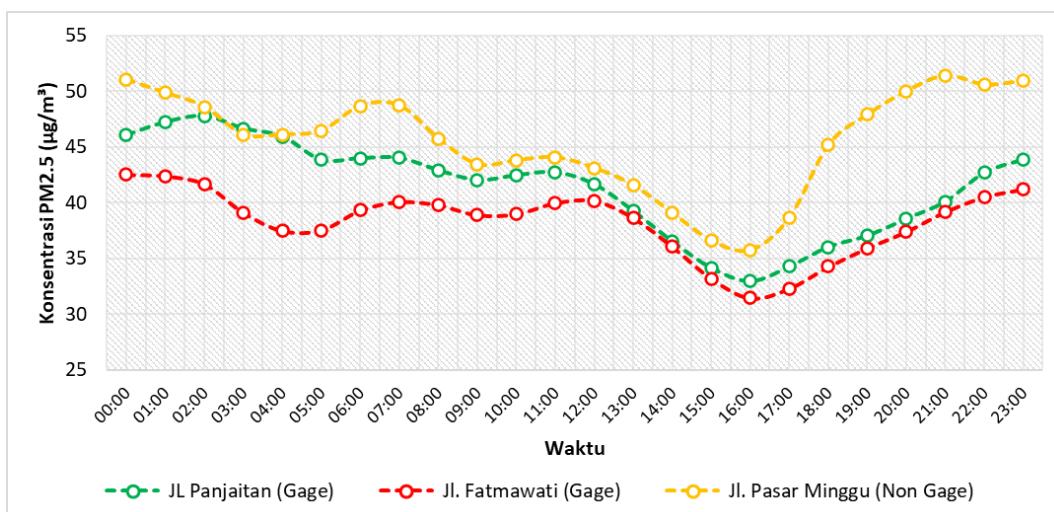
7.2. Analisis Kebijakan Pembatasan Kendaraan Ganjil Genap (Gage)

Analisis kualitas udara pada jalur Gage

Program rekayasa lalulintas salah satu yang terus dilaksanakan adalah Program Pembatasan kendaraan berplat nomor Ganjil Genap sesuai kalender atau dikenal Gage. Kebijakan pembatasan kendaraan berdasar plat nomor ganjil genap sesuai tanggal ditujukan untuk mengurangi kepadatan lalu lintas pada waktu tertentu terutama pada pagi pukul 06.00-10.00 WIB dan sore hari pukul 16.00-21.00 WIB, sesuai aktivitas masyarakat berangkat dan pulang bekerja.

Terdapat 2 titik lokasi LCS yang berada di lokasi ganjil genap yaitu Jl. Fatmawati dan Jl. Panjaitan (Cawang). Evaluasi konsentrasi $PM_{2.5}$ rata-rata tiap bulan pada periode pelaksanaan ganjil genap pada pukul 6-10 pagi, menunjukkan ada sedikit penurunan konsentrasi pada pukul 8 di ruas Jl. Fatmawati, begitu pula di ruas Jl. Panjaitan. Namun demikian pada periode ganjil-genap sore pukul 16.00-21.00 WIB, konsentrasi $PM_{2.5}$ meningkat di dua ruas lokasi ganjil genap, bersamaan dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang tetap meningkat. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di ruas Jl. Panjaitan lebih tinggi dibandingkan di ruas Jl. Fatmawati.

Terdapat 1 titik lokasi LCS yang berada di dekat ruas jalur ganjil genap, yaitu Pasar Minggu. Pola fluktuasi diurnal Jl. Panjaitan, Jl. Fatmawati dan Jl. Pasar Minggu hampir sama, dengan konsentrasi lebih tinggi di jalur non ganjil genap (Pasar Minggu).



Gambar 236 Plot rata-rata rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dan ruas non-GAGE (Pasar Minggu) dengan (LCS)

Pada tahun 2024 data jumlah kendaraan bermotor tidak tersedia, namun jika dibandingkan dengan data kendaraan tahun 2022 dan 2023, di lokasi sekitar ruas jalan gage tersebut, terdapat data jumlah kendaraan di Jl. Panglima Polim (dekat Jl. Fatmawati) dan Jl. Sutoyo Cawang dekat dengan Jl. DI Panjaitan. Pada tahun 2022 dan 2023, terdapat kenaikan jumlah kendaraan total per jam yang melintasi ruas jalan tersebut. Pada umumnya, jika diasumsikan pola jumlah kendaraan tahun 2024 setara, maka pada pukul 9.00 WIB penurunan jumlah kendaraan yang melintas, sejalan dengan penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$.

Dengan demikian pola fluktuasi konsentrasi $PM_{2.5}$ sejalan dengan pola fluktuasi jumlah kendaraan.



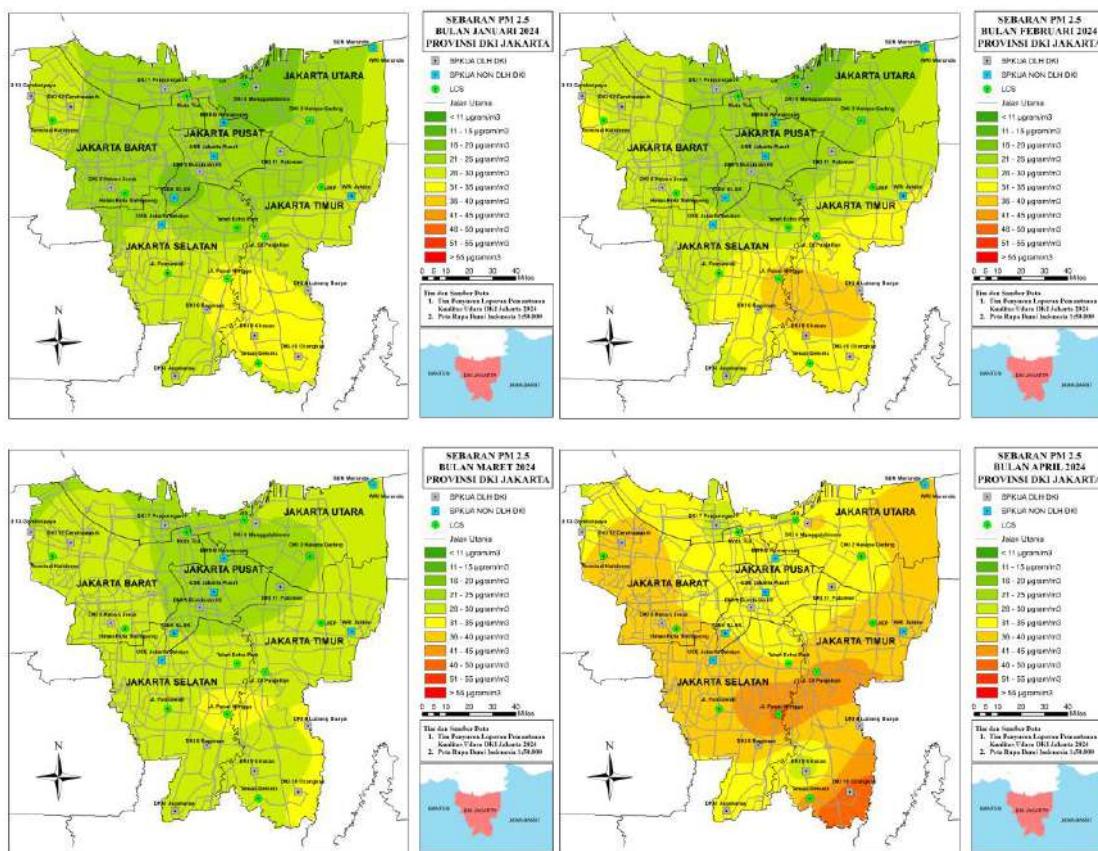
Gambar 237 Plot rata-rata jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dengan rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ (LCS)

8. Pemodelan Kualitas Udara

Pemodelan kualitas udara diperlukan untuk memahami pola sebaran konsentrasi pencemar di udara baik berdasar konsentrasi di udara ambien hasil pengukuran maupun prediksi sebaran dari berbagai sumber, yang dapat digunakan untuk memprediksi dampaknya terhadap lingkungan. Hal ini akan sangat berguna jika ketersediaan data terbatas, dan untuk keperluan pengendalian serta pengelolaan kualitas udara.

8.1. Model Sebaran Spasial Konsentrasi PM_{2.5} Berdasarkan Data SPKUA dan *Low Cost Sensor*

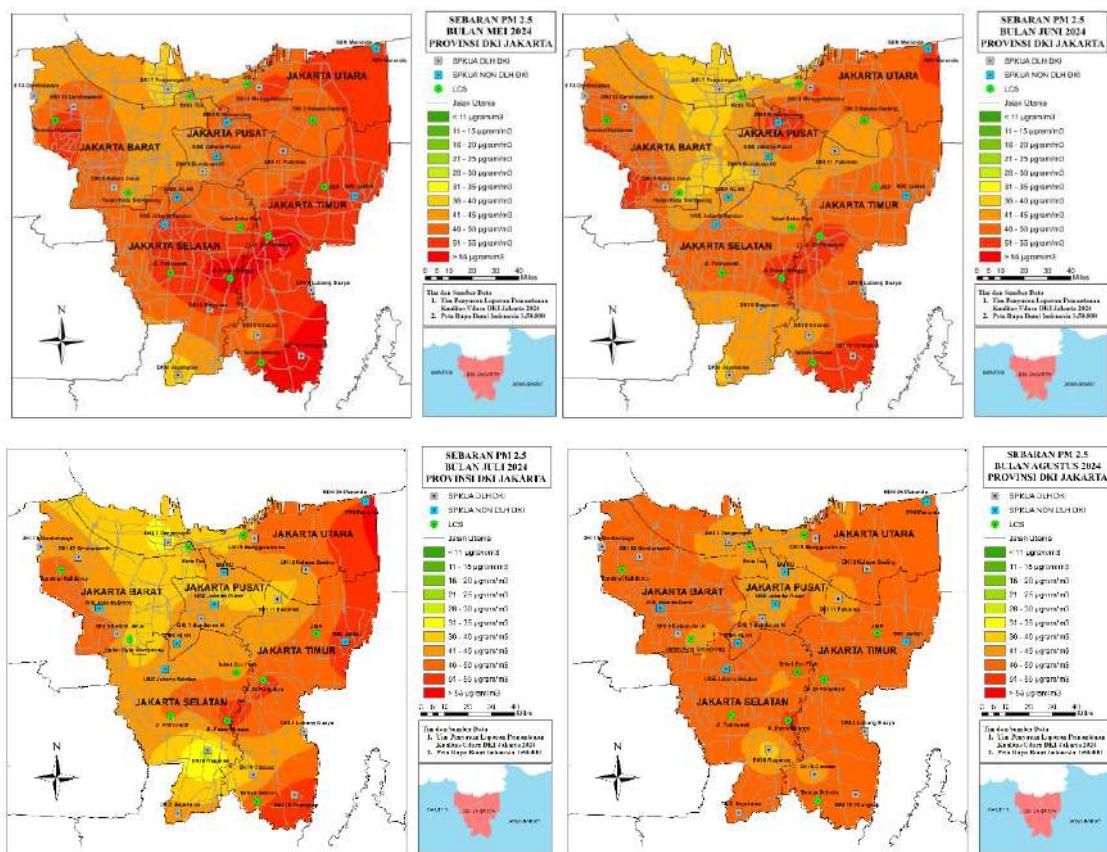
Pada bulan Januari-April, konsentrasi tertinggi di wilayah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan, yaitu di sekitar DKI4 Lubang Buaya, Taman Delonix, Jl. Pasar Minggu, Jl. DI Panjaitan, dan DKI10 Cilangkap, terendah di sekitar wilayah Jakarta Pusat (Gambar 238). Pada bulan Januari dan Februari sejalan dengan curah hujan yang tinggi, konsentrasi PM_{2.5} di seluruh wilayah Jakarta kurang dari 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Memasuki bulan Maret dan April konsentrasi PM_{2.5} meningkat terutama di wilayah Timur-Tenggara hingga mencapai > 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 238 Peta dispersi PM_{2.5} rata-rata harian bulan Januari-April 2024

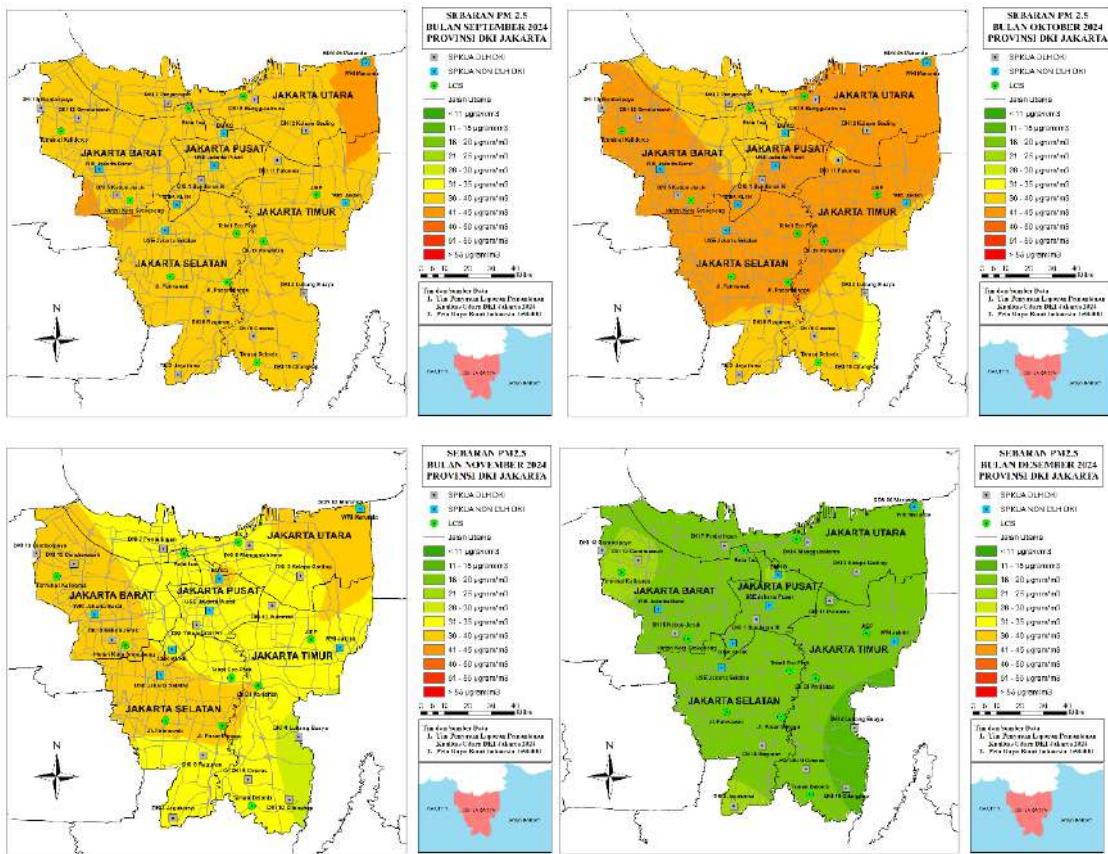
Pada bulan Mei terdapat peningkatan luas wilayah yang memiliki konsentrasi PM_{2.5} lebih dari 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hampir di semua wilayah kecuali wilayah DKI3 Jagakarsa dan DKI7 Penjaringan (36-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sementara itu di wilayah DKI10 Cilangkap, Jl. Panjaitan, dan Jl. Pasar Minggu memiliki konsentrasi paling tinggi yaitu > 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 239). Pada

bulan Juni terjadi penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$ di semua lokasi. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di wilayah DKI10 Cilangkap, Taman Delonix, JL. Pasar Minggu dan JL. DI Panjaitan, Marunda, dan BMKG Kemayoran menurun menjadi $51-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi terendah terukur di sebelah utara di wilayah Kota Tua, DKI7 Penjaringan, DKI1 Bundaran HI, Hutan Kota Srengseng, dan DKI3 Jagakarsa sebesar $36-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 239 Peta dispersi $PM_{2.5}$ rata-rata harian bulan Mei-Agustus 2024

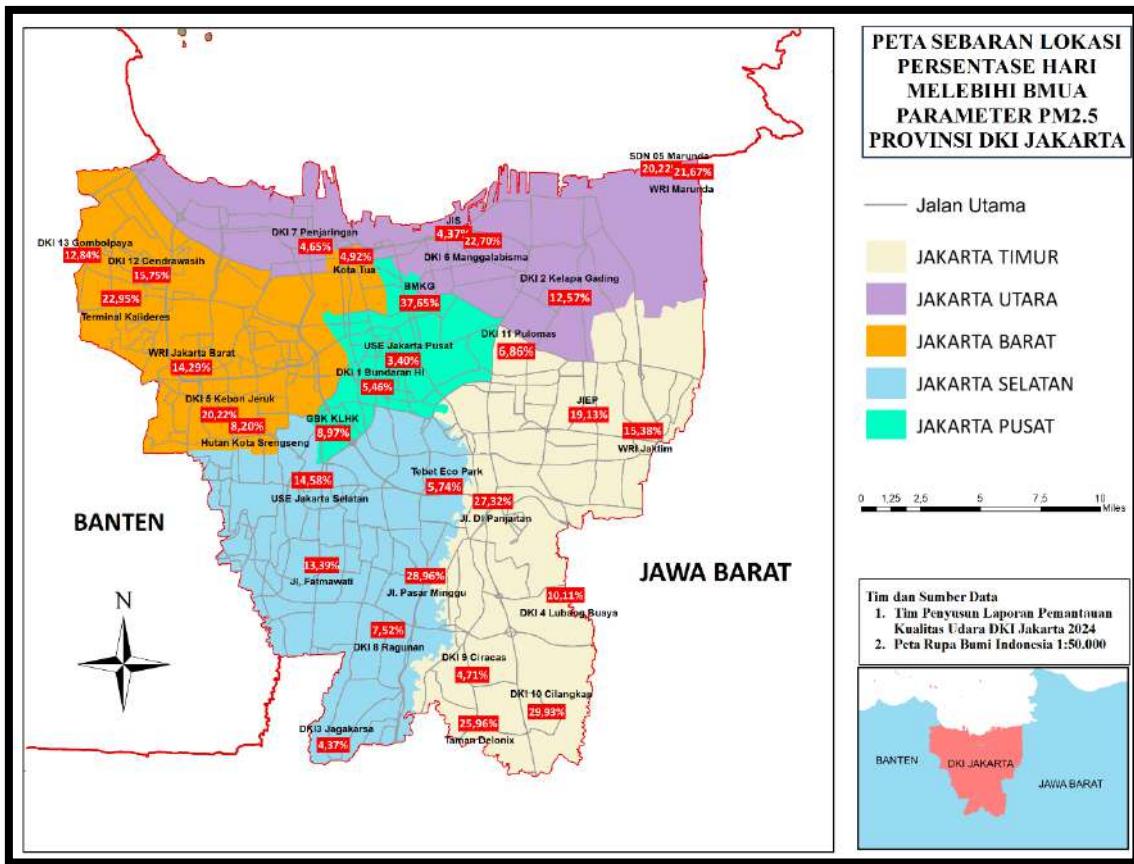
Memasuki bulan September terjadi penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$ menjadi sekitar $36-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di seluruh wilayah Jakarta kecuali Marunda. Pada bulan Oktober terdapat peningkatan kembali konsentrasi $PM_{2.5}$ sekitar $41-45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kecuali daerah Penjaringan, Kota Tua, dan Jakarta Selatan konsentrasi tetap (Gambar 240). Kualitas udara mulai membaik memasuki periode November, bahkan konsentrasi $PM_{2.5}$ berada di bawah $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di seluruh wilayah DKI pada bulan Desember. Konsentrasi $PM_{2.5}$ terendah dengan angka $<11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ terjadi pada bulan Desember di sekitar DKI4 Lubang Buaya dan DKI10 Cilangkap.



Gambar 240 Sebaran konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian September-Desember 2024

Pemetaan juga dilakukan terhadap data jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} melebihi BMUA 24 jam selama tahun 2024 (Gambar 241). Hasil analisis menunjukkan lima lokasi teratas yang memiliki jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} rata-rata di atas nilai BMUA 24 jam > 25% yaitu BMKG Kemayoran (37,64%), DKI10 Cilangkap (29,93%), Jl. Pasar Minggu (28,96%), Jl. DI Panjaitan (27,32%), Taman Delonix (25,96%). Kelima lokasi tersebut memiliki latar belakang sumber emisi yang spesifik, seperti di Jl. Pasar Minggu dan Jl. DI Panjaitan merupakan lokasi dengan lalulintas padat, di Cilangkap dan Taman Delonix terdapat aktivitas masyarakat sekitar seperti pembakaran sampah terbuka, sedangkan di sekitar BMKG Kemayoran terdapat aktivitas konstruksi pembangunan gedung perkantoran. Hal tersebut memerlukan pemantauan di lapangan lebih intensif.

Lokasi pemantauan dengan persentase hari yang memiliki konsentrasi PM_{2.5} di atas BMUA 24 jam rendah (<10%) antara lain Hutan Kota Srengseng, Ragunan, Pulomas, Tebet Ecopark, Kota Tua, Ciracas, Jagakarsa, JIS, Tanjung Timor, dan P. Pramuka. Lokasi-lokasi seperti Hutan Kota Srengseng dan Tebet Ecopark merupakan lokasi yang dipilih untuk kegiatan pengendalian kualitas udara, karena berupa hutan kota, selain itu Tebet Ecopark dan Kota Tua juga merupakan Zona Rendah Emisi (LEZ). Oleh karena itu kebijakan-kebijakan tersebut menjadi penting untuk mendukung pengendalian kualitas udara Kota Jakarta.

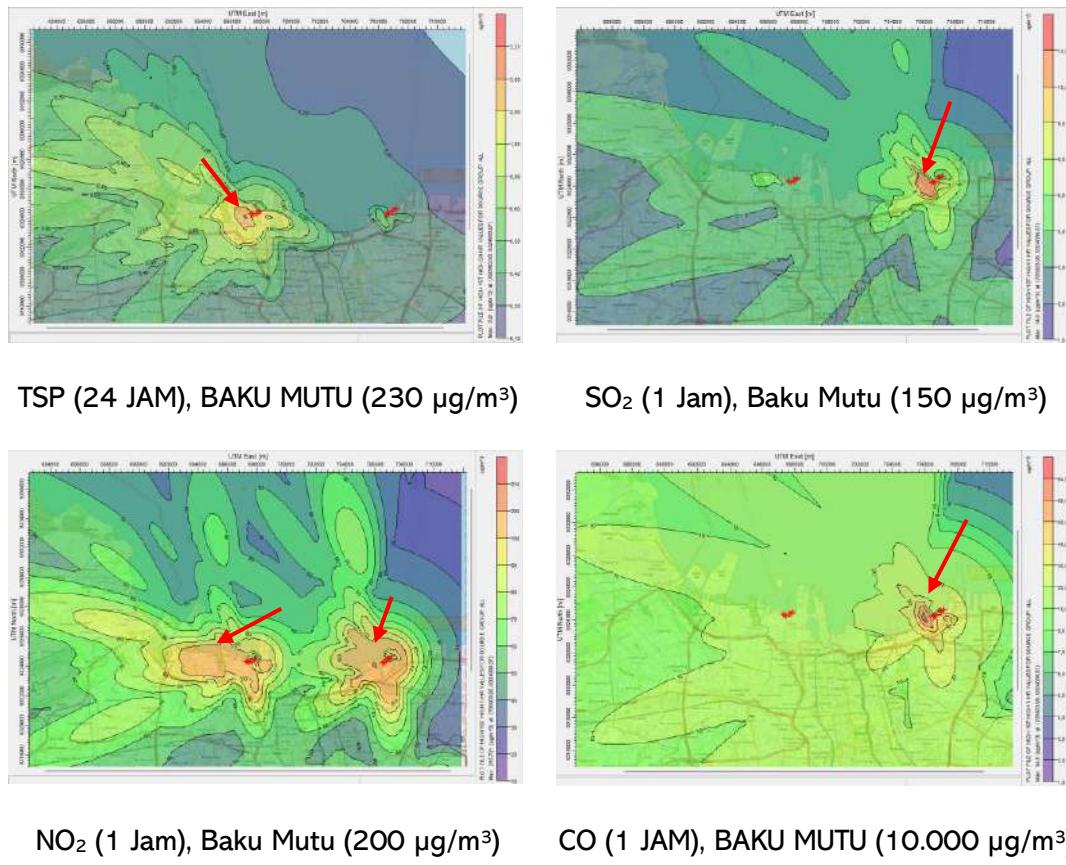


Gambar 241 Sebaran lokasi dengan konsentrasi PM_{2.5} yang melebihi BMUA 24 jam

8.2. Pemodelan Spasial Konsentrasi Polutan dari Sumber Emisi menggunakan AERMODVIEW

Sumber emisi pencemar udara di Jakarta terdiri dari transportasi, industri juga aktivitas lain seperti aktivitas konstruksi infrastruktur kota dan sumber domestik, serta pembakaran sampah terbuka. Emisi pencemar tersebut dapat tersebar ke berbagai arah dan memengaruhi konsentrasi polutan di wilayah Jakarta. Pemodelan spasial/dispersi pencemar udara akan sangat membantu untuk memprediksi kontribusi sumber emisi terhadap kualitas udara ambien. Salah satu pemodelan sebaran dari sumber industri menggunakan perangkat lunak AERMODView. Modul pemodelan terlampir (Lampiran 6). Sumber emisi yang dijadikan contoh kasus adalah PLTU Muara Karang dan Tanjung Priok.

Adapun parameter pencemar yang dimodelkan menggunakan AERMODView adalah parameter TSP, NOx, SO₂, dan CO. Pada luaran model terlihat titik konsentrasi maksimum yang ditunjukkan oleh warna yang lebih kuning kemerahan. Titik-titik merah menunjukkan titik sumber emisi. Hasil analisis menunjukkan sebaran TSP, CO, dan SO₂ dari kedua sumber emisi masih dalam batas (Gambar panah merah). Sedangkan untuk NOx berada di atas BMUA untuk NO₂ 1 jam dengan konsentrasi maksimum 216 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jarak 1.24 km dari sumber emisi, searah angin dominan, yaitu sekitar 6° 6'42.27" LS 106°51'37.17"BT untuk sumber emisi dari Priok dan 6° 6'50.99"LS 106°46'35.73"BT untuk sumber emisi dari Muara Karang. Lokasi-lokasi dengan konsentrasi maksimum dapat dijadikan rujukan untuk titik pemantauan yang kontinu atau reguler pemantauan per semester.



Gambar 242 Model sebaran polutan menggunakan *AERMODView*

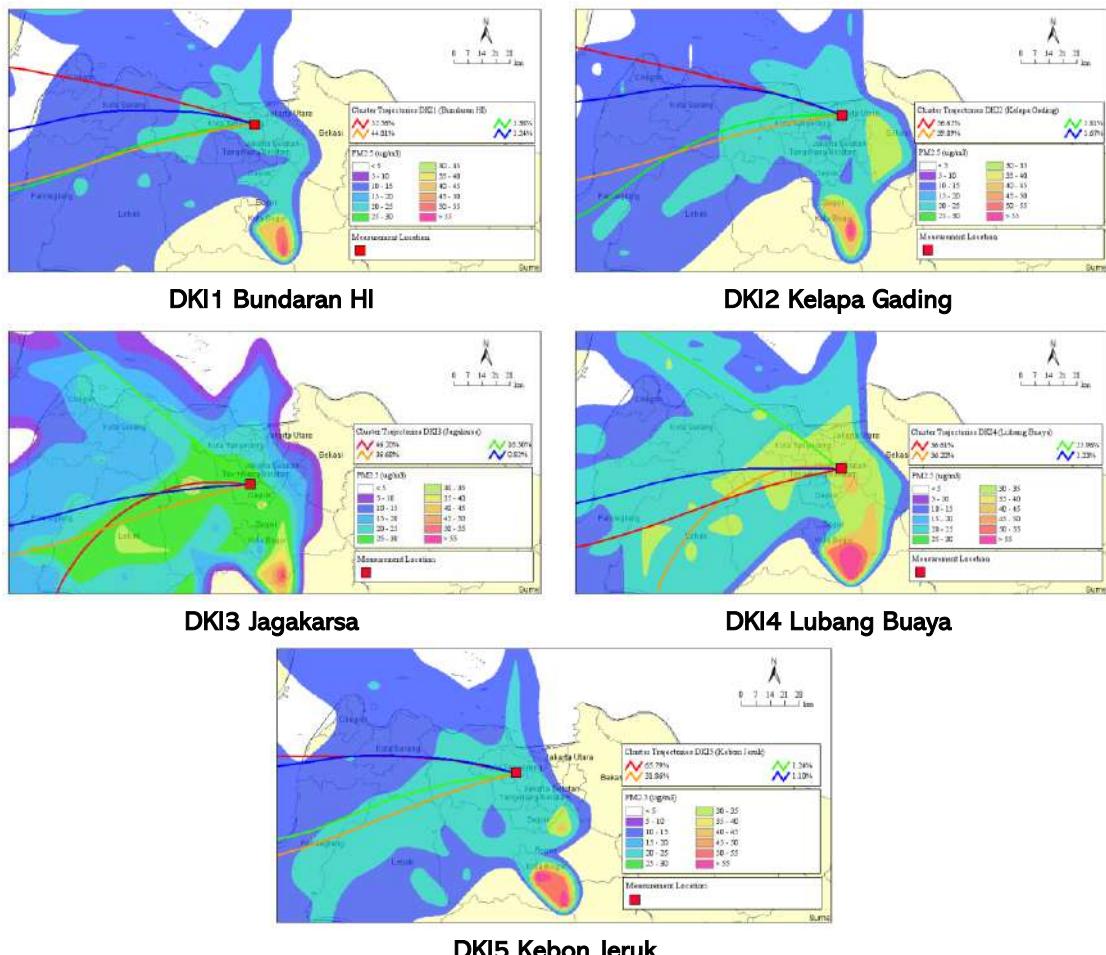
8.3. Pemodelan HSYPLIT-CWT untuk Prediksi Sumber Pencemar

Analisis sumber pencemar yang berkontribusi terhadap kualitas udara Jakarta juga dapat diprediksi, salah satunya menggunakan perangkat lunak HSYPLIT-CWT. Pada laporan ini dilakukan prediksi lokasi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap konsentrasi PM_{2.5} di wilayah DKI1 hingga DKI5 periode bulan Januari dan Juli 2024 dengan asumsi Januari mewakili musim hujan dan Juli mewakili musim kemarau.

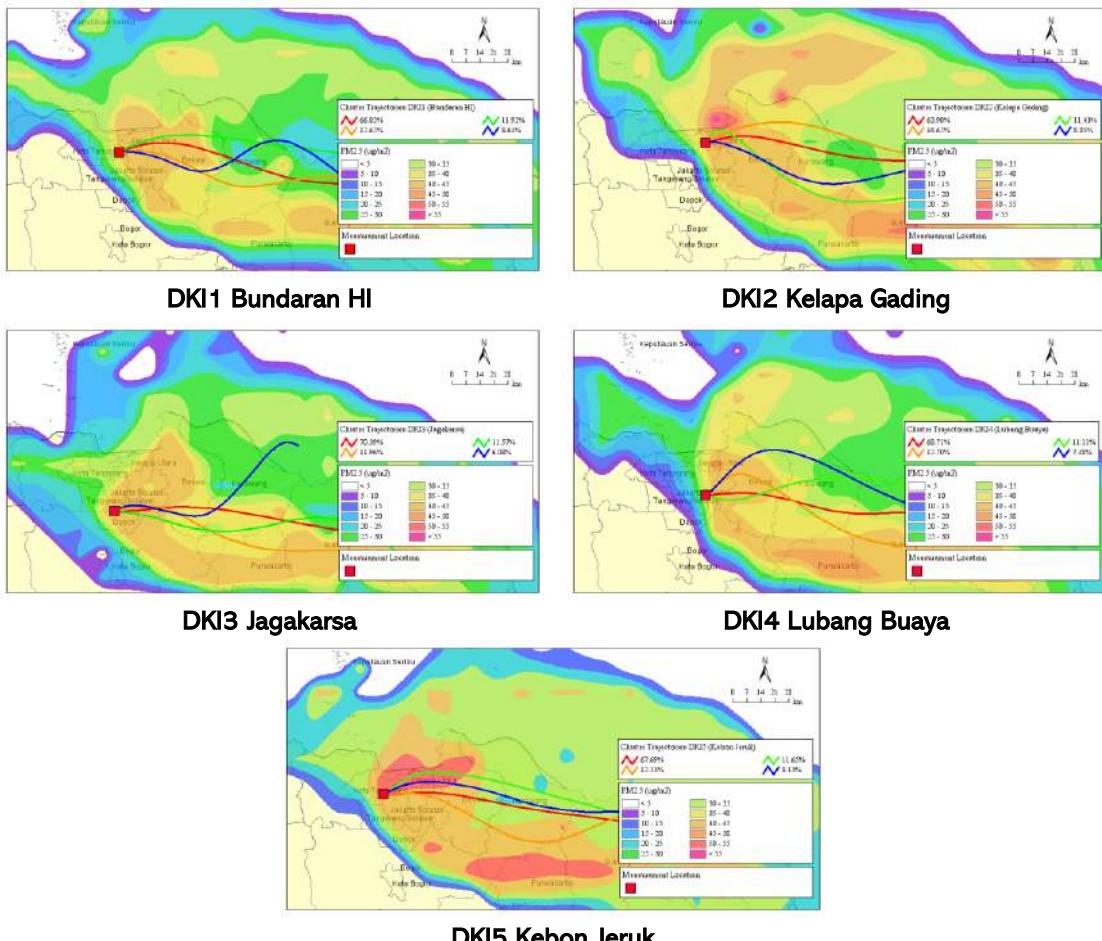
Hasil analisis menunjukkan pergerakan massa udara pada **bulan Januari** yang mewakili musim hujan, massa udara yang masuk ke Jakarta bagian utara (Bundaran HI, Kelapa Gading, Kebon Jeruk) dominan dari Barat-Barat Laut yaitu sekitar wilayah Tangerang bagian utara dengan proporsi 54-67%. Sedangkan untuk wilayah Jakarta bagian selatan (Jagakarsa dan Lubang Buaya) dominan dari Barat-Barat Daya yaitu sekitar wilayah Tangerang bagian Selatan dengan proporsi 38-47%. Pada **bulan Juli** masa udara bergerak memasuki Jakarta secara keseluruhan berasal dari Timur dan Timur Laut dengan kisaran persentase mencapai sekitar 80 % dari arah Timur. Sehingga sumber emisi pencemar udara yang berpotensi berkontribusi terhadap kualitas udara di Jakarta pada musim kemarau berasal dari wilayah Jakarta Timur, Jakarta Utara dan Bekasi.

Hasil analisis pola trajektori antar musim tersebut menunjukkan peran angin muson barat dan angin muson timur memengaruhi kontribusi sumber emisi dari wilayah lain memasuki

udara Jakarta. Hal ini perlu mendapat telaahan lebih lanjut mengenai potensi pencemaran udara lintas batas (*transboundary air pollution*) di wilayah Jabodetabek.



Gambar 243 Prediksi sumber pencemar pada bulan Januari



Gambar 244 Prediksi sumber pencemar pada bulan Juli

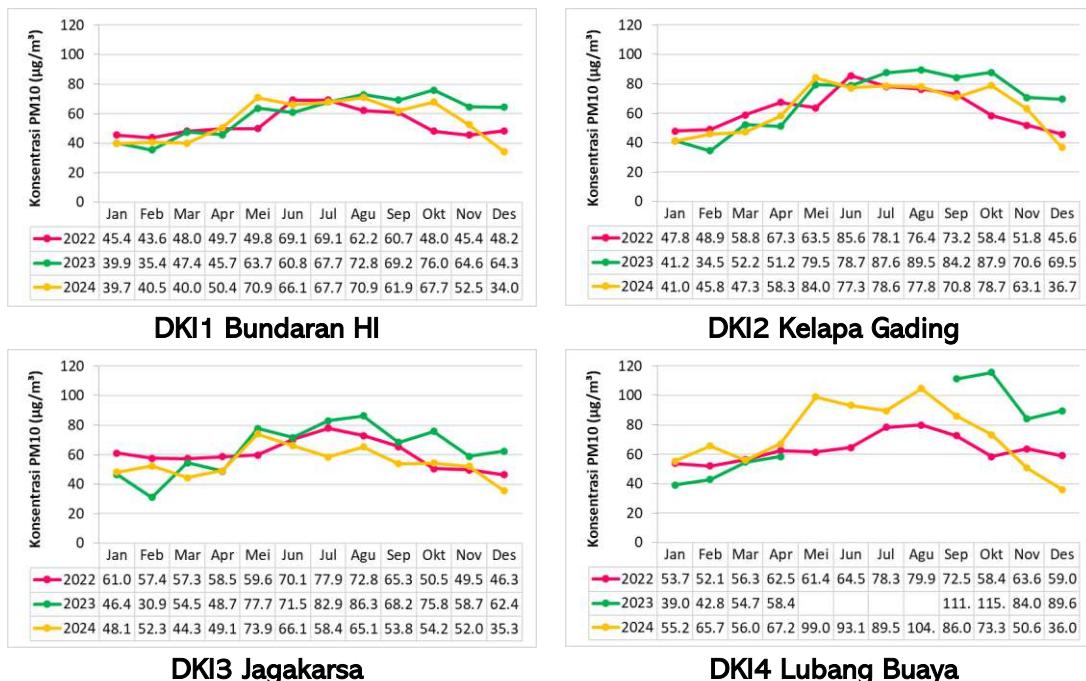
9. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2022-2024)

Kondisi kualitas udara pada 3 tahun terakhir dilihat berdasar kondisi bulan Januari-November antar tahun, pada masing-masing SPKUA menggunakan rata-rata per bulan. Pada paparan ini disampaikan untuk parameter partikulat, Ozon, dan NO₂, sedangkan parameter lain dilampirkan (Lampiran 4). Sebagai perbandingan untuk waktu lebih panjang, analisis rata-rata tahunan dilakukan juga selama 6 tahun terakhir (2019-2024).

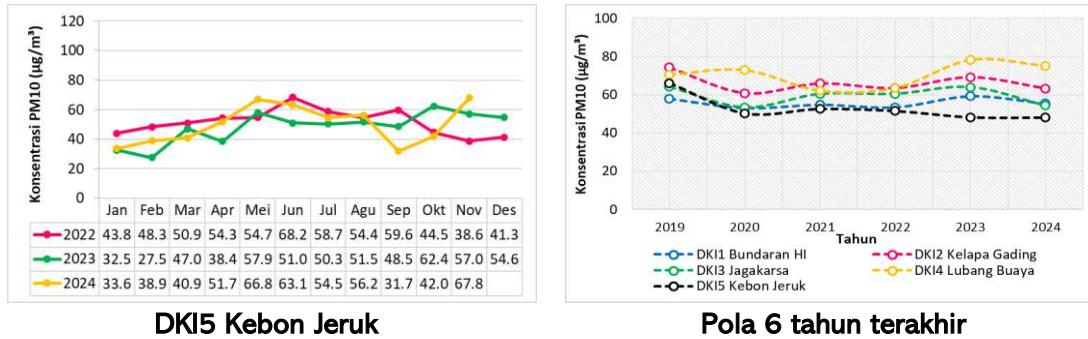
9.1. PM₁₀

Selama periode tahun 2022-2024, terdapat peningkatan konsentrasi PM10 pada tahun 2023, dan menurun pada tahun 2024. Tahun 2023 tercatat peningkatan konsentrasi PM10 hingga 22.9% dibanding tahun 2022, tertinggi di DKI4 Lubang Buaya. Tahun 2024 terjadi penurunan konsentrasi PM10 hingga 15.17% dibandingkan tahun 2023, tertinggi di DKI3 Jagakarsa (Lampiran 5). Konsentrasi rata-rata per bulan PM10 pada tahun 2024 cenderung lebih rendah dibandingkan 2 tahun sebelumnya kecuali pada bulan Mei di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, dan DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 245).

Selama 6 tahun terakhir, konsentrasi PM₁₀ menurun pada tahun 2020 di semua lokasi kecuali DKI4 Lubang Buaya. Kondisi *pandemic Covid-19* turut mempengaruhi kualitas udara pada masa tersebut. Pada tahun 2023 terjadi peningkatan kembali konsentrasi PM₁₀, kecuali di Kebon Jeruk menurun dan stabil hingga 2024. Secara keseluruhan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta tahun 2020 – 2024 lebih rendah dibanding tahun 2019, kecuali di Lubang Buaya lebih tinggi pada tahun 2023 – 2024. Aktivitas konstruksi dan aktivitas lain di sekitar lokasi stasiun pemantauan berkontribusi terhadap peningkatan tersebut.



Gambar 245 Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

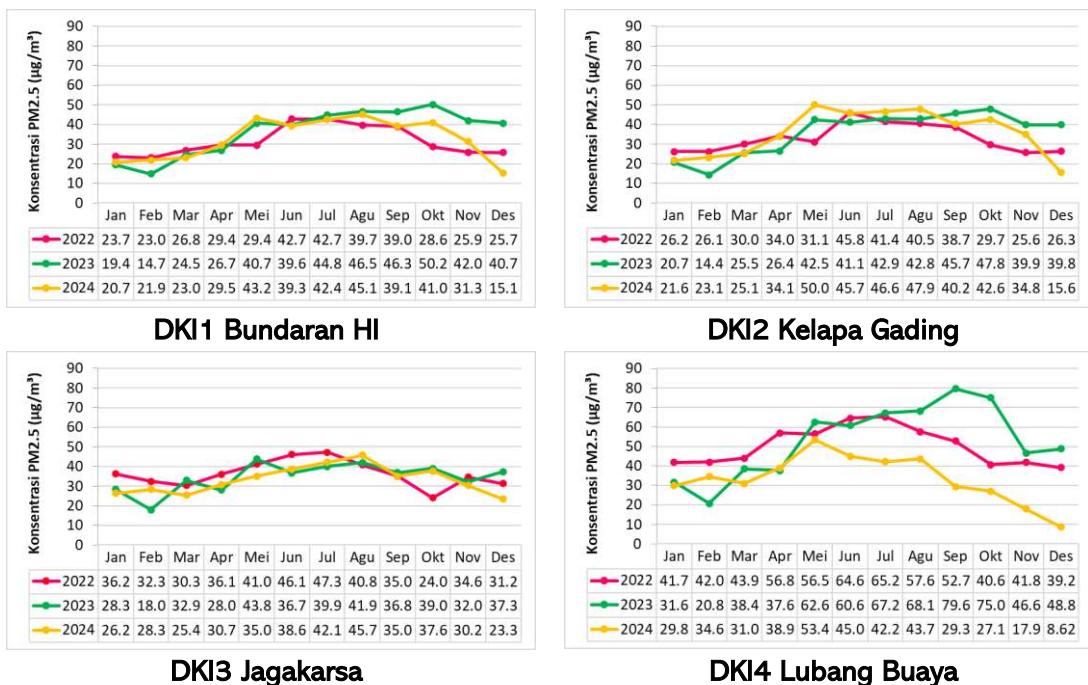


Gambar 245 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

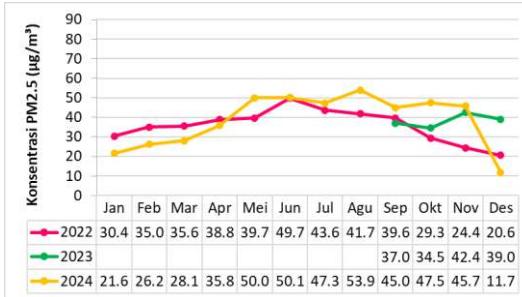
9.2. PM_{2.5}

Parameter PM_{2.5} memiliki tren hampir sama dengan PM10. Sepanjang tahun terdapat trend meningkat hingga bulan Oktober (Gambar 246). Secara umum, konsentrasi rata-rata tahun 2023 meningkat hingga 16.5% dibanding tahun 2022, tertinggi di DKI1 Bundaran HI. Sedangkan pada tahun 2024, konsentrasi PM_{2.5} mengalami penurunan sebesar 37.5% , tertinggi di DKI4 Lubang Buaya (Lampiran 5).

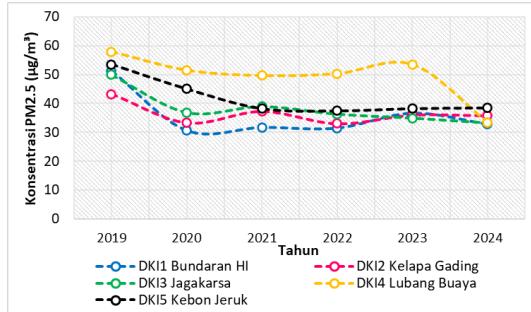
Data historis selama 6 tahun terakhir menunjukkan terdapat tren menurun konsentrasi PM_{2.5}. Walaupun untuk lokasi Lubang Buaya sempat ada peningkatan pada tahun 2023, namun kembali menurun pada tahun 2024.



Gambar 246 Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun



DKI5 Kebon Jeruk



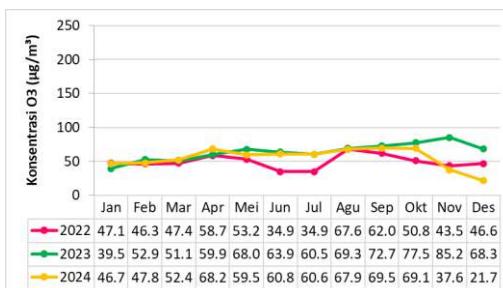
Pola 6 tahun terakhir

Gambar 246 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun

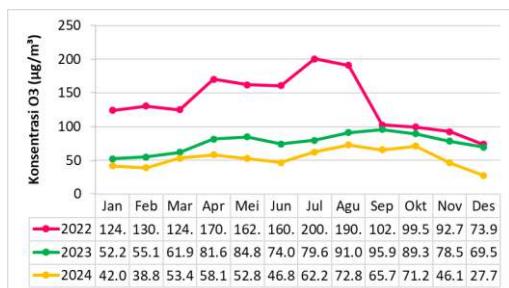
9.3. Ozon

Konsentrasi rata-rata Ozon bulan Januari-Desember dari tahun 2022 sampai 2024 menunjukkan peningkatan, namun tidak begitu signifikan, dan berbeda antar lokasi (Gambar 247). Fluktuasi konsentrasi Ozon rata-rata harian berkaitan juga dengan jumlah prekursornya seperti NO, NO₂ dan VOCs, selain faktor radiasi matahari yang mungkin bisa terjadi perubahan besaran yang diterimanya dari tahun ke tahun, walau pada bulan yang sama. Pada tahun 2023 terdapat penurunan konsentrasi rata-rata tahunan yang signifikan di DKI2 Kelapa Gading hingga 44%, namun terdapat peningkatan lebih besar di Kebon Jeruk hingga 70% , dibanding tahun 2022. Pada tahun 2024 penurunan konsentrasi O₃ hingga 30% di Kelapa Gading, namun ada sedikit peningkatan di Kebon Jeruk dan Lubang Buaya hingga 8% dibanding tahun 2023 (Lampiran 5).

Selama 6 tahun terakhir pola fluktuasi konsentrasi O₃ tahunan berbeda antar lokasi. Di Jagakarsa dan Lubang Buaya terdapat tren menurun, sementara di DKI1 Bundaran HI ada sedikit peningkatan pada 2024, di Kebon Jeruk meningkat signifikan. Sedangkan di DKI2 Kelapa Gading terdapat lonjakan tahun 2021 dan 2022, menurun kembali tahun 2024.

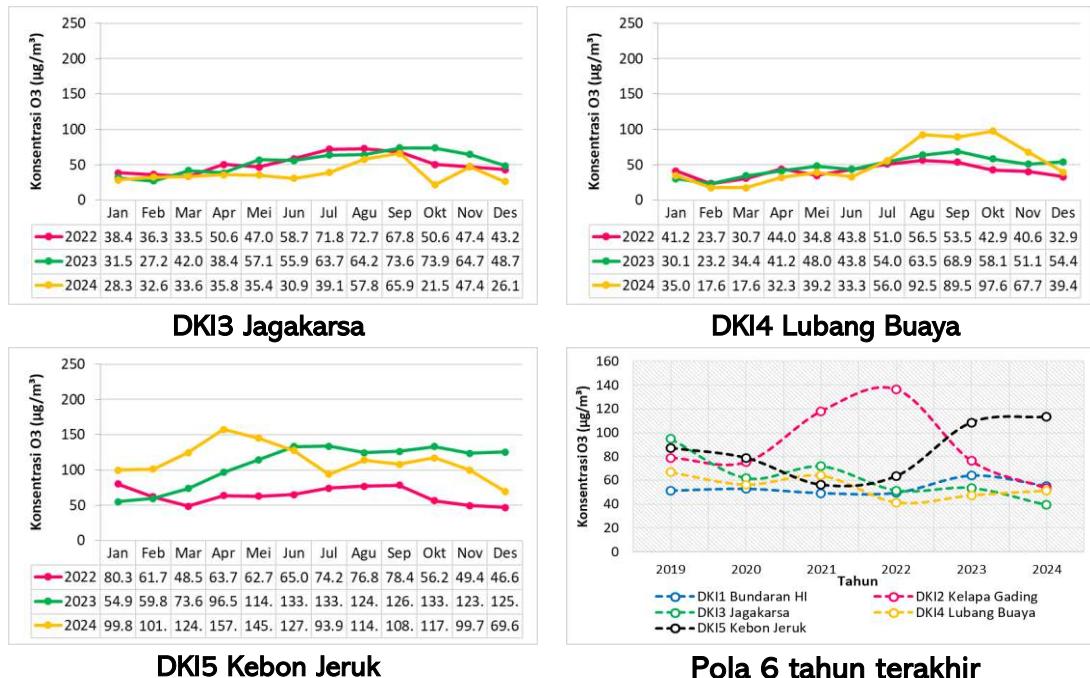


DKI1 Bundaran HI



DKI2 Kelapa Gading

Gambar 247 Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun

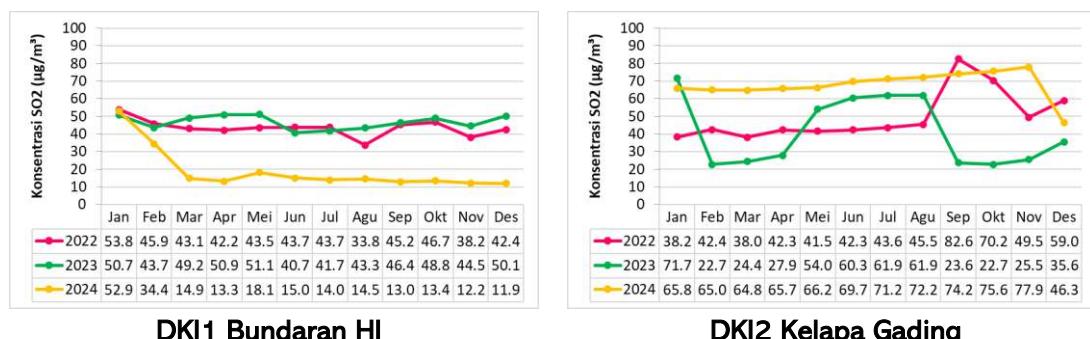


Gambar 247 lanjutan Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun

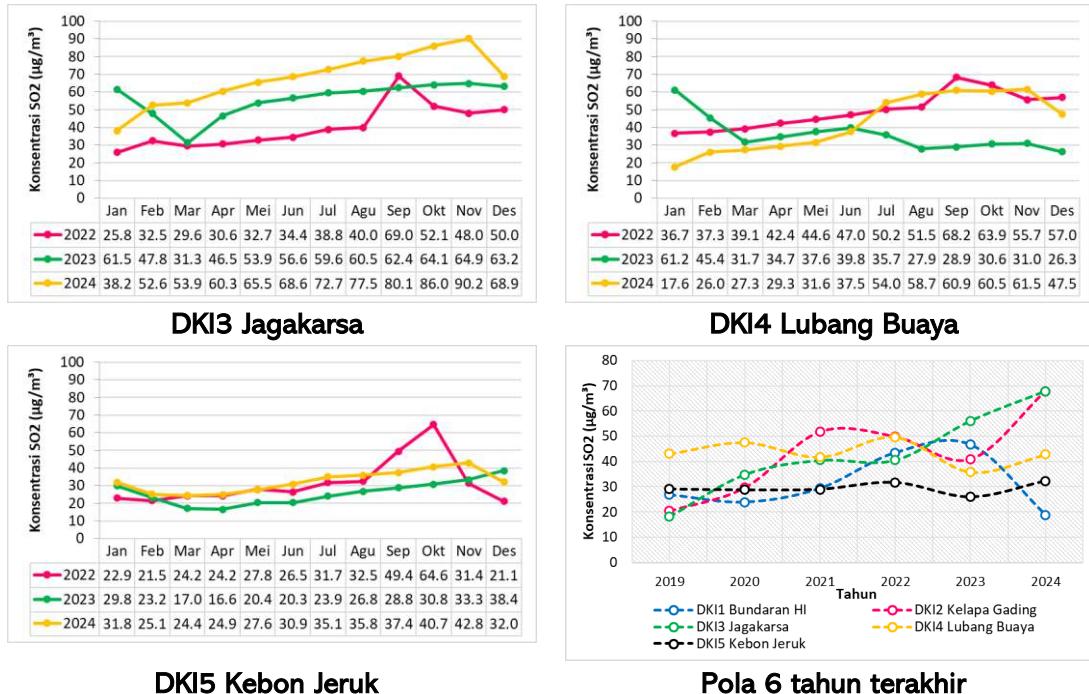
9.4. SO₂

Konsentrasi rata-rata SO₂ selama 3 tahun terakhir cenderung mengalami peningkatan, kecuali di Bundaran HI. Pada tahun 2024 konsentrasi rata-rata SO₂ menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan 2 tahun sebelumnya di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa (Gambar 248). Konsentrasi rata-rata tahunan sangat fluktuatif, tahun 2023 terdapat peningkatan hingga 38.3% SO₂ di Jagakarsa, tetapi penurunan hingga 27.8% di Lubang Buaya, dibanding tahun 2022. Pada tahun 2024 terdapat penurunan signifikan di Bundaran HI hingga 59.8% tetapi peningkatan pesat di Kelapa Gading hingga 65.9% (lampiran 5).

Berdasar data rata-rata tahunan SO₂ selama 6 tahun terakhir (2019-2024), terdapat tren peningkatan konsentrasi SO₂ di semua lokasi kecuali di Bundaran HI, menurun pada tahun 2024. Hal ini perlu mendapat perhatian terkait sumber-sumber SO₂ yang berkontribusi.



Gambar 248 Perbandingan konsentrasi SO₂ bulanan dan antar tahun

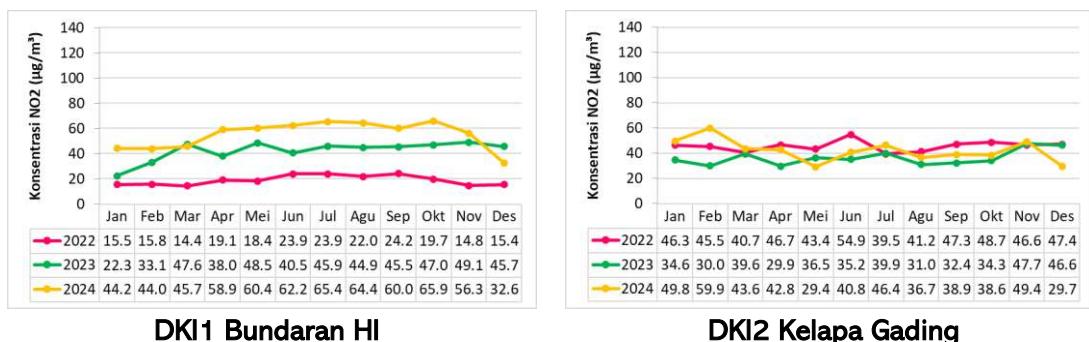


Gambar 248 lanjutan Perbandingan konsentrasi SO₂ bulanan dan antar tahun

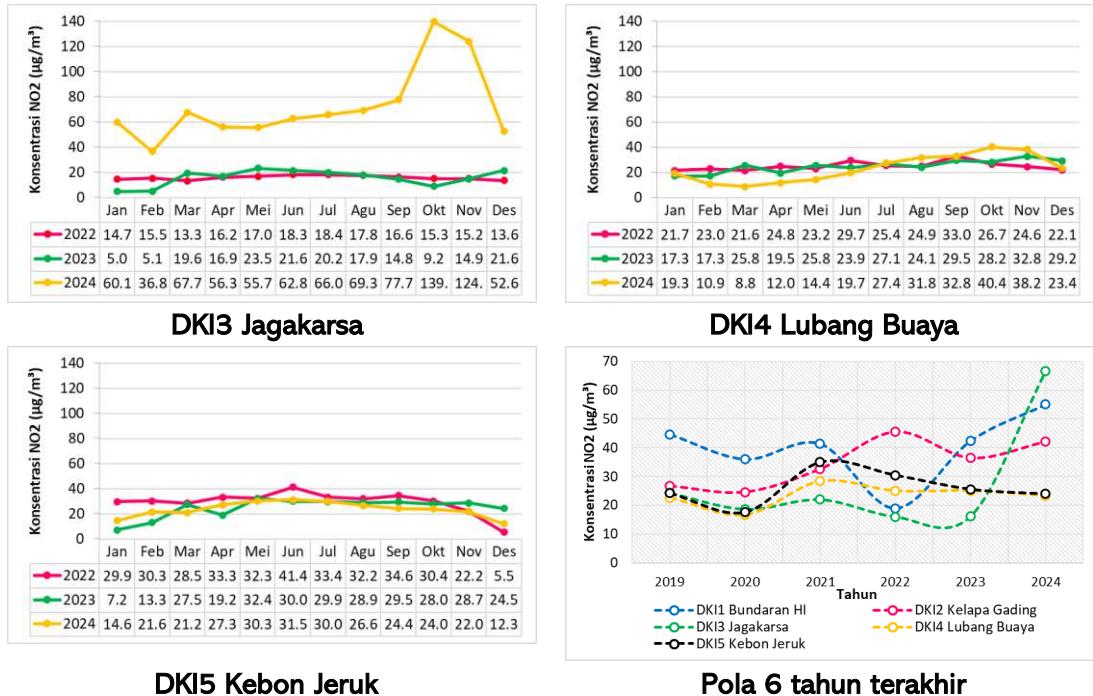
9.5. NO₂

Trend selama 3 tahun terakhir konsentrasi NO₂ di Bundaran HI dan Jagakarsa menunjukkan peningkatan (Gambar 249). Tahun 2024 terdapat peningkatan konsentrasi NO₂ hingga 310% di DKI3 Jagakarsa dibandingkan tahun 2023 (Lampiran 5). Sementara itu, konsentrasi NO₂ di Kelapa Gading, Lubang Buaya dan Kebon Jeruk cenderung stabil selama 3 tahun terakhir. Secara umum pada bulan Desember 2024 terjadi penurunan konsentrasi NO₂.

Data 6 tahun terakhir menunjukkan pola peningkatan untuk lokasi Bundaran HI, Kelapa Gading dan Jagakarsa. Peningkatan konsentrasi NO₂ signifikan di Jagakarsa pada 2024, jauh lebih tinggi dibanding 4 tahun sebelumnya. Hal ini perlu mendapat perhatian terkait sumber-sumber emisi yang berkontribusi.



Gambar 249 Perbandingan konsentrasi NO₂ bulanan dan antar tahun



Gambar 249 Lanjutan Perbandingan konsentrasi NO₂ bulanan dan antar tahun

10. Analisis Status Mutu Udara Ambien 2024

Evaluasi kualitas udara tahunan dapat juga dilakukan melalui analisis status mutu udara ambien. Analisis status mutu udara ambien dilakukan untuk mengetahui kondisi ketercemaran mutu udara suatu wilayah dari hasil pemantauan selama 1 tahun yang diwakili oleh parameter PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 . Berdasarkan PERMEN LH No 12 Tahun 2010, penentuan status mutu udara ambien harus memenuhi kriteria jumlah data minimum yang digunakan dalam analisis yaitu sebesar 80% data (292 data harian atau 7008 data per jam) untuk 1 lokasi pada setiap parameter pencemar. Namun jika kondisi ideal tersebut tidak dapat terpenuhi, penentuan status mutu udara ambien dapat dilakukan dengan menggunakan 65% data (238 data harian) untuk 1 lokasi pada setiap parameter pencemar. Jumlah data pencemar udara di DKI Jakarta pada tahun 2024 berkisar 308 hingga 366 data harian selama 1 tahun (Tabel 25).

Tabel 25 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2024

Parameter	Jumlah data harian				
	DKI 1	DKI 2	DKI 3	DKI 4	DKI 5
PM_{10}	366	366	365	341	308
$PM_{2.5}$	366	366	366	366	366
SO_2	366	366	366	366	366
CO	366	366	366	366	366
O_3	366	366	366	366	366
NO_2	366	366	364	366	366

Analisis status mutu udara ambien DKI Jakarta menggunakan data pencemar udara (PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2) per 30 menit. Penentuan status mutu udara ambien untuk satu lokasi dihitung dengan menggunakan data pencemar udara (PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2) per 30 menit yang kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan rata-rata harian menggunakan rerata geometric (*Geomean*). Setelah itu menentukan nilai score per hari yang dihitung menggunakan data rata-rata harian (*Geomean harian*) dibagi dengan nilai baku mutu udara ambien 24 jam dari setiap parameter pencemar udara. Langkah selanjutnya yaitu menentukan score rata-rata setiap parameter pencemar udara dengan merata-ratakan data score per hari dari setiap parameter pencemar udara menggunakan rerata geometric (*Geomean*).

Nilai score dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun dapat digunakan untuk mengetahui kondisi ketercemaran udara di suatu kota terhadap parameter pencemar udara tertentu. Berdasarkan PERMEN LH No 12 Tahun 2010, jika nilai score dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun > 1 maka status suatu kota dapat dikatakan tercemar untuk parameter pencemar tersebut dan berlaku sebaliknya.

Setelah diperoleh nilai score rata-rata dari setiap parameter pencemar, selanjutnya menentukan indeks status mutu udara (ISM). Indeks status mutu udara dihitung menggunakan data score rata-rata dari setiap parameter pencemar udara dikalikan dengan

nilai bobot dari setiap parameter pencemar, kemudian hasil perhitungan tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan total nilai bobot parameter pencemar udara. Indeks status mutu udara ini digunakan untuk menilai status mutu udara di suatu kota. Berdasarkan PERMEN LH No 12 Tahun 2010, apabila indeks status mutu udara (ISM) ≥ 0.1 maka status mutu udara di suatu kota dapat dikatakan tercemar dan berlaku sebaliknya. Dalam perhitungan ISM DKI Jakarta tahun 2024 ini, PM_{2.5} belum dimasukkan karena belum ada ketentuan bobot PM_{2.5}.

Indeks status mutu udara di DKI1 Bundaran HI pada tahun 2024 sebesar 0.48 (Tabel 26), menunjukkan nilai ≥ 0.1 sehingga dapat dikatakan status mutu udara di DKI1 Bundaran HI tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI1 Bundaran HI pada tahun 2024 > 1 kecuali parameter CO dan O₃. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2024 di wilayah DKI1 Bundaran HI tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, dan NO₂.

Tabel 26 Status mutu udara ambien wilayah DKI1 Bundaran HI tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM ₁₀	75	97.06	1.29	0.64	2	0.48	Tercemar
PM _{2.5}	55	88.86	1.62	0.49			
SO ₂	75	128.47	1.71	0.21	2		
CO	4*	2.89	0.72	0.38	3		
O ₃	100*	89.90	0.90	0.41	1		
NO ₂	65	139.91	2.15	0.75	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara di DKI2 Kelapa Gading pada tahun 2024 sebesar 0.51 (Tabel 27), yang menunjukkan bahwa status mutu udara di sekitar DKI2 Kelapa Gading tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI2 Kelapa Gading > 1 , kecuali parameter CO dan O₃. Ini menunjukkan bahwa pada tahun 2024 di wilayah DKI2 Kelapa Gading tercemar oleh semua parameter kecuali CO dan O₃.

Tabel 27 Status mutu udara ambien wilayah DKI2 Kelapa Gading tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM ₁₀	75	120.92	1.61	0.76	2	0.51	Tercemar
PM _{2.5}	55	74.28	1.35	0.52			
SO ₂	75	87.69	1.17	0.88	2		
CO	4*	2.0	0.49	0.19	3		
O ₃	100*	79.71	0.80	0.42	1		
NO ₂	65	141.19	2.17	0.41	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Status mutu udara di wilayah DKI3 Jagakarsa pada tahun 2024 menunjukkan kondisi tercemar, yang ditunjukkan oleh nilai ISM ≥ 0.1 yaitu sebesar 0.50 (Tabel 28). Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI3 Jagakarsa pada tahun 2024 > 1 kecuali pada parameter O₃. Hal tersebut menunjukkan wilayah sekitar DKI3 Jagakarsa tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, dan NO₂.

Tabel 28 Status mutu udara ambien wilayah DKI3 Jagakarsa tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM ₁₀	75	133.34	1.78	0.64	2	0.50	Tercemar
PM _{2.5}	55	89.98	1.64	0.50			
SO ₂	75	100.90	1.35	0.58	2		
CO	4*	4.5	1.12	0.19	3		
O ₃	100*	73.96	0.74	0.29	1		
NO ₂	65	1189.88	18.31	0.84	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Nilai Indeks status mutu udara di DKI4 Lubang Buaya pada tahun 2024 sebesar 0.46 (Tabel 29), yang mengindikasikan tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI4 Lubang Buaya pada tahun 2024 yang ≥ 1 terukur untuk parameter PM₁₀ dan PM_{2.5}. Hal tersebut menunjukkan wilayah DKI4 Lubang Buaya tercemar PM₁₀ dan PM_{2.5} pada tahun 2024.

Tabel 29 Status mutu udara ambien wilayah DKI4 Lubang Buaya tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM ₁₀	75	217.77	2.90	0.87	2	0.46	Tercemar
PM _{2.5}	55	69.09	1.26	0.48			
SO ₂	75	66.23	0.88	0.52	2		
CO	4*	2.7	0.67	0.34	3		
O ₃	100*	98.75	0.99	0.31	1		
NO ₂	65	54.10	0.83	0.27	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara (ISM) ≥ 0.1 di wilayah DKI5 Kebon Jeruk pada tahun 2024 sebesar 0.45, menunjukkan bahwa status mutu udara tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI5 Kebon Jeruk pada tahun 2024 yang ≥ 1 pada parameter PM₁₀, PM_{2.5}, dan O₃ (Tabel 30). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2024 di wilayah DKI5 Kebon Jeruk tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5}, dan O₃.

Tabel 30 Status mutu udara ambien wilayah DKI5 Kebon Jeruk tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM ₁₀	75	103.44	1.38	0.55	2	0.45	Tercemar
PM _{2.5}	55	102.39	1.86	0.54			
SO ₂	75	50.75	0.68	0.41	2		
CO	4*	2.6	0.64	0.34	3		
O ₃	100*	242.87	2.43	0.96	1		
NO ₂	65	47.60	0.73	0.29	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Analisis indeks status mutu udara suatu wilayah dengan menggunakan data dari beberapa lokasi pemantauan memerlukan uji homogenitas data. Uji homogenitas data dilakukan untuk memeroleh 1 nilai agregasi yang mewakili hasil pemantauan dari semua lokasi. Uji homogenitas data dihitung menggunakan data pencemar udara (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂) per 30 menit dari 2 lokasi yang kemudian dilakukan uji F (F-test). Suatu data dapat

dikatakan homogen apabila nilai derajat homogenitas (F_{test}) > 60%. Hasil uji homogenitas data per 2 lokasi di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2024 menunjukkan nilai $F_{test} > 60\%$ dan beririsan terdapat di wilayah DKI1 Bundaran HI dengan DKI5 Kebon Jeruk sebesar 0.77 (77%) pada parameter PM_{2.5}, DKI2 Kelapa Gading dengan DKI3 Jagakarsa sebesar 0.84 (84%) pada parameter O₃, dan DKI3 Jagakarsa dengan DKI5 Kebon Jeruk sebesar 0.80 (80%) (Tabel 31).

Tabel 31 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2024

Lokasi	Uji Homogenitas F_{test}					
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
DKI 1,2	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.23
DKI 1,3	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 1,4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
DKI 1,5	0.28	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 2,3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
DKI 2,4	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 2,5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 3,4	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
DKI 3,5	0.80	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00
DKI 4,5	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00

Setelah menentukan lokasi yang homogen, maka data rata-rata harian pada setiap lokasi dapat dilakukan rerataan menggunakan rerata *geometric (Geomean)* untuk mendapatkan 1 nilai rata-rata harian yang mewakili dari semua lokasi. Setelah itu menentukan nilai *score* per hari yang dihitung menggunakan data rata-rata harian (*Geomean* harian) dibagi dengan nilai baku mutu udara ambien 24 jam dari setiap parameter pencemar udara. Langkah selanjutnya yaitu menentukan *score* rata-rata setiap parameter pencemar udara dan menentukan indeks status mutu udara (ISM) sama seperti pengolahan data untuk 1 lokasi.

Nilai *score* dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta pada tahun 2024 sebesar 1.30 untuk parameter PM₁₀, 1.33 untuk parameter PM_{2.5}, dan sebesar 1.17 untuk parameter NO₂ yang menunjukkan pada tahun 2024 wilayah DKI Jakarta tercemar oleh PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂. Dalam perhitungan ISM, PM_{2.5} belum dimasukkan karena belum ada ketentuan bobot PM_{2.5}. Hasil analisis Indeks Status Mutu Udara di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2024 menunjukkan kondisi tercemar, dengan nilai ISM sebesar 0.45 (Tabel 32).

Tabel 32 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta tahun 2024

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksimum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM₁₀	75	97.62	1.30	0.64	2	0.45	Tercemar
PM_{2.5}	55	73.23	1.33	0.51			
SO₂	75	55.80	0.74	0.46	2		
CO	4*	1.9	0.48	0.26	3		
O₃	100*	84.99	0.85	0.47	1		
NO₂	65	75.84	1.17	0.52	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

11. Laporan Pelaksanaan *Focus Group Discussion* dan Pelatihan Pemodelan Kualitas Udara

11.1 Pelaksanaan FGD Antisipasi Potensi Penurunan Kualitas Udara Menjelang Musim Kemarau Tahun 2024

Latar Belakang

Udara merupakan hal penting dalam proses keberlangsungan kehidupan. Kualitas udara yang buruk dapat berdampak negatif pada kesehatan masyarakat dan lingkungan, sementara kualitas udara yang baik dapat meningkatkan kesejahteraan secara keseluruhan. Kualitas udara di perkotaan menjadi isu krusial, mengingat tingginya populasi dan aktivitas di wilayah perkotaan yang mempengaruhi kualitas udara dan pencemarannya.

Jakarta, sebagai salah satu *Megacities* dengan populasi lebih dari 10 juta jiwa, menghadapi tantangan serius terkait kualitas udara. Selain dipengaruhi oleh banyaknya sumber emisi polutan, faktor meteorologi dan iklim juga mempengaruhi tingkat keparahan kualitas udara. Berdasarkan evaluasi selama lima tahun terakhir (2019-2023), konsentrasi polutan, terutama partikulat, meningkat dari bulan Maret hingga puncak musim kemarau pada bulan Juli atau Agustus, dan bisa berlanjut hingga Oktober jika terjadi fenomena *El-Nino* contohnya pada tahun 2023. Konsentrasi partikulat, khususnya $PM_{2.5}$ yang diukur sudah melampaui nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) tahunan sebesar $1515 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PP No 22 tahun 2021 Lampiran VII), sehingga memerlukan perhatian khusus untuk antisipasinya. Polutan lain seperti PM_{10} dan O_3 juga telah melampaui nilai BMUA.

Pencemaran udara memberikan dampak buruk pada kesehatan masyarakat. Menurut WHO, 99% penduduk kota besar di dunia menghirup udara yang tidak sehat (WHO 2022). Dampak kesehatan ini tidak hanya terbatas pada fisik tetapi juga dapat mempengaruhi fungsi kognitif, suasana hati, dan perilaku manusia (Yang 2020). Di Eropa, pada tahun 2021, sekitar 253 ribu kematian terkait dengan paparan $PM_{2.5}$ yang melebihi nilai *Air Quality Guideline* (AQG) WHO sebesar $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EEA 2023). Data kesehatan di Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2022 menunjukkan bahwa 10 penyakit terbesar, seperti hipertensi, penyakit ISPA, dan pneumonia (Bappenas 2023), berkaitan dengan dampak pencemaran udara.

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, melalui Dinas Lingkungan Hidup, telah melakukan upaya pemantauan kualitas udara secara kontinu dan berkolaborasi dengan mitra strategis. Pada tahun 2023-2024, jumlah titik pantau kontinu akan ditambah dengan kolaborasi dan penambahan stasiun pemantauan melalui anggaran APBDP tahun 2023. Berbagai kebijakan telah diambil untuk mengantisipasi penurunan kualitas udara, terutama dari sektor transportasi sebagai sumber emisi utama. Namun, sumber emisi lain seperti industri juga berperan penting, baik dari dalam Kota Jakarta maupun dari wilayah sekitarnya. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran udara memerlukan kolaborasi antar sektor agar penanganan lebih efektif.

Kegiatan *Forum Group Discussion* (FGD) dengan tema "Antisipasi Potensi Penurunan Kualitas Udara Menjelang Musim Kemarau Tahun 2024" ini diselenggarakan untuk

mendukung upaya tersebut. Pada kegiatan ini, dipaparkan kondisi kualitas udara di wilayah DKI Jakarta dari tahun sebelumnya hingga awal 2024, kondisi kualitas udara antar musim, serta faktor-faktor penyebab dan dampak kesehatan yang timbul di masyarakat. Diskusi ini didukung para *stakeholder* seperti BMKG, Dinas Kesehatan, serta Dinas Perhubungan, dan pihak-pihak lainnya terkait dengan potensi kualitas udara menjelang musim kemarau tahun 2024 serta kebijakan dari sektor terkait.

Tujuan

Penyelenggaraan FGD dimaksudkan sebagai wadah diskusi dan kolaborasi antar pihak dalam upaya pengendalian pencemaran udara di wilayah DKI Jakarta, serta mengantisipasi penurunan kualitas udara yang diperkirakan terjadi menjelang musim kemarau pada tahun 2024. Tujuan pelaksanaan FGD ini yaitu untuk mendapatkan gambaran potensi kondisi kualitas udara di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2024, baik dari sisi sumber emisi, potensi cuaca dan iklim, maupun dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. Selain itu, diharapkan melalui kegiatan FGD dapat tercipta sinergi dan kolaborasi antar sektor terkait dalam pengendalian kualitas udara di wilayah DKI Jakarta. Dengan demikian, semua pihak yang terlibat dapat bekerja sama secara efektif untuk menjaga dan meningkatkan kualitas udara di DKI Jakarta.

Rancangan Pelaksanaan

Kegiatan FGD dilaksanakan pada tanggal 3 Mei 2024 berlokasi pada *Meeting Room* Avenzell Hotel and Convention, Cibubur. Peserta FGD adalah sekitar 60 orang dari intansi terkait seperti BMKG, Dinas Perhubungan, Pakar keilmuan, Praktisi, dan pihak lainnya. Pembicara dalam kegiatan FGD yang dimoderatori oleh Dr. Ana Turyanti, yaitu:

1. Ir. Erni Pelita Fitratunnisa, ME (DLH Prov DKI Jakarta)
2. Alberth Christian Nahas, S.Si., M.CC (BMKG)
3. Susilo Dewanto (Dinas Perhubungan)

Pelaksanaan

Kegiatan dibuka oleh Bapak Asep Kuswanto, SE, M.Si. selaku Kepala Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. Dalam sambutannya, beliau menyatakan bahwa masalah lingkungan, seperti polusi udara, perlu ditangani melalui kerja sama berbagai pihak. Beliau juga berharap agar ke depannya ada peningkatan dalam upaya pengendalian pencemaran udara dan mitigasi perubahan iklim. Selanjutnya, sebelum sesi FGD dimulai ada penyampaian materi dari ketiga pembicara. Ibu Ir. Erni Pelita Fitratunnisa, ME dari DLH menyampaikan terkait pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan. Pada tahun 2023, Jakarta menghadapi masalah terkait kualitas udara yang memburuk, dengan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} melebihi ambang batas aman. Untuk mengatasi ini, diadakan sekitar 11 SPKUA *Referensi* (5 SPKUA DLH, 2 US Embassy, 1 BMKG, 3 WRI), 10 SPKUA *Berbasis sensor* (9 SPKUA APBDB, 1 GBK KLHK), dan 14 Sensor *Low Cost* untuk pemantauan kondisi udara di seluruh DK Jakarta. Total lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta saat ini berjumlah 35. Kualitas udara cenderung memburuk setiap tahun, terutama selama musim kemarau, dan konsentrasi polutan tertinggi tercatat di wilayah SPKUA Lubang Buaya. Rata-rata nilai ISPU dari Januari hingga Maret 2024 masih dalam kategori sedang, namun fluktuasi konsentrasi polutan meningkat seiring dengan masuknya musim kemarau. Selain mengukur konsentrasi polutan, alat pemantau juga mengukur data

meteorologi. Tren peningkatan PM_{2.5} dan PM₁₀ pada pertengahan tahun menunjukkan perlunya antisipasi khusus menjelang musim kemarau tahun 2024.

Bapak Alberth Christian Nahas, S.Si., M.CC dari BMKG memaparkan materi berjudul memahami cuaca dan iklim dalam menghadapi episode polusi DK Jakarta. Kualitas udara di Jakarta cenderung lebih rendah pada siang hari dibandingkan malam hari akibat perbedaan kondisi meteorologi. Di wilayah JABODETABEK, terutama pada bulan-bulan kering seperti Mei, isu kualitas udara semakin meningkat, dengan tahun 2023 dipengaruhi oleh kejadian *El-Nino*. *El-Nino* menyebabkan kondisi lebih kering dan hujan lebih sedikit di Indonesia, berdampak pada meningkatnya konsentrasi polusi udara. Selain *El-Nino*, lapisan inversi juga berperan dalam peningkatan polusi udara di Jakarta. Isu besar lainnya adalah polusi yang dihasilkan oleh PLTU Suralaya. Meskipun wilayah Jakarta sendiri tidak terlalu dipengaruhi oleh fenomena *El-Nino* dan *La-Nina*, kualitas udara tetap menjadi perhatian penting. BMKG juga memprediksi bahwa puncak musim kemarau atau suhu tertinggi di Jakarta akan terjadi pada bulan Juli, dengan awal musim kemarau dimulai pada bulan Mei. Upaya memahami kondisi cuaca dan iklim ini, diharapkan langkah-langkah antisipatif dapat diambil untuk mengelola episode polusi udara di Jakarta.

Materi terakhir disampaikan oleh bapak Susilo Dewanto dari Dinas perhubungan, mengenai upaya pengendalian polusi udara pada bidang transportasi. Untuk mengendalikan kualitas udara, beberapa langkah penting telah diterapkan. Disinsentif parkir dikenakan pada kendaraan yang tidak lulus uji emisi. Selain itu, jumlah kendaraan listrik untuk Trans Jakarta terus ditambah. Langkah lain termasuk promosi kendaraan ramah lingkungan, peningkatan standar emisi, penggunaan bahan bakar bersih, pembatasan kendaraan pribadi, dan promosi transportasi publik. Program GAGE (Ganjil Genap) berhasil meningkatkan jumlah pengguna kendaraan umum. Pengendalian polusi dari sektor transportasi mencakup pengaturan lalu lintas, peningkatan penggunaan transportasi publik, dan peringatan publik sebagai tindakan darurat. Untuk jangka panjang, diperlukan revisi peraturan, pembangunan infrastruktur hijau, dan edukasi masyarakat. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan kualitas udara di Jakarta dapat membaik melalui penggunaan angkutan umum.

Dapat disimpulkan dari pemaparan materi oleh pembicara bahwa data mengenai kualitas udara di DKI Jakarta telah tersedia dalam jumlah yang memadai dan diakses secara luas oleh berbagai pihak. Kerjasama dengan BMKG untuk memanfaatkan data cuaca menjadi kunci dalam memprediksi dan mengelola tingkat pencemaran udara yang lebih efektif. Meskipun tahun 2024 diprediksi akan lebih basah daripada tahun 2023, tetap diperlukan upaya mitigasi untuk menghadapi potensi pencemaran udara selama musim kemarau. Agenda kemudian dilanjut dengan diskusi kelompok, peserta dibagi menjadi 3 kelompok bahasan yaitu **mitigasi pencemaran udara khususnya pada musim kemarau, upaya antisipasi penurunan kualitas udara pada musim kemarau melalui pemulihian kualitas udara ambien, dan upaya proteksi masyarakat terhadap potensi penurunan kualitas udara pada musim kemarau**.

Setiap grup yang berisi berbagai perwakilan *stakeholder* terkait menghasilkan simpulan yang selanjutnya dijadikan bahan untuk peningkatan upaya mitigasi penurunan kualitas udara menjelang musim kemarau tahun 2024. Situasi berlangsungnya kegiatan FGD disampaikan pada Gambar 250.

Hasil diskusi dari Kelompok 1 mengenai mitigasi pencemaran udara, khususnya selama musim kemarau, mencakup beberapa strategi utama. Sektor transportasi mengusulkan tiga program prioritas, termasuk integrasi transportasi publik dengan peningkatan fasilitas seperti MRT, LRT, dan Transjakarta, serta pembatasan kendaraan melalui program ganjil genap dan zona emisi rendah. Respon yang diberikan mencakup peningkatan penindakan terhadap kendaraan besar oleh Satpol PP, peningkatan kesadaran masyarakat, dan peningkatan sistem pengawasan emisi sebelum penindakan dilakukan. Di samping itu, penggunaan water mist di Jakarta Utara diusulkan untuk mengurangi polusi udara. Di sektor industri, perlu dilakukan pengujian cerobong secara ketat untuk mencegah kecurangan emisi. Pembinaan pengelolaan udara dari KLHK kepada sektor industri juga menjadi fokus, sementara intervensi kebijakan lebih lanjut bisa diajukan ke tingkat gubernur dan lembaga terkait. Selain itu, sertifikasi industri hijau dari Kementerian Industri diusulkan untuk mendorong praktik ramah lingkungan. Untuk sektor lainnya, seperti kegiatan fugitive dan pembakaran sampah oleh masyarakat di Jakarta Timur, disarankan pemberian sanksi yang tegas untuk mengurangi kontribusi terhadap pencemaran udara.

Diskusi dari Kelompok 2 menyoroti upaya antisipasi penurunan kualitas udara selama musim kemarau melalui pemulihian kualitas udara ambien. Upaya ini mencakup berbagai strategi baik jangka pendek maupun jangka panjang. Salah satu solusi yang dibahas termasuk rekayasa cuaca, penggunaan blower, dan perawatan bangunan untuk mengurangi debu. Integrasi solusi seperti uji emisi, perluasan ruang hijau dengan penanaman tanaman penyerap polusi, dan sosialisasi kepada masyarakat juga dianggap krusial. Langkah-langkah konkret seperti peningkatan sosialisasi melalui media sosial, penerapan program Ganjil Genap yang lebih luas, dan peningkatan pemahaman masyarakat tentang pengelolaan kualitas udara. Strategi penggunaan *Car Free Day*, *Water Mist*, dan rekayasa cuaca (hujan buatan), dengan Hong Kong sebagai contoh dalam penggunaan blower untuk gedung tinggi. Harmonisasi berbagai strategi ini penting untuk mencapai pemulihian yang efektif dalam menghadapi tantangan kualitas udara di Jakarta, memastikan dampaknya terasa secara nyata dalam kondisi lingkungan yang lebih baik dan lebih sehat.

Hasil diskusi Kelompok 3 terkait proteksi masyarakat terhadap penurunan kualitas udara menghasilkan beberapa strategi kunci. BMKG menyoroti pentingnya penggunaan channel efektif untuk menyampaikan informasi, terutama kepada pemerintah dan Jakarta *Smart City* melalui aplikasi seperti JAKI dengan format visualisasi yang jelas. Jakarta *Smart City* fokus pada edukasi masyarakat dan notifikasi melalui early warning system untuk meningkatkan kesadaran terkait kualitas udara. DLH mengusulkan pembuatan subdomain oleh Kominfo sebagai pusat data kualitas udara Jakarta dan menekankan edukasi serta penghijauan pemukiman. BPBD menyarankan peningkatan early *warning system* dengan kategori tindakan yang jelas bagi masyarakat, serta regulasi khusus dari Dinas Pendidikan terkait kondisi udara. Edukasi masyarakat tentang pembakaran sampah serta penerapan SK larangan pembakaran sampah dapat menjadi upaya lainnya. Kolaborasi lintas lembaga dan sektor diharapkan dapat melindungi masyarakat dari penurunan kualitas udara selama musim kemarau.

Dari rangkaian kegiatan dan diskusi yang berlangsung, dapat disimpulkan bahwa upaya untuk mengelola dan meningkatkan kualitas udara di DKI Jakarta memerlukan kerja sama lintas sektor yang kuat. Keterlibatan BMKG dalam memanfaatkan data cuaca dan prediksi iklim sangat krusial untuk mengelola tingkat pencemaran udara dengan lebih efektif. Tahun

2024 diprediksi akan menjadi tantangan tersendiri dengan potensi musim kemarau yang lebih basah, tetapi strategi mitigasi yang telah diusulkan, seperti penggunaan transportasi publik yang lebih luas dan upaya pemulihan kualitas udara ambien, menjanjikan langkah-langkah positif untuk mengatasi masalah ini. Melalui kolaborasi yang erat antara pemerintah daerah, institusi penelitian, dan masyarakat, diharapkan Jakarta dapat menghadapi tantangan lingkungan ini dengan lebih baik, menuju lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan untuk masa depan.



Gambar 250 Dokumentasi kegiatan FGD 2024

11.2 Diskusi Kualitas Udara dan Pelatihan Pemodelan Kualitas Udara

Diskusi kualitas udara dilaksanakan pada tanggal 15 November di Hotel Avenzel, Cibubur, dengan peserta berasal dari perwakilan wilayah administrasi Provinsi Jakarta, serta beberapa peserta dari luar DLH DKI. Diskusi tersebut dihadiri oleh 60 peserta. Adapun narasumber serta materi yang disampaikan dalam diskusi tersebut adalah (Gambar 251 dan 252):

1. Dr. Ana Turyanti, S.Si, M.T. : Evaluasi kualitas udara Provinsi Jakarta Tahun 2024
2. Rahmawati, S.T., M.Si. : Perencanaan penambahan dan penempatan stasiun tambahan
3. Yenny Lisanova Catherina, S.Si, M.Si. : Wilayah perlindungan dan pengelolaan mutu udara (WPPMU)

Pelatihan pemodelan kualitas udara (Aermod View dan Calroads) dilakukan selama 3 hari pada tanggal 11, 12, dan 15 November 2024. Pelatihan dilakukan secara online yakni 11-12 November melalui *platform zoom* dan secara offline tanggal 15 November di Hotel Avenzel, Cibubur. Pelatihan tersebut diikuti oleh sekitar 60 orang perwakilan masing-masing wilayah administrasi Jakarta.

Narasumber dan materi yang diberikan pada pelatihan tersebut adalah sebagai berikut (Gambar 251 dan 252) :

1. Alvin Pratama, S.Si, M.T tanggal 11 November tentang pengantar pemodelan pencemaran udara dan prinsip dasar pemodelan *aermod (gaussian)*
2. Dr. Ana Turyanti, S.Si, M.T tanggal 11 November tentang faktor meteorologi terhadap pemodelan pencemaran udara dan inventarisasi emisi dan beban emisi
3. Pungki Ari Wibowo, S.Si, M.PWK tanggal 12 November tentang instalasi *software aermod view* dan running program *aermod view* serta tanggal 15 November tentang praktik penggunaan *aermod view* dan *calroads*

Modul dapat dilihat pada lampiran (Lampiran 6 dan Lampiran 7).



Gambar 251 Dokumentasi pelatihan pemodelan kualitas udara tanggal 11-12 November 2024



Gambar 252 Dokumentasi diskusi kualitas udara dan pelatihan pemodelan kualitas udara tanggal 15 November 2024

SIMPULAN

1. Lokasi pemantauan:

- Pada Tahun 2024 secara total terdapat 34 titik pemantauan kualitas udara yang dianalisis yang terdiri dari : 14 SPKU yang dikelola oleh DLH Jakarta (5 Stasiun Referensi dan 9 Berbasis sensor), 4 SPKU yang dikelola Instansi lain (KLHK, BMKG, US Embassy) serta 3 Referensi PM_{2.5} dan 13 Sensor PM_{2.5} yang merupakan hasil kolaborasi dengan mitra strategis (WRI dan VS). Parameter yang dipantau berbeda antar lokasi. Parameter gas yang lengkap terdapat di 5 SPKU DLH DKI Jakarta.

2. Gambaran kualitas udara seluruh wilayah Jakarta:

- Berdasar data stasiun pemantauan referensi DKI1-DKI5, konsentrasi PM₁₀, PM_{2.5}, dan O₃ sudah melampaui BMUA 1 tahun. Parameter SO₂ melebihi BMUA 1 tahun di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa, sedangkan NO₂ melebihi BMUA 1 tahun di DKI1 Bundaran HI dan di DKI3 Jagakarsa. Parameter CO berada di bawah nilai BMUA 8 jam sebesar 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO₂ dan NO₂ yang meningkat di Jagakarsa perlu mendapat perhatian, terkait sumber-sumber emisi yang berpotensi di sekitarnya yang dapat memengaruhi kualitas udara di lokasi tersebut.
- Berdasar data konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5}:
 - 5 lokasi yang memiliki jumlah hari dengan konsentrasi di atas BMUA 24 jam > 25% yaitu :
 - BMKG Kemayoran (37,64%)
 - DKI10 Cilangkap (29,93%)
 - Jl. Pasar Minggu (28,96%)
 - Jl. DI Panjaitan (27,32%)
 - Taman Delonix (25,96%)
 - Lokasi pemantauan dengan persentase konsentrasi di atas BMUA 24 jam rendah (<10%) berturut-turut adalah GBK, Hutan Kota Srengseng, Ragunan, Pulomas, Tebet Ecopark, Bundaran HI, Kota Tua, Ciracas, Penjaringan, Kelapa Gading, Jagakarsa, JIS, Tanjung Timor, Tugu Tani, dan P. Pramuka.
 - Jumlah hari yang melebihi BMUA 24 jam berfluktuasi antar bulan, dan dipengaruhi musim
- Status Mutu Udara wilayah Jakarta :
 - Hasil analisis Indeks Status Mutu (ISM) udara Provinsi Jakarta pada tahun 2024 menunjukkan kondisi **tercemar**, dengan nilai ISM sebesar 0.45.
 - Parameter pencemar utama adalah PM₁₀ dan PM_{2.5}, dan NO₂
- Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU): **ISPU DKI Jakarta** :
 - **Tahun 2024 didominasi hari berkategori “sedang” (75%); 25% hari “tidak sehat”.** Parameter kritis dominan adalah PM_{2.5}, namun terdapat beberapa parameter kritis yang tidak dominan, seperti SO₂ di Kelapa gading, NO₂ di Jagakarsa dan O₃ di Kebon Jeruk.
 - Data ISPU per wilayah menunjukkan terdapat beberapa hari berkategori “baik” pada beberapa lokasi pemantauan. Jumlah hari dengan **kategori “baik”** tertinggi di DKI1 Bundaran HI, sedangkan hari “tidak sehat” tertinggi di DKI5 Kebon Jeruk.

- Sebaran spasial konsentrasi PM_{2.5} menunjukkan :
 - Sebaran spasial konsentrasi PM_{2.5} menunjukkan, pada musim hujan maupun musim kemarau, konsentrasi PM_{2.5} cenderung tinggi di wilayah bagian timur dan tenggara. Pola sebaran musim kemarau dipengaruhi arah angin yang berasal dari Timur dan Tenggara. Konsentrasi PM_{2.5} di semua lokasi menurun bulan Juni-September, meningkat kembali pada bulan Oktober.
- Tren 3 tahun terakhir (2022-2024) konsentrasi rata-rata di 5 SPKU referensi:
 - Konsentrasi rata-rata tahunan PM₁₀, PM_{2.5}, dan O₃, tahun 2024 mengalami penurunan dibanding 2 tahun sebelumnya. Penurunan terhadap tahun 2023 berturut-turut mencapai 15.17%, 37.49% dan 30.14%.
 - Konsentrasi rata-rata tahunan SO₂ dan NO₂ tahun 2024 lebih tinggi daripada 2 tahun sebelumnya. Peningkatan SO₂ yang tertinggi terjadi di DKI2 Kelapa Gading hingga 65.9% sedangkan NO₂ di DKI3 Jagakarsa hingga 310%.
 - Dibandingkan dengan kondisi pra Covid-19 tahun 2019, terdapat penurunan konsentrasi rata-rata tahunan PM_{2.5}, dan PM₁₀, namun terdapat peningkatan signifikan untuk SO₂ di semua lokasi, NO₂ terutama di Jagakarsa dan Ozon di Kebon Jeruk.
 - Peningkatan yang signifikan SO₂ dan NO₂ di DKI3 Jagakarsa perlu mendapat perhatian lebih lanjut.

3. Kualitas udara per wilayah administrasi :

- **Jakarta Pusat:** ISPU wilayah Jakarta Pusat diwakili oleh pengukuran di Bundaran HI menunjukkan kualitas udara tahun 2024 didominasi oleh hari berkategori “**sedang**” 79%, hari berkategori “**baik**” 17%, dan hari berkategori “**tidak sehat**” 4% (Parameter kritis PM_{2.5}). Konsentrasi PM₁₀, PM_{2.5} dan O₃ sudah melampaui nilai BMUA 1 tahun, dengan rata-rata berturut-turut 58.2 µg/m³, 36.5 µg/m³ dan 57.99 µg/m³. Konsentrasi parameter tertinggi untuk PM10, SO₂ serta O₃ di sekitar GBK, sedangkan PM_{2.5} di Kemayoran (BMKG), CO dan NO₂ di Bundaran HI. NO₂ di Bundaran HI sudah melampaui BMUA 1 tahun.
- **Jakarta Utara:** ISPU wilayah Jakarta Utara diwakili data DKI2 Kelapa Gading, menunjukkan hari berkategori “**sedang**” 86%, hari berkategori “**baik**” 3%, dan hari berkategori “**tidak sehat**” 11%. Terdapat 7 titik pantau yang menunjukkan konsentrasi rata-rata PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, dan O₃ melampaui BMUA 1 tahun. Konsentrasi rata-rata tertinggi untuk polutan PM₁₀ senilai 63.3 µg/m³ di Kelapa Gading (SPKU) dan PM_{2.5} di Manggalabisma (SPKU tambahan) dan Marunda (Rusun), senilai 40.8 µg/m³, SO₂ di Kelapa Gading rata-rata sebesar 67.9 µg/m³.
- **Jakarta Selatan:** ISPU di wilayah Jakarta Selatan diwakili oleh data DKI3 Jagakarsa, menunjukkan hari berkategori “**sedang**” 92%, hari berkategori “**baik**” 2%, hari berkategori “**tidak sehat**” 6% (Parameter kritis PM_{2.5}, namun beberapa hari dengan parameter kritis NO₂ dan SO₂). Berdasarkan 6 titik pantau menunjukkan konsentrasi rata-rata PM₁₀ dan PM_{2.5} telah melampaui BMUA 1 tahun. Parameter SO₂, NO₂ dan O₃ berdasar data di Jagakarsa sudah melebihi BMUA 1 tahun, data SPKU Ragunan belum dimasukkan karena data belum lengkap. SPKU Jagakarsa mempunyai nilai konsentrasi rata-rata tertinggi untuk polutan PM₁₀ senilai 54.3 µg/m³ dan O₃ senilai 41.9 µg/m³. Sementara itu, konsentrasi rata-rata PM_{2.5} tertinggi tercatat di Jalan Pasar Minggu (LCS) senilai 45.6 µg/m³. Konsentrasi SO₂ juga cukup tinggi

melampaui BMUA 1 tahun, sehingga perlu mendapat perhatian untuk evaluasi kondisi sumber-sumber emisi yang dapat berkontribusi.

- **Jakarta Timur:** ISPU di wilayah Jakarta Timur diwakili data DKI4 Lubang Buaya, menunjukkan dominasi hari “**sedang**” **83%**, hari berkategori “**baik**” **6%**, dan hari berkategori “**tidak sehat**” **10%** (Parameter kritis PM_{2.5}, namun pada bulan November dan Desember terdapat parameter kritis SO₂). Konsentrasi partikulat dan O₃ rata-rata tahunan sudah melampaui BMUA 1 tahun. Konsentrasi PM₁₀ tertinggi di Lubang Buaya (75.2 µg/m³), PM_{2.5} di Taman Delonix (44.1 µg/m³). Polutan gas SO₂ hampir mendekati BMUA 1 tahun, sedangkan NO₂ masih di bawah BMUA 1 tahun.
- **Jakarta Barat:** ISPU di wilayah Jakarta Barat diwakili data DKI5 Kebon Jeruk, menunjukkan hari berkategori “**sedang**” **66%**, hari berkategori “**baik**” **16%**, dan hari berkategori “**tidak sehat**” **11%** (Parameter kritis PM_{2.5}, namun terdapat beberapa hari dengan parameter kritis O₃). Konsentrasi partikulat dan O₃ sudah melampaui nilai BMUA 1 tahun. Konsentrasi Konsentrasi tertinggi untuk PM₁₀ di Kebon Jeruk sebesar 48.2 µg/m³, PM_{2.5} di Terminal Kalideres sebesar 38.4 µg/m³, terendah di Hutan Kota Srengseng dan Kota Tua. Parameter lain di bawah BMUA.
- **Kepulauan Seribu:** Kepulauan Seribu memiliki 2 titik pantau yang menunjukkan konsentrasi rata-rata PM_{2.5} sudah melampaui BMUA 1 tahun, PM₁₀ tetapi sudah mendekati nilai BMUA 1 tahun. Data PM₁₀ di DKI14 Tanjung Timor mulai 1 Maret 2024, memiliki rata-rata 37.4 µg/m³. Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata di P. Pramuka sedikit di bawah Tanjung Timur.

4. Kondisi dan pengaruh faktor meterologi :

- Kondisi meteorologi Jakarta secara umum: radiasi maksimum >600 W/m² pada siang hari, suhu udara berkisar 24-32 oC, kelembapan relatif (RH) sekitar 45-98%, kecepatan angin 0-6 m/detik, arah angin dominan dari Barat Daya, curah hujan tertinggi bulan Februari >500 mm (Kelapa Gading), terendah bulan Agustus.
- Pengaruh faktor meteorologi terhadap kualitas udara:
 - Curah hujan : fluktuasi curah hujan bulanan dapat mempengaruhi fluktuasi konsentrasi rata-rata harian partikulat. Konsentrasi partikulat pada bulan Mei tertinggi bersamaan dengan curah hujan rendah, dan konsentrasi partikulat pada bulan Januari-Februari rendah bersamaan dengan curah hujan yang tinggi pada kedua bulan tersebut. Curah hujan berpengaruh akumulatif terhadap fluktuasi konsentrasi partikulat.
 - Faktor meteorologi tidak selalu berpengaruh langsung, sehingga nilai koefisien korelasi antara data pengukuran polutan dan faktor meteorologi menjadi lebih kecil.
 - Pengaruh radiasi dan suhu terhadap ozon bersifat positif. Kelembaban udara (RH-*relative humidity*) menunjukkan pengaruh negatif. Konsentrasi CO dipengaruhi secara negatif oleh radiasi juga suhu.
 - Korelasi tertinggi radiasi dengan partikulat dan SO₂ terukur di DKI2 dan DKI3 sedangkan suhu udara berkorelasi negatif dengan koefisien korelasi tertinggi di Kelapa gading dan Lubang Buaya. Koefisien korelasi partikulat dan SO₂ dengan radiasi relatif kecil, sedangkan dengan suhu dan kelembaban tercatat relatif lebih besar (± 0.2 -0.32) di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading, juga di Kebon Jeruk untuk SO₂ dan kelembaban.

5. Kualitas udara terkait kebijakan pengendalian pencemar udara:

- **Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB)**
 - Kebijakan HBKB efektif untuk menurunkan NO, NO₂, dan CO. Hal ini dapat dilihat pada pengamatan setiap bulan pada tahun 2024, terdapat penurunan konsentrasi gas tersebut berturut-turut sebesar 92%, 75%, dan 80% berdasar data konsentrasi pada saat periode HBKB dibandingkan rata-rata hari kerja pada periode waktu yang sama.
 - Kebijakan HBKB cukup efektif mengurangi PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, dan THC. Hal ini dapat dilihat dari persentase penurunan konsentrasi saat HBKB terhadap hari kerja, lebih rendah < 75% dari total pengamatan. Hal ini dimungkinkan sumber emisi dari polutan tersebut tidak hanya dari kendaraan bermotor.
 - Kebijakan HBKB kurang efektif untuk menurunkan gas O₃ dan NMHC. Hal ini dapat dilihat dari persentase penurunan konsentrasi saat HBKB lebih rendah dari konsentrasi rata-rata hari kerja yakni sebesar 27% dan 47%.
- **Pelaksanaan ganjil genap** : Data jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2024 tidak tersedia, maka evaluasi GAGE dilakukan menggunakan pendekatan konsentrasi PM_{2.5} dari LCS yang berada di lokasi pelaksanaan GAGE (Jl Fatmawati dan Jl Panjaitan) dan nonGAGE (Jl Pasar Minggu). Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata tiap bulan pada periode pelaksanaan ganjil genap pada pukul 6-10 pagi, menunjukkan ada sedikit penurunan konsentrasi pada pukul 8 di ruas Jl. Fatmawati, begitu pula di ruas Jl. Panjaitan. Pada periode ganjil genap sore hari (pk 16.00-21.00 WIB), jumlah kendaraan tetap meningkat bersamaan dengan aktivitas pulang kerja, dan sejalan dengan peningkatan konsentrasi PM_{2.5}. Pola fluktuasi diurnal diketiga lokasi tersebut hampir sama, dengan konsentrasi lebih tinggi di jalur non ganjil genap (Pasar Minggu).

6. Pemodelan menggunakan HYSPLIT dan AERMODVIEW :

- Hasil analisis HYSPLIT :
 - pergerakan massa udara pada **bulan Januari** yang mewakili musim hujan, massa udara yang masuk ke Jakarta bagian utara (Bundaran HI, Kelapa Gading, Kebon Jeruk) dominan dari Barat-Barat Laut yaitu sekitar wilayah Tangerang bagian utara dengan proporsi 54-67%. Sedangkan untuk wilayah Jakarta bagian selatan (Jagakarsa dan Lubang Buaya) dominan dari Barat-Barat Daya yaitu sekitar wilayah Tangerang bagian Selatan dengan proporsi 38-47%. Pada **bulan Juli** masa udara bergerak memasuki Jakarta secara keseluruhan berasal dari Timur dan Timur Laut dengan kisaran hingga 80%. Wilayah yang dominan berkontribusi adalah Jakarta Timur, Jakarta Utara dan Bekasi.
 - Perlu penelaahan lebih lanjut terkait potensi pencemaran udara lintas batas (*transboundary air pollution*).
- Hasil analisis AERMODVIEW :
 - Pemodelan menggunakan AERMODView baru sebatas contoh dari salah satu sumber, dalam hal ini PLTU (Priok dan Muara Karang). Hasil menunjukkan sebaran TSP, CO, dan SO₂ dari kedua sumber emisi masih dalam batas BMUA. Namun demikian terdapat lokasi dengan konsentrasi maksimum yang dapat dijadikan referensi untuk pemantauan kualitas udara sekitar kawasan tersebut.

7. Pelaksanaan diskusi para pihak (FGD)

- Kegiatan FGD tentang antisipasi potensi penurunan kualitas udara menjelang musim kemarau tahun 2024 dilaksanakan tanggal 3 Mei 2024 diikuti oleh peserta sekitar 60 orang dari intansi terkait seperti BMKG, Dinas Perhubungan, Pakar keilmuan, Praktisi, dan pihak lainnya. Beberapa poin penting yang dihasilkan antara lain mitigasi pencemaran Udara termasuk pemberian sanksi yang tegas, strategi jangka pendek dan panjang untuk upaya peningkatan kualitas udara pada musim kemarau. Selain itu perlu proteksi masyarakat melalui penyampaian informasi sebagai *early warning system* yang memerlukan kolaborasi lintas lembaga dan sektor.
- Diskusi kualitas Udara pada tanggal 15 November membahas kualitas Udara DKI Jakarta tahun 2024, rencana penambahan dan penempatan stasiun data kualitas Udara, serta membahas wilayah perlindungan dan pengelolaan mutu udara (WPPMU). Pada hari yang sama dilakukan pelatihan pemodelan kualitas udara (*Aermod View dan Calroads*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anjali R. 2022. Impact of variations in meteorological parameters on carbon monoxide. *Journal of Physics*. 11 (1): 7-15.
- [ALA] American Lung Association. 2020. *Nitrogen Dioxide* [Internet]. [diunduh 2020 Nov 8]. Tersedia pada: 0.6 air/outdoors/what-makes-air-unhealthy/nitrogen-dioxide
- Balamurugan V, Balamurugan V, Chen J. 2022. Importance of ozone precursors information in modelling urban surface ozone variability using machine learning algorithm. *Scientific Reports*. 5646. [Http:// www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. *Provinsi DKI Jakarta dalam Angka 2023*. Jakarta: BPS Provinsi DKI Jakarta.
- Brown TP, Rushton L, Mugglestone MA, Meechan DF. 2004. Health effect of a sulphur dioxide air pollution episode. *Journal of Public Health Medicine*. 25(4): 369-371.
- Busa E, Gugamsetty B, Kalluri ROR, Kotalo RG*, Tandule CR, Thotli LR, Chakala M, Palle SNR. 2022. Diurnal, Seasonal and Vertical Distribution of Carbonmonoxide Levels and Their Potentials Sources Over a Semi-Arid Region, India. *Atmosfera*. 35(1). doi: <https://doi.org/10.20937/ATM.52808>.
- Curtis J, Metheny E, Sergent SR. 2022. *Hydrocarbon Toxicity*. StatPearls Publishing LLC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499883/>
- Chen Z, Chen D, Zhao C, Kwan M, Cai J, Zhuang Y, Zhao B, Wang XY, Chen B, Yang J, et. al. 2020. Influence of meteorological conditions on PM_{2.5} concentrations across China: A review of methodology and mechanism. *Environmental International*. 139: 1- 21.
- Duan J, Chen Y, Fang W, Su Z. 2015. Characteristics and relationship of PM, PM₁₀, PM_{2.5} concentration in a polluted city in northern China. *Elsevier*. 102:1150 – 1155. doi: [10.1016/j.proeng.2015.01.239](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.239)
- Fitzky AC, Sanden H, Karl T, Fares S, Calfapietra C, Grote R, Saunier A, Rewald B. 2019. The Interplay Between Ozone and Urban Vegetation—BVOC Emissions, Ozone Deposition, and Tree Ecophysiology. *Front. For. Glob. Change*. 2:50. doi: [10.3389/ffgc.2019.00050](https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00050)
- Fuller G, Friedman S, Mudway I. 2023. *Impacts of Air Pollution Across the Life Course – Evidence Highlight Note*.
- Guo CL, Zhang J, Zhou QS, Ma Y. 2022. The influences of source intensity and meteorological factors on sulfur dioxide and nitrogen oxides based on the path analysis model. *Environment Protection Engineering*. 48 (4): 51-65.
- Guo R, Jiang Y. 2020. Effects of precipitation on air pollution in spring and summer in Lanzhou. *E3S Web of Conferences* 194: 04007 ICAEER 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019404007>
- Guo XF, Yang T, Miao SG, Sun YL. 2014. Urban Boundary-Layer Stability and Turbulent Exchange during Consecutive Episodes of Particle Air Pollution in Beijing, China. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. 7 (1): 62-66.
- Hernandez G, Berry TA, Wallis SL, Poyner D. 2017. Temperature and Humidity Effects on Particulate Matter Concentrations in a Sub-Tropical Climate During Winter. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*. 102: 41-49. doi: [10.7763/IPCBEE](https://doi.org/10.7763/IPCBEE)

- Hodan WM, Barnard WR. 2004. *Evaluating the Contribution of PM2.5 Precursor Gases and Re-entrained Road Emissions to Mobile source PM2.5 Particulate Matter Emissions*. NC: MACTEC Federal Programs
- Hospido L, Sanz C, Villanueva E. 2023. *Air Pollution: A Review of Its Economic Effects and Policies to Mitigate Them*. <https://doi.org/10.53479/27332>.
- Huszar P, Perez APP, Bartík L, Karlický J, Pradas AV. 2024. Impact of urbanization on fine particulate matter concentrations over central Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 24: 397-425. <https://doi.org/10.5194/acp-24-397-2024>.
- Jacobson MZ. 2012. *Air Pollution and Global Warming: History, Science and Solutions*. 2nd Ed. NY: Cambridge University Press
- Jayamurugan R, Kumaravel B, Palanivelraja S, Chockalingam P. 2013. Influence of Temperature, Relative Humidity and Seasonal Variability on Ambient Air Quality in a Coastal Urban Area. *International Journal of Atmospheric Sciences*. 2013: 264046. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/264046>
- Kendrick CM, Koonce P, George LA. 2015. Diurnal and seasonal variations of NO, NO₂ and PM2.5 mass as a function of traffic volumes alongside an urban arterial. *Atmospheric Environment*. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.09.019
- Khan RR, Siddiqui MJA. 2014. Review on effect of particulates; sulphur dioxide and nitrogen dioxide on human health. *Int. Res. J. Environment Sci.* 3(4): 70-73.
- Kovač-Andrić E, Brana J, Gvozdić V. 2009. Impact of meteorological factors on ozone concentrations modelled by time series analysis and multivariate statistical methods. *Ecological Informatics*. 4: 117-122. doi:10.1016/j.ecoinf.2009.01.002
- Kumar MCA, Kumar PV, Rao PV. 2020. Temporal Variations of PM2.5 and PM10 Concentration Over Hyderabad. *Nature Environment and Pollution Technology*. 19 (5): 1871 – 1878. doi: 10.46488/NEPT.2020.v19i05.011
- Kumar A, Sinha V, Shabin M, Hakkim H, Bonsang B, Gros V. 2020. Non-methane hydrocarbon (NMHC) fingerprints of major urban and agricultural emission sources for use in source apportionment studies. *Atmosphere Chemistry Physic Journal*. 20: 13133-12152. <https://doi.org/10.5194/acp-20-12133-2020>
- Kwak HY, Ko J, Lee S, Joh CH. 2017. Identifying the correlation between rainfall, traffic flow performance and air pollution concentration in Seoul using a path analysis. World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016. *Transportation Research Procedia*. 25: 3552–3563. [Http: www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Liu Z, Shen L, Yan C, Du J, Li Y, Zhao H. 2020. Analysis of the Influence of Precipitation and Wind on PM2.5 and PM10 in the Atmosphere. *Hindawi Advances in Meteorology*. <https://doi.org/10.1155/2020/5039613>
- [MfE] Ministry for the Environment. 2018. *Nitrogen Dioxide* [Internet]. [diunduh 2020 Nov 8]. Tersedia pada: <https://www.mfe.govt.nz/air/specific-air-pollutants/nitrogen-dioxide>
- Molina LT. 2021. Introductory lecture : air quality in megacities. *Faraday Discuss*, 226 : 9-52.
- Molina LT, Zhu T, Wan W, Gurjar BR. 2020. Impact of megacites on air quality : challenges and opprtunities. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Sciences* . <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.5>

- Mustajab R. 2023. Ada 638.291 kasus ISPA di Jakarta pada Januari-Juni 2023 [internet]. Tersedia pada: <https://dataindonesia.id/kesehatan/detail/ada-638291-kasus-ispa-di-jakarta-pada-januarijuni-2023>
- [PermenLH] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. 2010.
- [PermenLHK] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara. 2020.
- [PP] Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaran Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VII. 2021.
- Plocoste T, Dorville JF, Monjoly S, Jacoby-Koaly S, André M. 2018. Assessment of nitrogen oxides and ground-level ozone behavior in a dense air quality station network: Case study in the Lesser Antilles Arc. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68 (12): 1278-1300. DOI: 10.1080/10962247.2018.1471428
- Power AL, Tennant RK, Stewart AG, Gosden C, Worsley A, Jones R, Love J. 2023. The evolution of atmospheric particulate matter in an urban landscape since the industrial revolution. *Scientific Reports*. 13: 8964. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35679>.
- Pun VC, Kazemiparkouhi F, Manjourides J, Suh HH. 2017. Long-Term PM_{2.5} exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults. *Am J Epidemiol*. 186(8):961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166
- Sadiq M, Tai APK, Lombardozzi D, Martin MV. 2017. Effects of Ozone–vegetation coupling on surface Ozone air quality via biogeochemical and meteorological feedbacks. *Atmos. Chem. Phys*. 17:3055–3066. doi:10.5194/acp-17-3055-2017
- Sharkey TD, Wiberley AE, Donohue AR. 2008. Isoprene Emission from Plants: Why and How. Invited review. *Annals of Botany* 101: 5–18. <Http://www.aob.oxfordjournals.org/>
- Ulpiani G, Hart MA, Virgilio GD, Maharaj AM. 2022. Urban meteorology and air quality in a rapidly growing city: Inter-parameter associations and intra-urban heterogeneity. *Sustainable Cities and Society*. Volume 77. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103553>
- UNEP-Convened Climate and Clean Air Coalition. 2024. Leveraging the Benefits of non-CO₂ Pollutants and Air Quality in NDC 3.0: Guidance on Including Black Carbon and other Air Pollutants in NDCs
- USEPA. 2016. *Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution* [Internet]. [diunduh 2020 Nov 8]. Tersedia pada: [https://www.epa.gov/NO₂ -pollution](https://www.epa.gov/NO2-pollution)
- Wang B, Eum KD, Kazemiparkouhi F, Li C, Manjourides J, Pavlu V, Suh H. 2020. The impact of long-term PM_{2.5} exposure on specific causes of death: exposure-response curves and effect modification among 53 million U.S. Medicare beneficiaries. *Environmental Health*. 19:20. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00575-0>
- Wang H, Huang C, Tao W, Gao Y, Wang S, Jing S, Wang W, Yan R, Wang Q, An J, Tian J, Hu Q, Lou S, Pöschl U, Cheng Y, Su H. 2022. Seasonality and reduced nitric oxide titration dominated ozone increase during COVID-19 lockdown in eastern China. *npj Climate and Atmospheric Science* 5:24. <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00249-3>

- Wang R, Sheu HL, Wang LC, Liu X. 2023. Effects of precipitation on the air quality index, pm_{2.5} levels and on the dry deposition of PCDD/Fs in the ambient air. *Aerosol and Air Quality Research*. 23 (4). <https://doi.org/10.4209/aaqr.220417>
- Wang Y dan He L. 2020. Effect of rainfall intensity on PM₁₀ and PM_{2.5} scavenging in Guangzhou at night. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/450/1/012075
- [WHO] World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*. Ed 2. Copenhagen (DK): WHO Pr.
- _____. 2006a. *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global Updates 2005 Summary of Risk Assessment*. Geneva: WHO Pr.
- _____. 2021. *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. Geneva: WHO Pr.
- _____. 2022a. Air pollution. *Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment 2022 update*. Geneva: WHO
- _____. 2022b. Air pollution data portal. Global Health Observatory [Internet]. Diunduh pada <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution> . Geneva: WHO.
- [WMO] World Meteorological Organization. 2012. *Impacts of Megacities on Air pollution and Climate*. GAW Report No. 205. Geneva: WMO.
- Wu H, Wang T, Riemer N, Chen P, Li M, Li S. 2017. Urban heat island impacted by fine particles in Nanjing, China. *Scientific Reports*. 7(1142): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11705-z>.
- Zalakeviciute R, López-Villada J, Rybarczyk Y. Contrasted Effects of Relative Humidity and Precipitation on Urban PM2.5 Pollution in High Elevation Urban Areas. *Sustainability*. 10(2064). doi:10.3390/su10062064

LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Daerah dan Nasional

No	Parameter	Waktu Pengukuran	PP Nomor 22/2021
1	Sulfur Dikosida (SO_2)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		8 jam	4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	
3	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	Oksidan Fotokimia (O_3)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		8 jam	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5	PM_{10}	24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 Tahun	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	$\text{PM}_{2.5}$	24 jam	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 Tahun	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Hidrokarbon	3 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lampiran 2 Perhitungan ISPU

▪ Tabel Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU

ISPU	24 Jam partikulat (PM ₁₀) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Jam partikulat (PM _{2.5}) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Jam sulfur dioksida (SO ₂) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Jam karbon monoksida (CO) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Jam ozon (O ₃) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 jam nitrogen dioksida (NO ₂) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Jam hidrokarbon (HC) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0 - 50	50	15,5	52	4000	120	80	45
51 - 100	150	55,4	180	8000	235	200	100
101 - 200	350	150,4	400	15000	400	1130	215
201 - 300	420	250,4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM_{2.5}) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM₁₀), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

▪ Tata Cara Perhitungan

Menggunakan persamaan:

$$I = \frac{(I_a - I_b)}{(X_a - X_b)} (X_x - X_b) + I_b$$

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

▪ Penjelasan Nilai ISPU

Kategori	Keterangan	Apa yang harus dilakukan
Baik	Tingkat kualitas udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan	Sangat baik melakukan kegiatan di luar
Sedang	Tingkat kualitas udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Kurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat. Setiap orang: Masih dapat beraktivitas di luar
Tidak sehat	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Boleh melakukan aktivitas di luar, tetapi mengambil rehat lebih sering dan melakukan aktivitas ringan. Amati gejala berupa batuk atau nafas sesak. Penderita asma harus mengikuti petunjuk kesehatan untuk asma dan menyimpan obat asma. Penderita penyakit

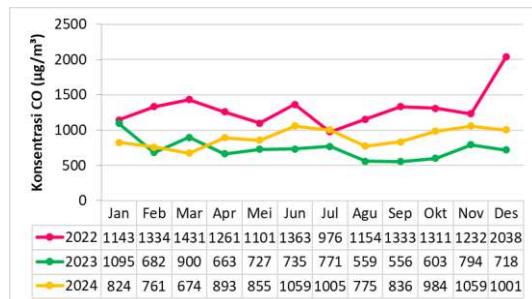
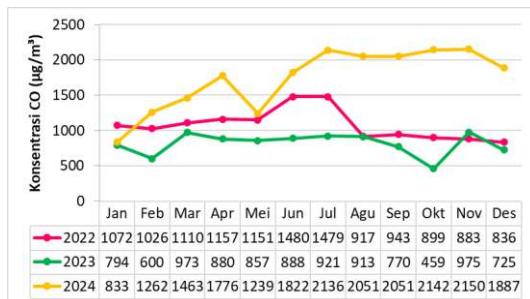
		jantung: gejala seperti palpitasi/jantung berdetak lebih cepat, sesak nafas, atau kelelahan yang tidak biasa mungkin mengindikasikan masalah serius. Setiap orang: Mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan.
Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.	Kelompok sensitif: Hindari semua aktivitas di luar. Perbanyak aktivitas di dalam ruangan atau lakukan penjadwalan ulang pada waktu dengan kualitas udara yang baik. Setiap orang: Hindari aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan, pertimbangkan untuk melakukan aktivitas di dalam ruangan.
Berbahaya	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.	Kelompok sensitif: Tetap di dalam ruangan dan hanya melakukan sedikit aktivitas Setiap orang: Hindari semua aktivitas di luar

Lampiran 3 Peta Lokasi Ganjil Genap

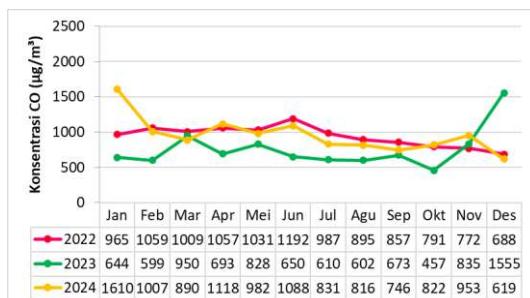


Lampiran 4 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 3 Tahun

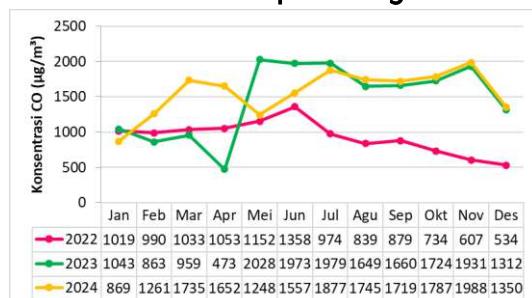
1. CO



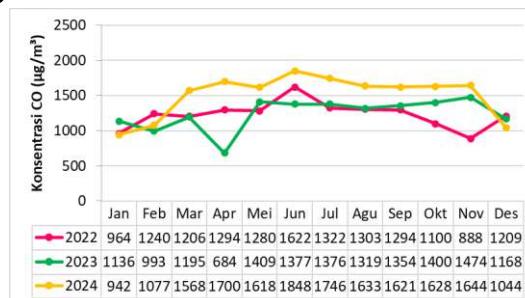
DKI1 Bundaran HI



DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa



DKI5 Kebon Jeruk

Lampiran 5 Konsentrasi rata-rata tahunan dan persentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun

PM2.5					
Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	51.29	43.20	50.02	57.99	53.47
2020	30.65	33.38	36.90	51.55	45.04
2021	31.71	37.27	38.98	49.69	38.27
2022	31.46	33.06	36.33	50.32	37.52
2023	36.64	35.97	34.95	53.54	38.29
2024	32.82	35.79	33.27	33.47	38.54
Periode	Persentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	-40.25	-22.74	-26.24	-11.11	-15.76
2021-2020	3.47	11.66	5.65	-3.60	-15.04
2022-2021	-0.80	-11.29	-6.80	1.28	-1.97
2023-2022	16.47	8.79	-3.80	6.38	2.08
2024-2023	-10.42	-0.51	-4.80	-37.49	0.65

PM10					
Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	57.90	74.27	64.20	70.65	66.17
2020	52.93	60.91	53.43	72.92	50.37
2021	54.66	65.94	60.49	62.23	52.69
2022	53.32	63.54	60.54	63.63	51.61
2023	59.24	69.27	64.06	78.17	48.32
2024	55.35	63.40	54.34	75.17	48.19
Periode	Persentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	-8.59	-17.99	-16.78	3.22	-23.88
2021-2020	3.28	8.26	13.21	-14.66	4.60
2022-2021	-2.46	-3.64	0.09	2.25	-2.04
2023-2022	11.11	9.02	5.81	22.86	-6.38
2024-2023	-6.57	-8.48	-15.17	-3.83	-0.28

SO2					
Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	26.78	20.37	18.20	43.03	29.06
2020	23.87	29.63	34.86	47.57	28.74
2021	29.34	51.76	40.49	41.77	28.98
2022	43.51	49.88	40.57	49.66	31.74
2023	46.75	40.91	56.10	35.88	25.93
2024	18.80	67.87	67.91	42.74	32.35
Periode	Persentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	-10.86	45.48	91.49	10.56	-1.11
2021-2020	22.90	74.68	16.17	-12.18	0.85
2022-2021	48.31	-3.64	0.20	18.88	9.51
2023-2022	7.44	-17.98	38.26	-27.75	-18.30
2024-2023	-59.80	65.91	21.05	19.10	24.77

CO

Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	1542.32	856.17	1385.44	1102.20	1316.13
2020	661.93	773.48	1448.11	950.95	1122.38
2021	1040.68	925.13	838.89	977.01	842.71
2022	1080.55	1307.14	939.66	934.21	1227.37
2023	818.32	734.05	760.15	1483.61	1251.71
2024	1747.07	896.07	955.33	1567.08	1508.11
Periode	Percentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	-57.08	-9.66	4.52	-13.72	-14.72
2021-2020	57.22	19.61	-42.07	2.74	-24.92
2022-2021	3.83	41.29	12.01	-4.38	45.65
2023-2022	-24.27	-43.84	-19.10	58.81	1.98
2024-2023	113.49	22.07	25.68	5.63	20.48

O3

Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	51.34	79.01	94.95	66.96	87.22
2020	52.87	75.28	62.02	56.56	78.85
2021	49.25	117.99	71.88	64.09	56.35
2022	49.52	136.23	51.58	41.49	63.70
2023	64.09	76.25	53.68	47.54	108.69
2024	55.25	53.27	39.32	51.57	113.35
Periode	Percentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	2.97	-4.72	-34.69	-15.53	-9.60
2021-2020	-6.84	56.74	15.91	13.30	-28.54
2022-2021	0.56	15.46	-28.24	-35.25	13.05
2023-2022	29.42	-44.03	4.07	14.56	70.63
2024-2023	-13.79	-30.14	-26.75	8.48	4.29

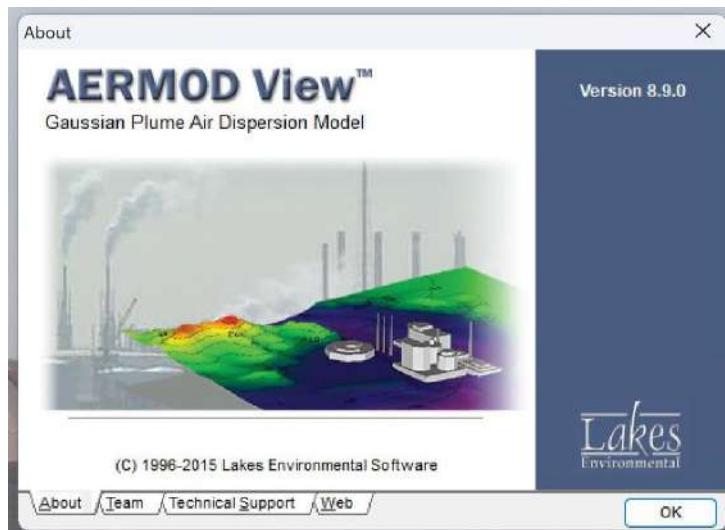
NO2

Tahun	Konsentrasi rata-rata tahunan				
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
2019	44.63	26.65	24.32	22.66	24.17
2020	36.02	24.53	18.67	16.70	17.64
2021	41.36	32.60	22.06	28.42	34.97
2022	18.95	45.63	16.04	25.08	30.47
2023	42.37	36.48	16.24	25.12	25.59
2024	55.04	42.18	66.66	23.35	23.97
Periode	Percentase peningkatan/penurunan konsentrasi per tahun				
2020-2019	-19.30	-7.96	-23.24	-26.30	-27.02
2021-2020	14.83	32.90	18.13	70.15	98.28
2022-2021	-54.19	39.96	-27.26	-11.76	-12.88
2023-2022	123.61	-20.04	1.22	0.16	-16.01
2024-2023	29.91	15.61	310.48	-7.04	-6.33

Lampiran 6 Modul *AERMOD View*

AERMOD merupakan suatu sistem yang menggunakan pemodelan dispersi atmosfer yang terdiri dari 3 (tiga) pemodelan, yaitu pemodelan arah dan kecepatan angin (*WRPLOT View*), pemodelan meteorologi (*AERMET View*) dan pengolahan data permukaan bumi (*AERMAP*) sistem *AERMOD* sendiri menggunakan pendekatan *Gaussian bi-Gaussian* dalam model dispersinya yang menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien.

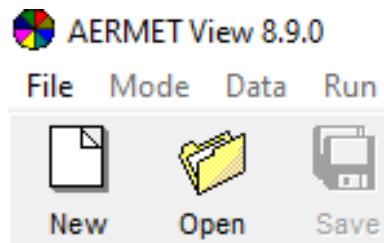
- *AERMOD* merupakan model penyebaran polutan dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh *AERMIC (American meteorological society)*.
- *AERMOD* menghasilkan dispersi polutan di udara ambien dalam periode jam, harian, bulanan maupun tahunan.
- *AERMOD* dapat digunakan untuk area perkotaan dan pedesaan, permukaan data dan berelevasi, dan dari berbagai sumber emisi.



AERMOD merupakan *software* pemodelan disperse polutan udara, yang di kembangkan oleh *AERMIC* ((Amerika Meteorological Society (AMS) / Amerika Serikat Environmental Protection Agency (EPA) Regulatory Model Peningkatan Komite). *AERMOD* memiliki 3 komponen utama dalam menjalankan system pemodelannya yaitu; *AERMET*, *AERMAP*, dan Model *AERMOD* itu sendiri. *AERMET* berfungsi untuk mempersiapkan data meteorologi untuk di gunakan pada *AERMOD*, *AERMAP* berfungsi untuk mempersiapkan data kontur permukaan, sedangkan *AERMOD* sendiri merupakan komponen yang menggabungkan kedua informasi tersebut.

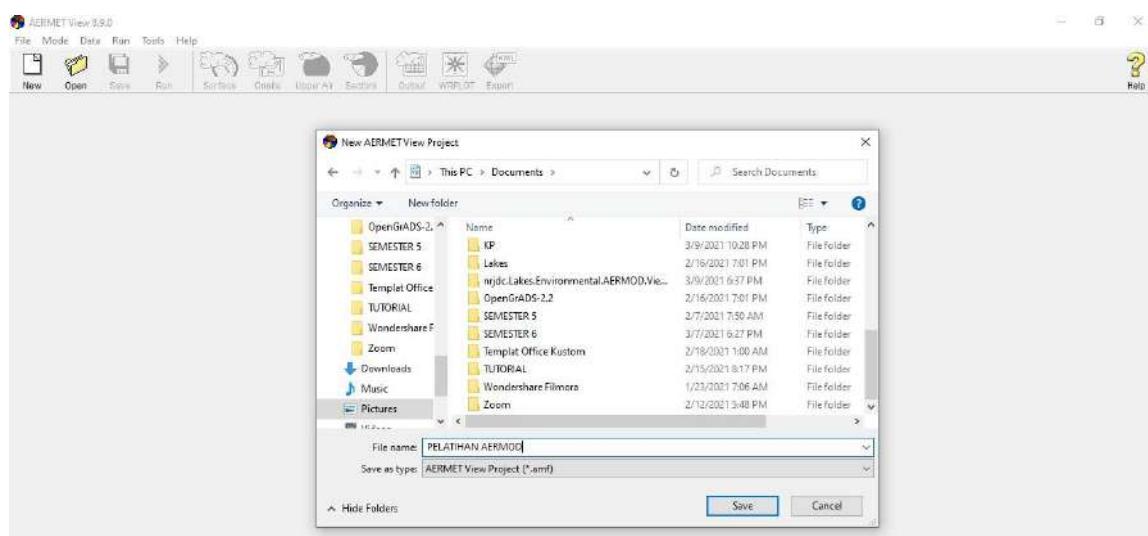
A. Proses pada AERMET

1. Klik 'new' jika ingin membuat project baru atau 'open' untuk membuka file yang sudah ada.



Gambar 1. Membuat file AERMET

2. Saat memilih 'new', langkah selanjutnya yaitu membuat folder untuk menyimpan hasil running aermod, seperti gambar di bawah ini setelah itu klik save.



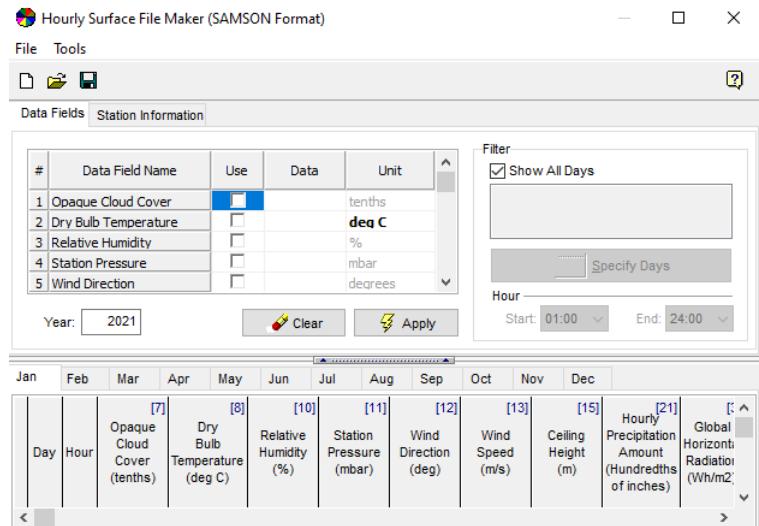
Gambar 2. Membuat folder untuk hasil running AERMET.

3. Langkah selanjutnya yaitu konversi data meteorologi permukaan. Terdapat 2 cara yang bisa dilakukan, yaitu:

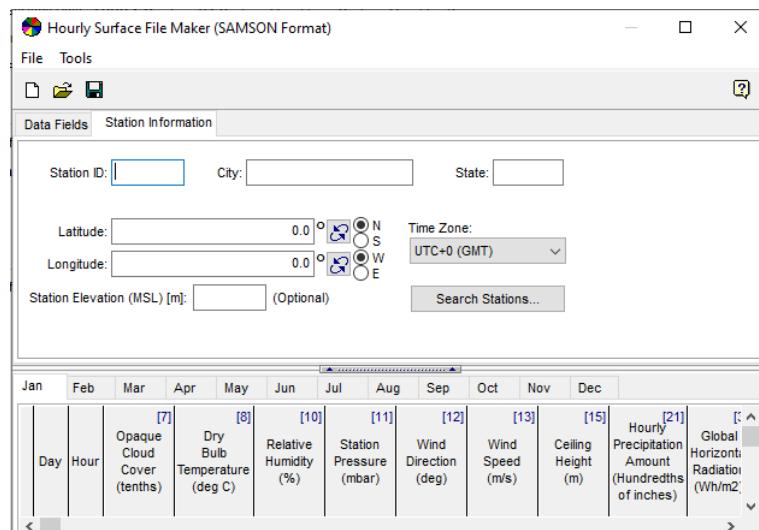
Cara 1:

Yaitu dengan menggunakan data yang sudah ada lalu data tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi suatu wilayah tertentu, dengan cara sebagai berikut: Klik tools -> hourly surface data

-> file maker (untuk mengedit data yang sudah ada). Setelah itu definisikan masing-masing parameter meteorologi yang di gunakan dan definisikan informasi stasiun yang di gunakan dengan klik bagi **Station Information**. Lalu pilih icon  untuk save file.



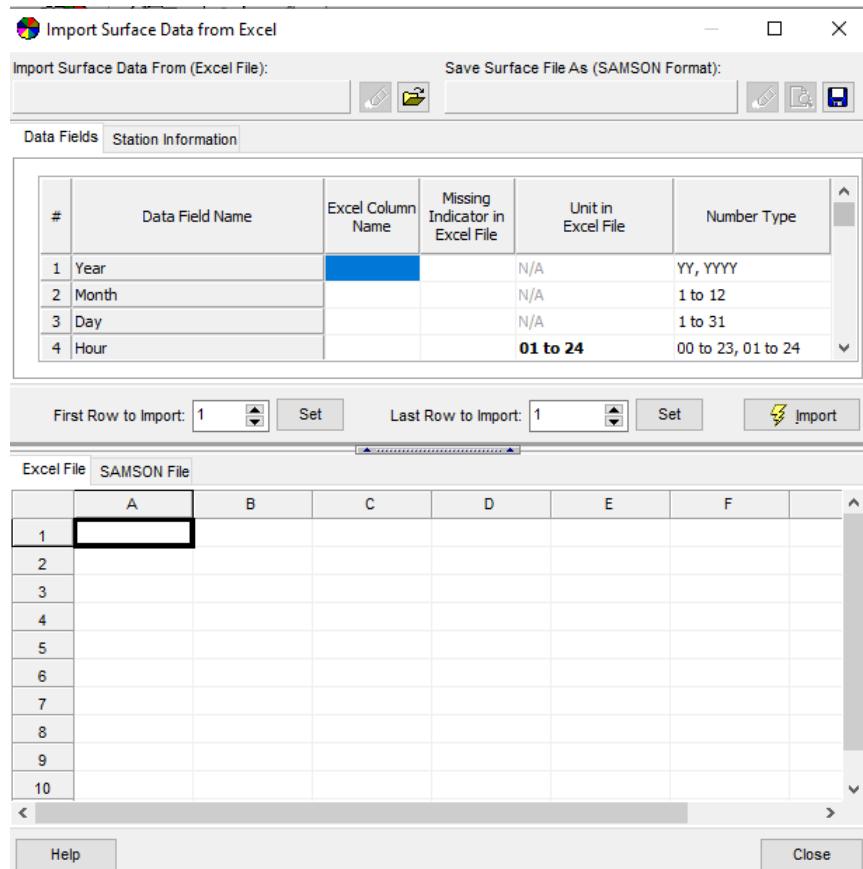
Gambar 3. Hourly Surface File Maker.



Gambar 4. Menetukan Informasi Stasiun Pada Hourly Surface File Maker

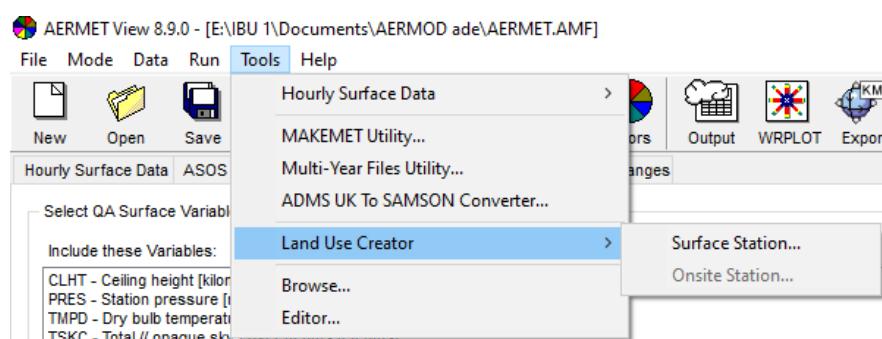
Cara 2:

Cara yang ke 2 yaitu dengan membuat data sendiri pada excel, yaitu dengan klik icon 'tools' -> 'hourly surface data' -> 'import from excel' (untuk memasukan data yang sudah di buat di excel). Pada saat import data excel, definisikan nama dan kolom pada data yang di gunakan. Setelah itu save file.

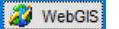


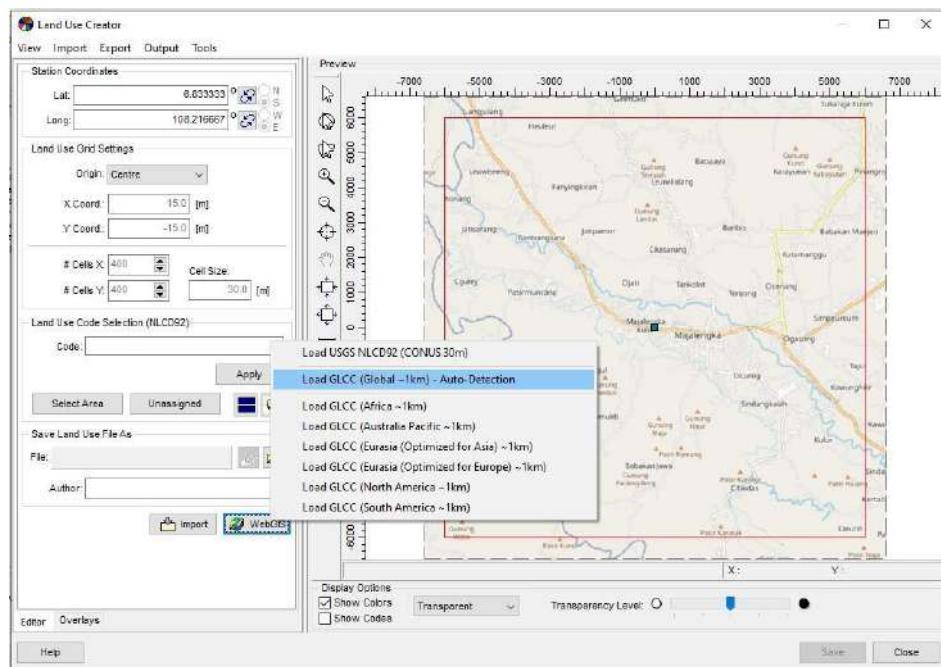
Gambar 5. Import Surface Dari Excel

4. Membuat tutupan lahan dengan klik 'tools' -> 'land use creator'-> 'surface station'.



Gambar 6. Membuat Land Use

5. Tentukan latitude dan longitude , lalu klik  dan pilih 'Land GLCC (Global)'



Gambar 7. Land Use

6. Setelah file parameter meteorologi selesai, maka langkah selanjutnya yaitu masukan file untuk diolah dengan klik , menentukan lokasi surface station seperti pada gambar 8 dan tentukan juga jangka waktu yang ingin di olah seperti pada bagian gambar 9.



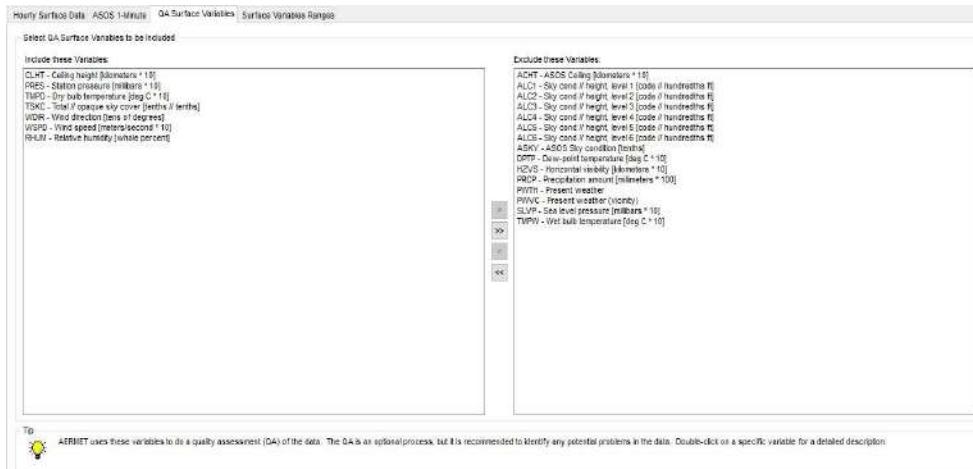
Latitude: _____ 

Longitude: _____ 

Base Elevation (MSL): _____ [m] ▾

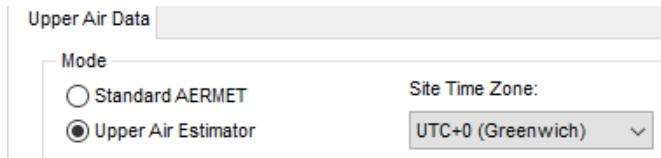
Gambar 8. Menentukan Lokasi Surface

7. Menentukan surface variabel untuk quality assurance. Pemilihan parameter dilakukan berdasarkan ketersediaan ‘surface data’.



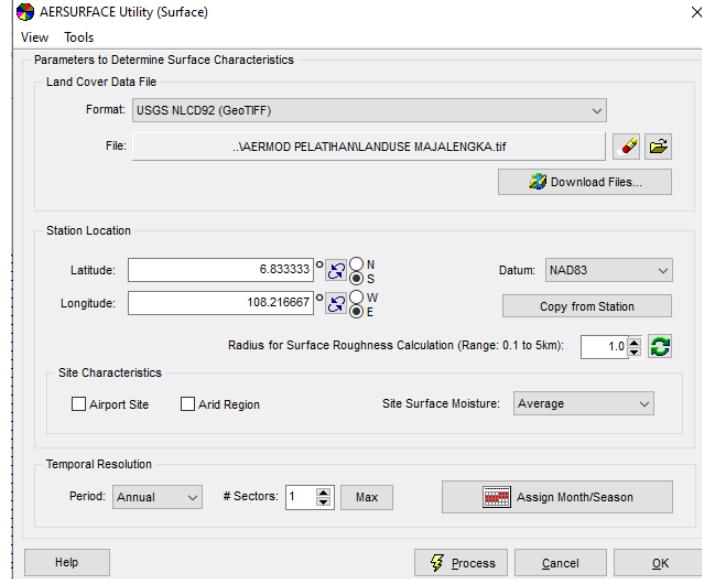
Gambar 9. Menentukan Surface Variable

8. Menentukan upper air ,dengan pilih upper air estimator dan seting zona waktu



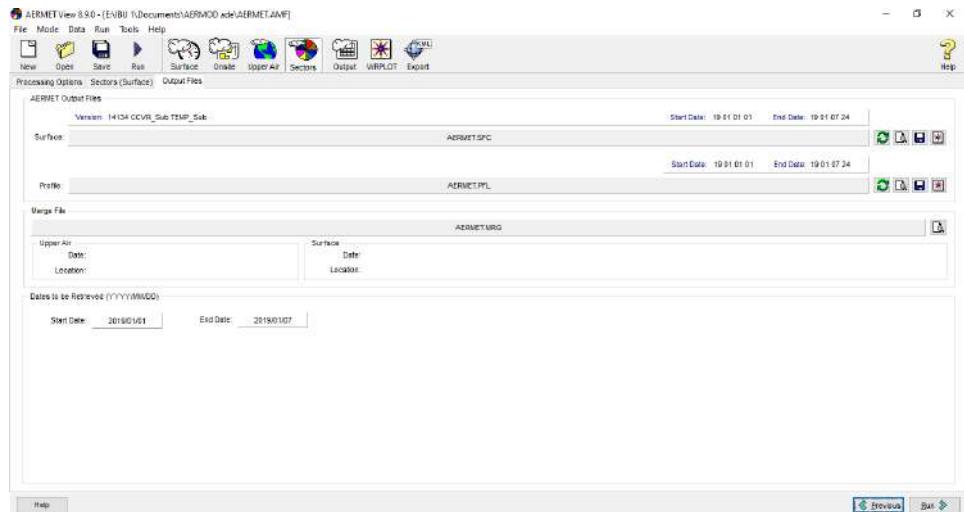
Gambar 11. Upper Air Estimator

9. Selanjutnya melakukan setting pada sector surface, Pada tahap ini juga di masukan land use yang sudah di buat di awal seperti pada gambar dan klik prosess.



Gambar 12. Sector Surface

10. Setelah semua setting selesai di lakukan ,klik run (terletak pada kiri bawah) pada output file.

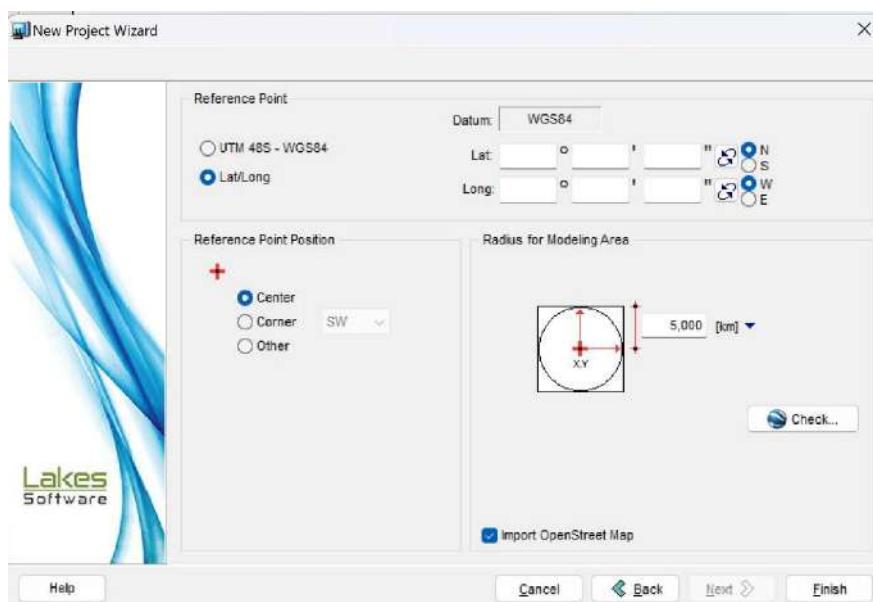


Gambar 13. Output File

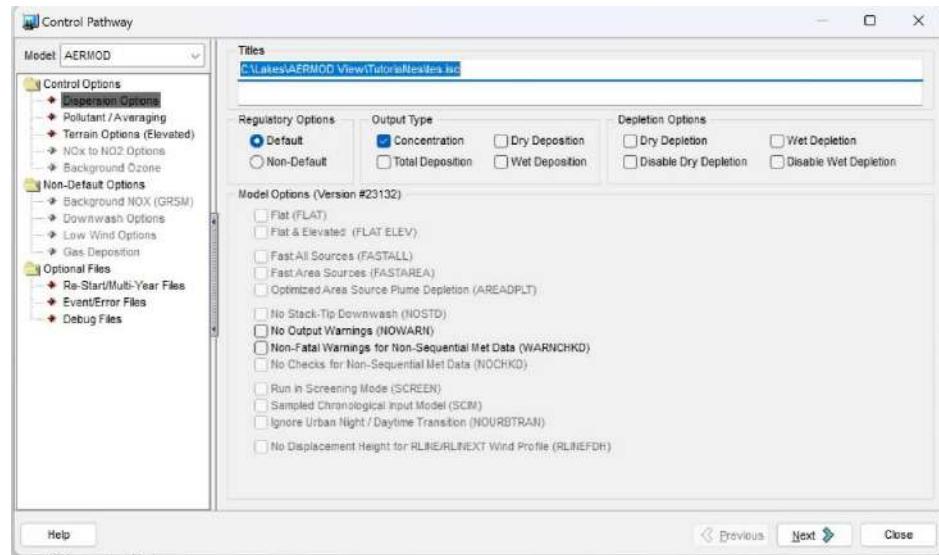
B. Processing Aermod

Setelah pengolahan data meteorologi selesai dilakukan di model Aermet, langkah selanjutnya adalah mengolah data emisi polutan menggunakan model Aermod. Berikut langkah-langkahnya.

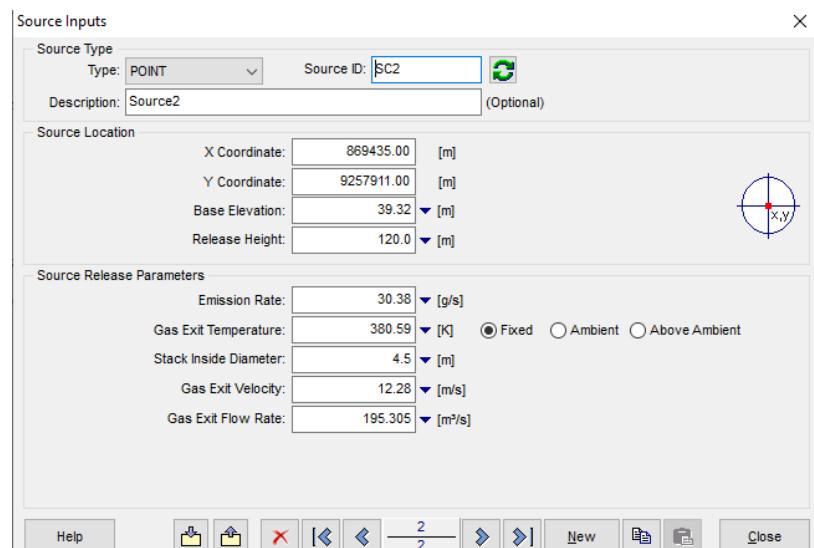
1. Untuk memulai project baru klik 'new'
2. Pilih lokasi di mana file akan disimpan (working directory)
3. Pilih sistem koordinat sesuai dengan wilayah kajian
4. Tentukan titik koordinat referensi yang digunakan (south-west atau center)



5. Klik menu Control dan pada bagian ‘dispersion option’ pilih opsi yang diperlukan seperti ‘concentration’.

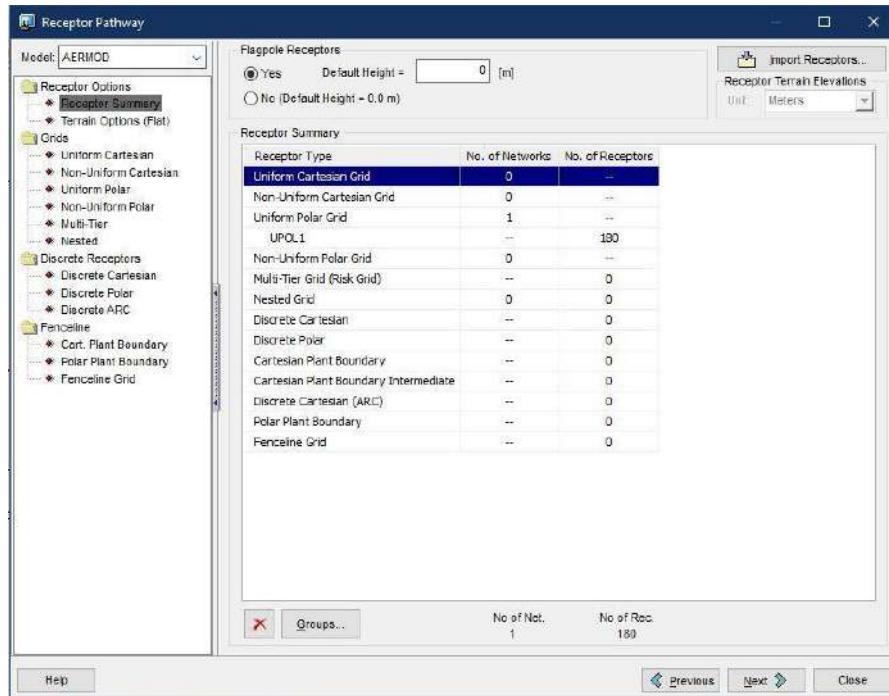


6. Pada bagian pollutant/averaging pilih jenis polutan dan pilih opsi keluaran seperti rata-rata 1 jam, 24 jam atau 1 periode
7. Dibagian ‘terrain option’ pilih opsi tipe topografi yang akan dipakai
8. Klik ‘next’ maka akan masuk ke menu ‘source’
9. Pada menu ‘source’, bagian ‘source summary’ klik ‘view/edit source’, dan jika ingin mengubah polutan yang akan diproses dapat dipilih kembali pada source summary
10. Lalu isikan data sesuai dengan sumber emisi. Jika ingin menambah jumlah sumber, klik ‘new’

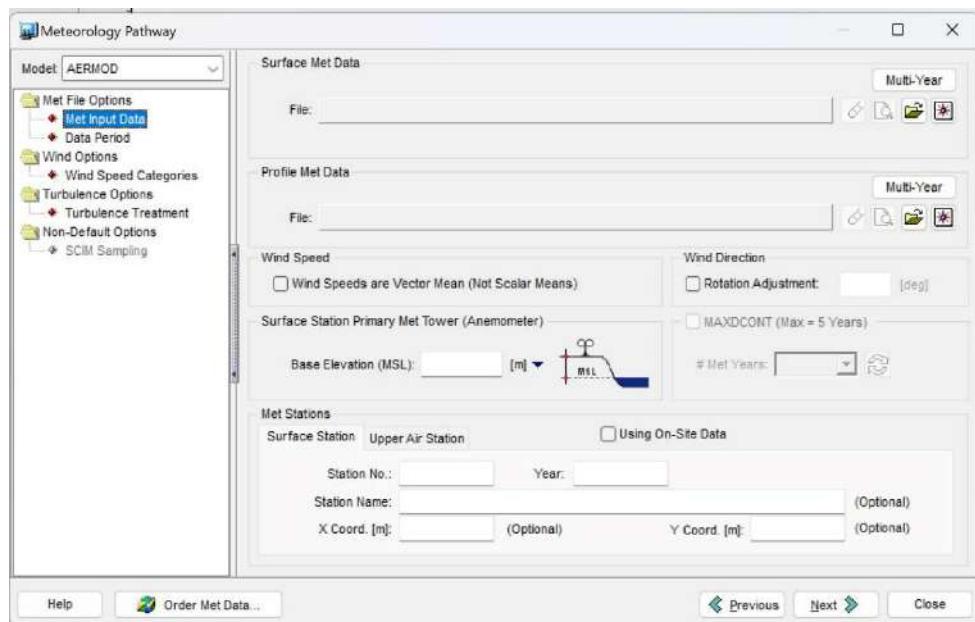


11. Setelah mengisi sumber emisi, plih ‘close’. Pada bagian ‘background concentration’ user dapat menginput data konsentrasi ambient. Setelah itu klik ‘close’.

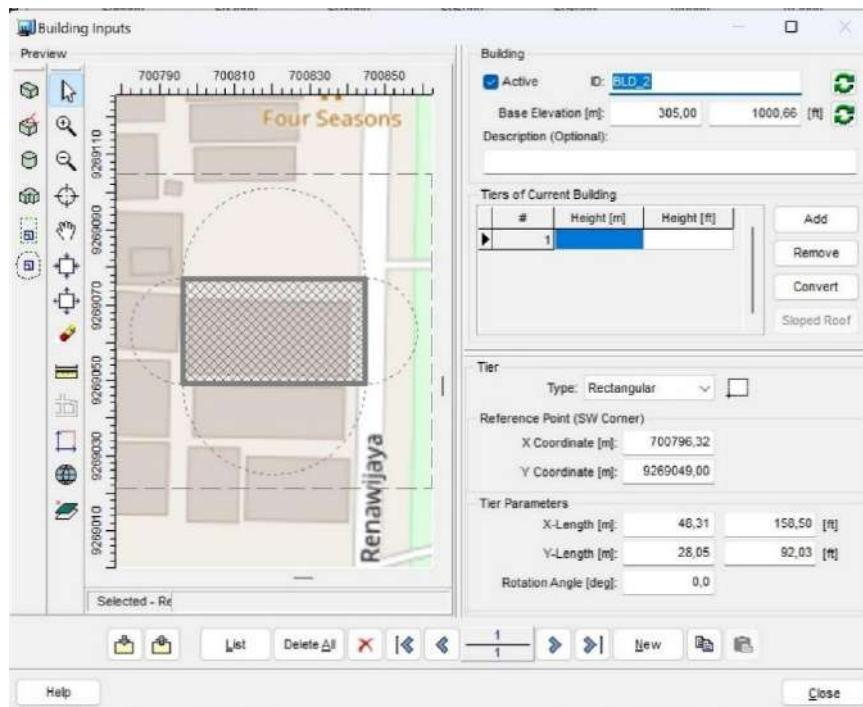
12. Pilih menu receptor. Pada 'Receptor summary' pilih 'flagpole receptor', atur ketinggian receptor sesuai dengan kebutuhan



13. 'Terrain option' tidak perlu diganti jika sudah diisi pada bagian 'control'
14. Pada bagian 'grids', tentukan jenis grids yang digunakan seperti 'uniform cartesian', 'discrete receptro', dll. Setelah selesai klik close.
15. Masuk ke menu Meteorology, pada bagian 'met input data' masukan file surface dan profie yang telah diolah dalam AERMET sebelumnya (format .sfc). Setelah itu, isikan tinggi anemometer dari permukaan laut pada base elevation (MSL)

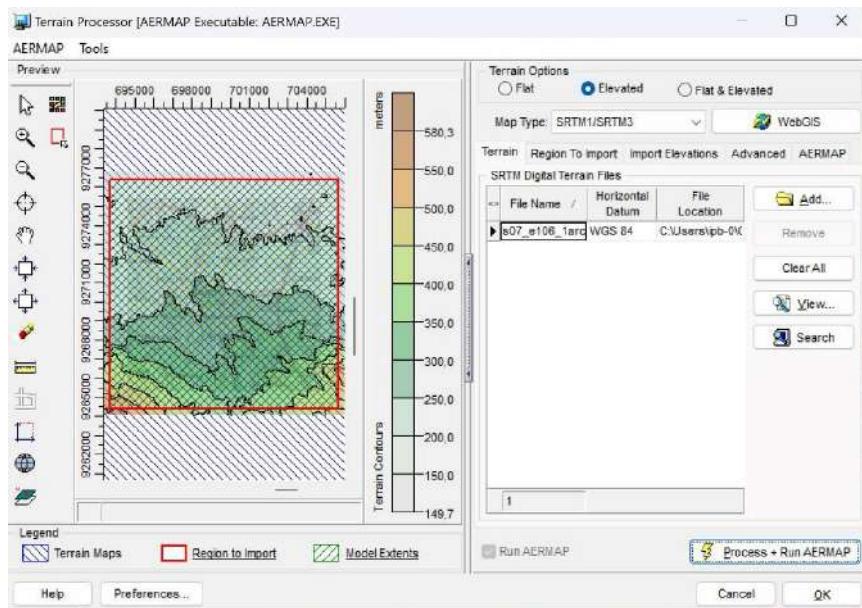


16. Pada 'data periode', tentukan apakah semua data akan dipakai atau hanya pada rentang waktu tertentu saja
17. Dalam 'windspeed category', ganti jika ingin mendeskripsikan rentang kecepatan angin untuk windrose. Setelah selesai, klik 'close'.
18. Masuk ke menu 'output' dan pilih file output apa saja yang akan dikeluarkan. (optional)
19. Setelah selesai pada menu 'output' maka masuk ke menu building jika ingin menyertakan bangunan dalam running aermod



20. Gunakan 'tools' di sebelah kiri (warna hijau) untuk membuat bentuk bangunan, dan gunakan 'tools' lain untuk membantu proses. Setelah pembuatan bangunan selesai, isi ketinggian bangunan. Setelah itu klik 'close'.

21. Setelah itu masuk ke menu 'terrain'. Dalam menu ini, pilih tipe map dari webgis, contoh SRTM, GTOPO, dsb



22. Setelah file WebGis terdownload secara otomatis, klik 'process + Run AERMAP' dan tunggu sampai proses selesai
23. Jika semua proses sudah dilakukan semua maka klik 'run' dan pilih 'run BPIP' jika memasukan efek bangunan
24. Setelah running BPIP selesai, pada menu 'run' pilih AERMOD dan lihat pada Details apakah ada error atau tidak. Setelah itu klik 'run'.

Lampiran 7 Modul *CALRoads View*

CALRoads View adalah sebuah perangkat lunak pemodelan dispersi udara untuk memprediksi dampak kualitas udara yang dihasilkan oleh sumber bergerak di atau dekat jalan raya dan persimpangan jalan raya.

Perangkat lunak ini terdiri dari tiga model EPA AS – CALINE4, CAL3QHC, & CAL3QHCR – digabungkan menjadi satu antarmuka grafis yang mulus. Model ini memperkirakan konsentrasi polusi udara berupa karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), materi partikulat (PM), dan gas inert lainnya.



CALINE 4

Model CALINE 4 yang dikembangkan oleh Departemen Transportasi California (Caltrans) memperkirakan konsentrasi karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel tersuspensi di udara di dekat jalan raya. Pilihan tersedia untuk pemodelan di dekat persimpangan, tempat parkir, jalan raya layang atau jalan bebas hambatan.

CAL3QHC

Model CAL3QHC memperkirakan total konsentrasi polutan udara (CO atau PM) di dekat jalan raya baik dari kendaraan yang bergerak maupun yang tidak bergerak. Model ini juga memperkirakan panjang antrian yang terbentuk oleh kendaraan yang menganggur di persimpangan bersinyal.

CAL3QHCR

Model CAL3QHCR adalah versi CAL3QHC yang disempurnakan, yang dapat memproses data meteorologi per jam hingga satu tahun. Data emisi kendaraan, volume lalu lintas, dan sinyalasi (ETS) dapat ditentukan untuk setiap jam dalam seminggu.

CALINE4 MODEL

A. MEMBUAT PROJECT BARU

Klik New



Beri nama pada file

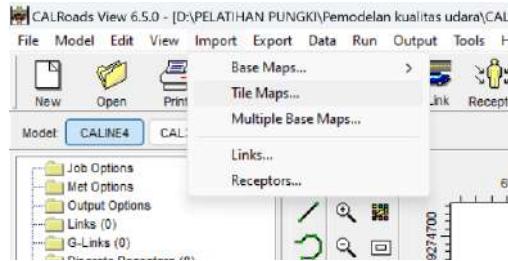


Masukkan koordinat sesuai dengan datum yang diinginkan, kemudian klik finish

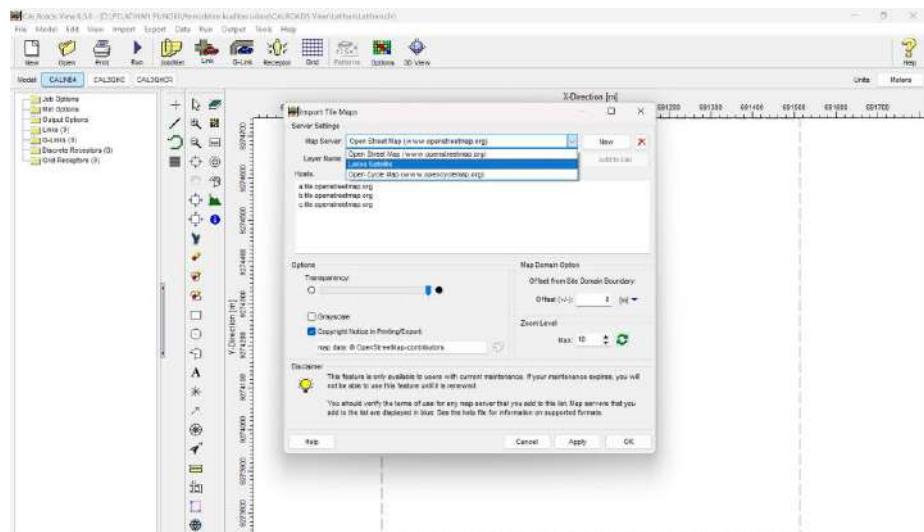


Import > Tile Map

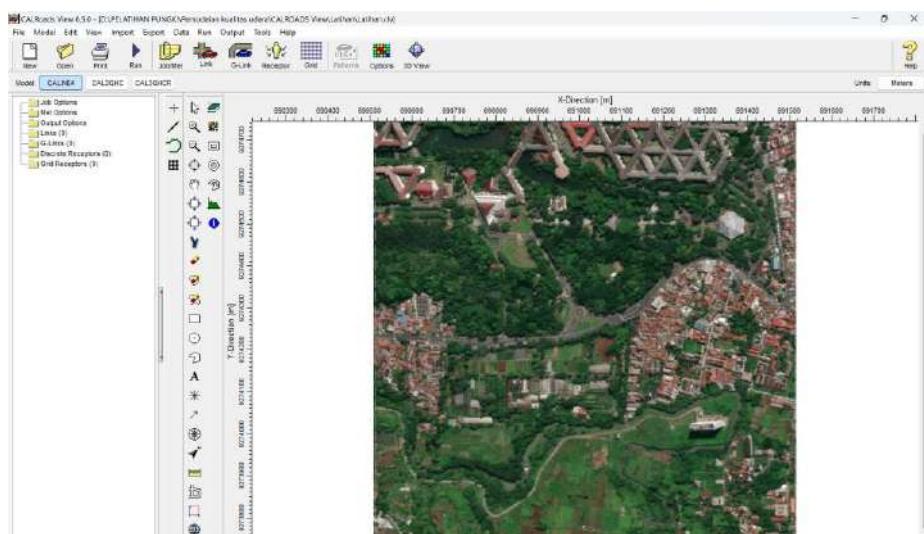
Klik import, kemudian pilih tile maps



Pilih Like Satelite > Apply > OK



Tampilan peta akan muncul sesuai dengan koordinat yang dimasukkan pada tahap sebelumnya

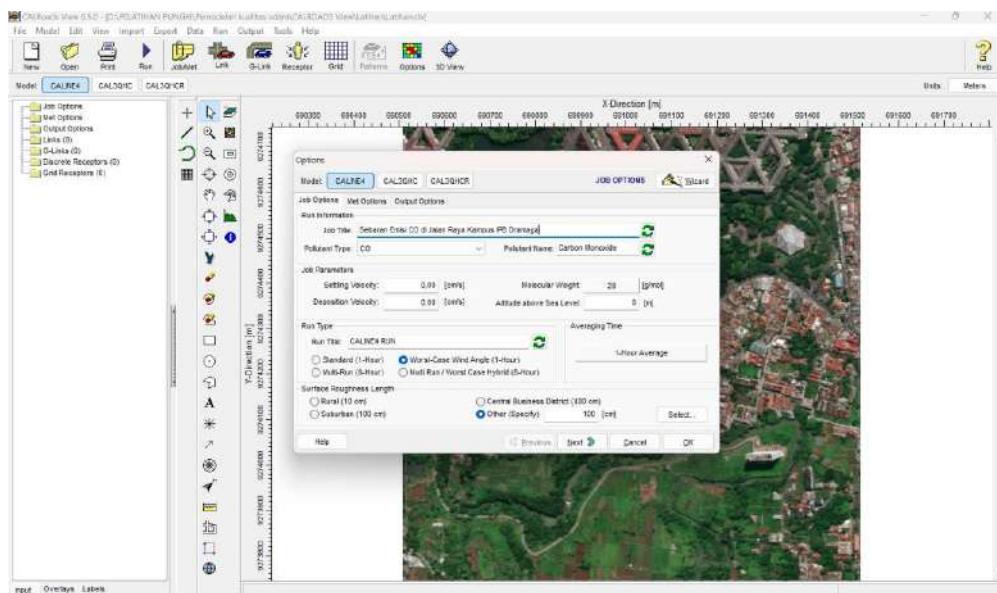


B. MENU JOB OPTION

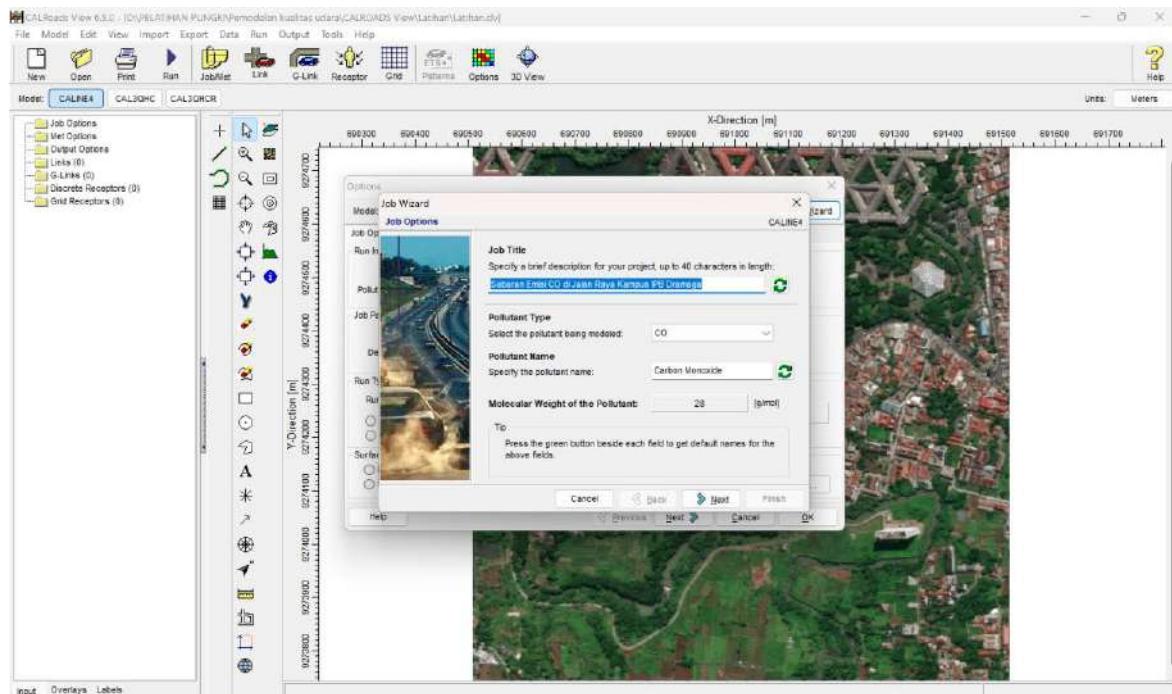
Bagian ini bertujuan untuk memasukkan data emisi polutan disesuaikan dengan model yang dipilih (CALINE4)

Parameter	Value
Job Title	CALINE4 Tutorial
Pollutant Type	CO
Settling Velocity	0.0 cm/s
Deposition Velocity	0.0 cm/s
Pollutant Name	Carbon Monoxide
Run Type	Worst - Case Angle (1-Hour)
Run Title	CALINE4 RUN
Surface Roughness Length	Suburban (100 cm)
Settling Velocity	0.0 cm/s

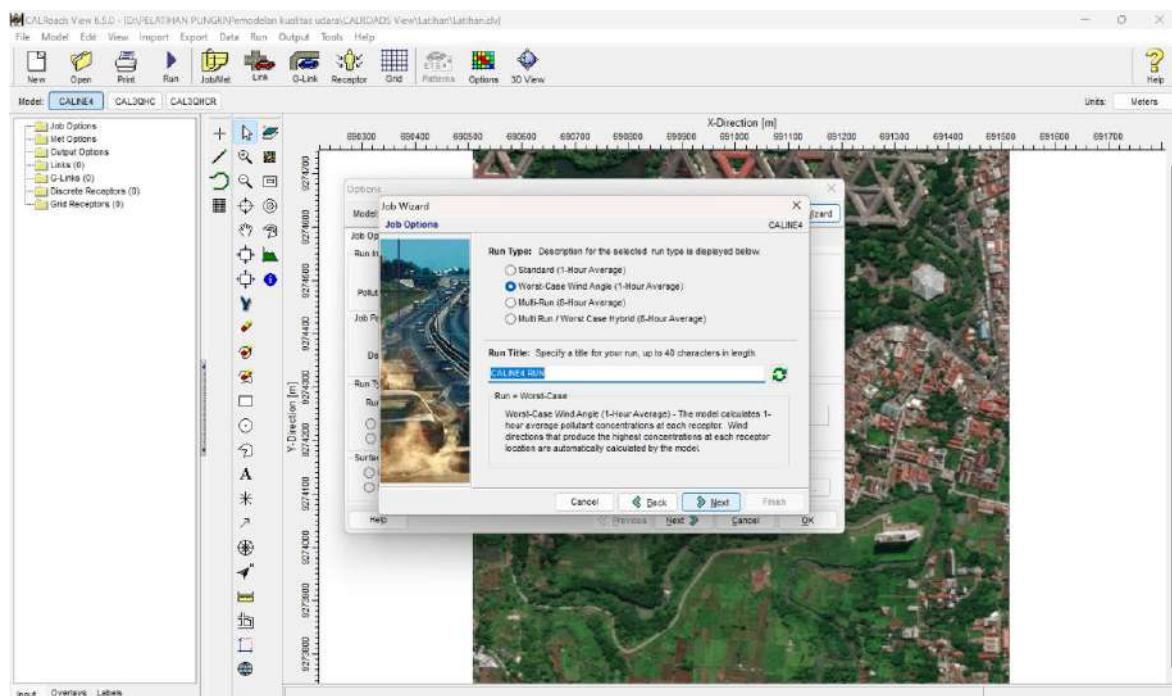
Klik model CALINE4 kemudian pada job title isi sesuai judul yang diinginkan, pilih polutan yang akan dimodelkan (misal : CO), masukkan data inputan di atas sesuai dengan jenisnya, lalu klik OK



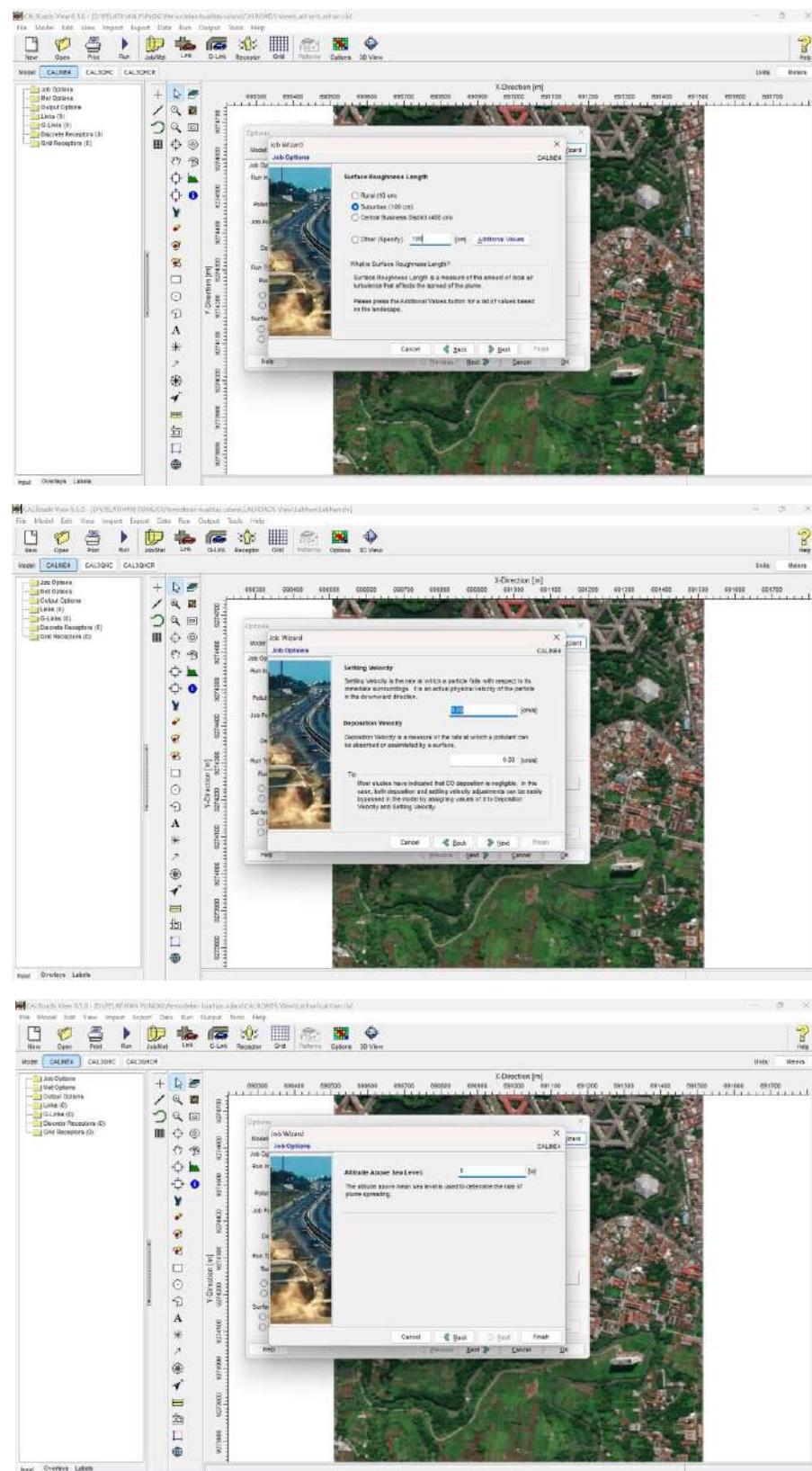
Klik Wizard, kemudian jika sudah sesuai dengan polutan klik Next



Pilih run time yang akan dimodelkan (1 jam/8 jam), sebaiknya pilih worst case untuk memilih konsentrasi pemodelan tertinggi



Masukkan input data *roughness*, *velocity*, dan ketinggian sesuai data di atas

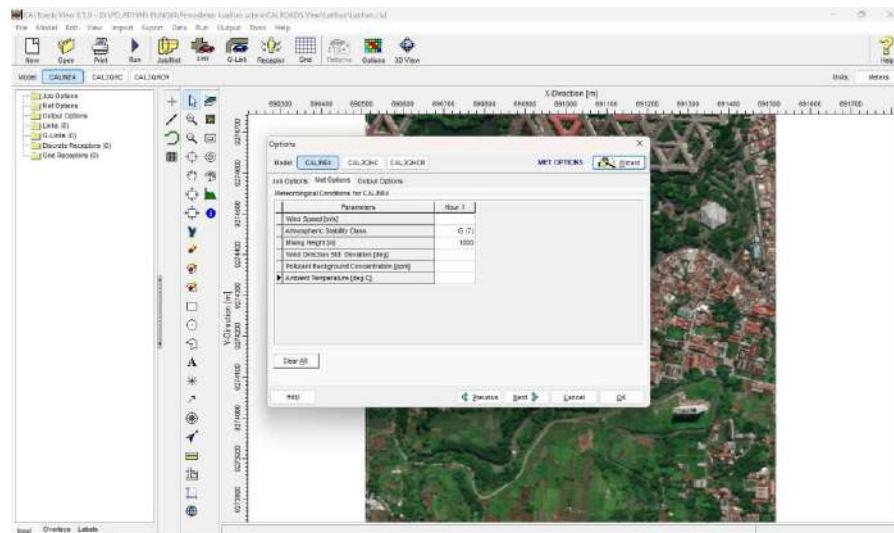


C. MENU MET OPTION

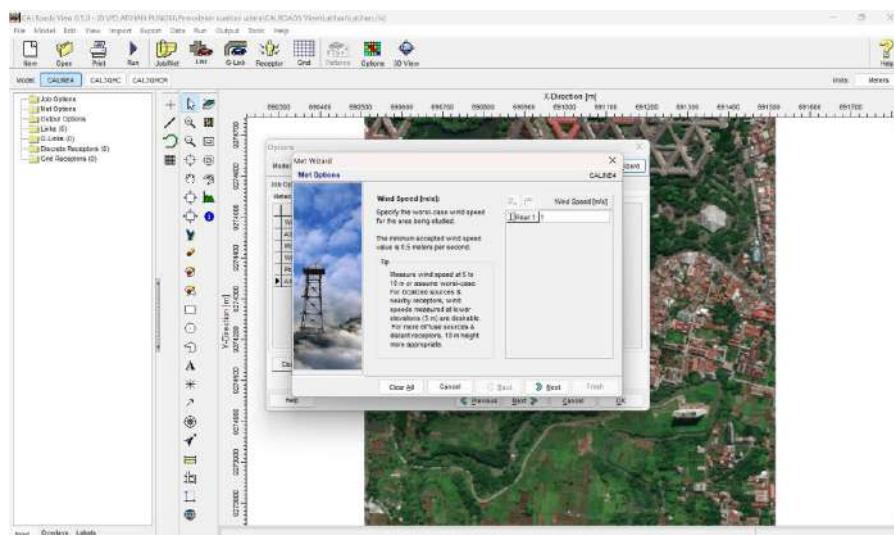
Bagian ini bertujuan untuk memasukkan data meteorologi sesuai dengan run type yang dipilih pada tahap sebelumnya (1 jam/8 jam)

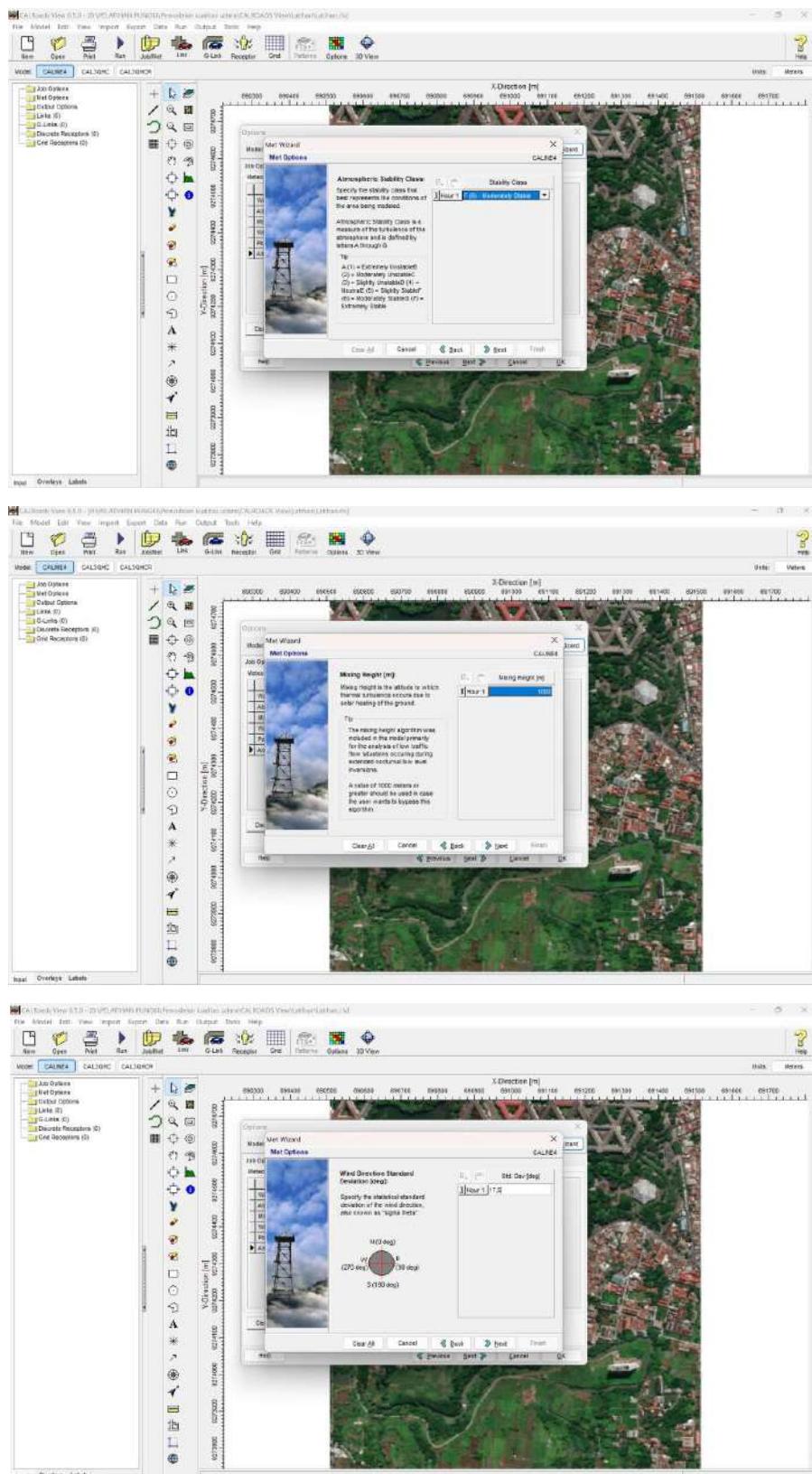
Parameter	Value
Wind Speed	1 m/s
Atmospheric Stability Class	F(6)
Mixing Height	1000 m
Wind Direction Standard Deviation	17.5 deg
Pollutant Background Concentration	3 ppm
Ambient Temperature	15 deg C

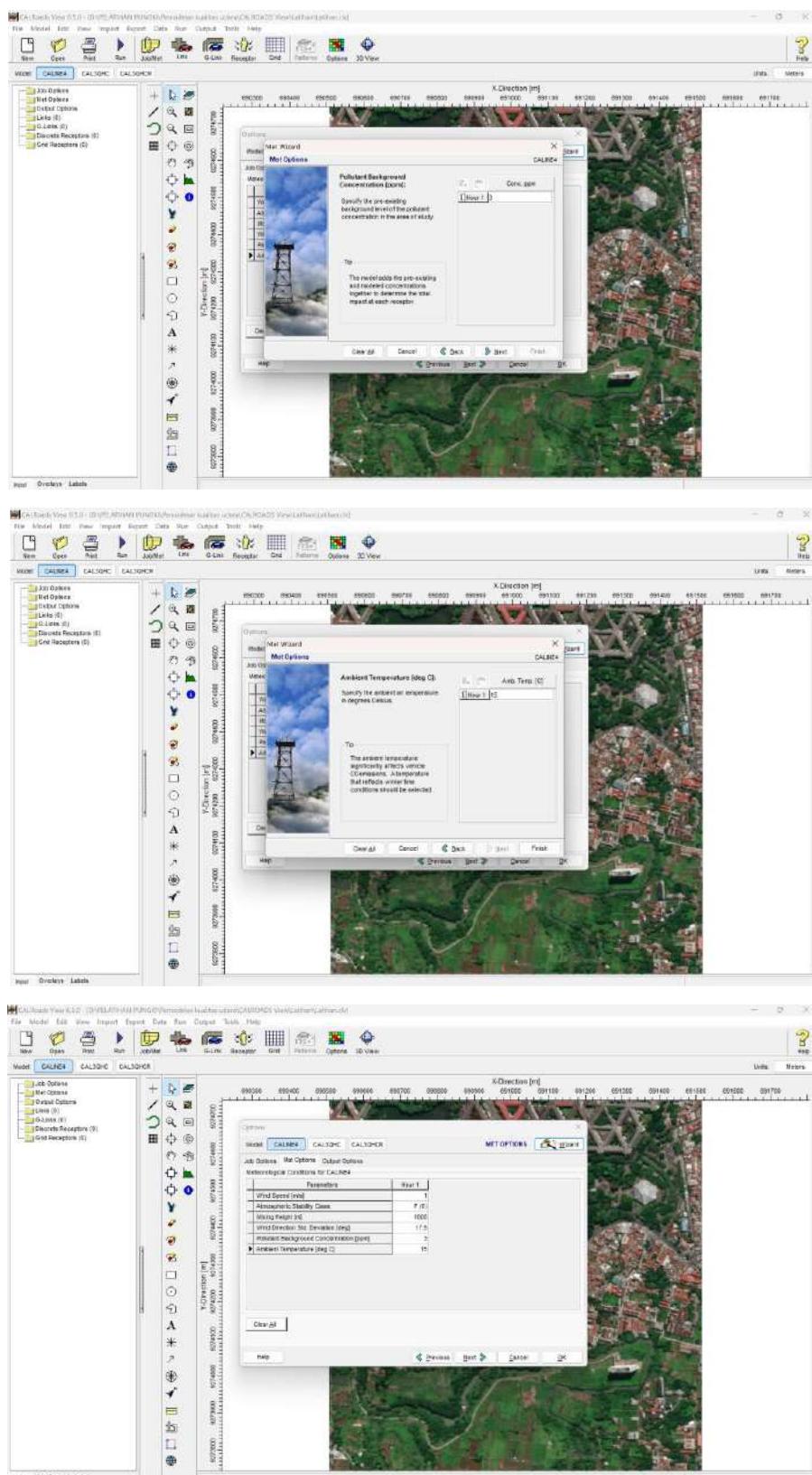
Klik met options



Klik wizard, kemudian masukkan contoh data meteorologi pada tabel di atas (wind speed, stability class, mixing height, dll) dan pilih sesuai run time yang diinginkan



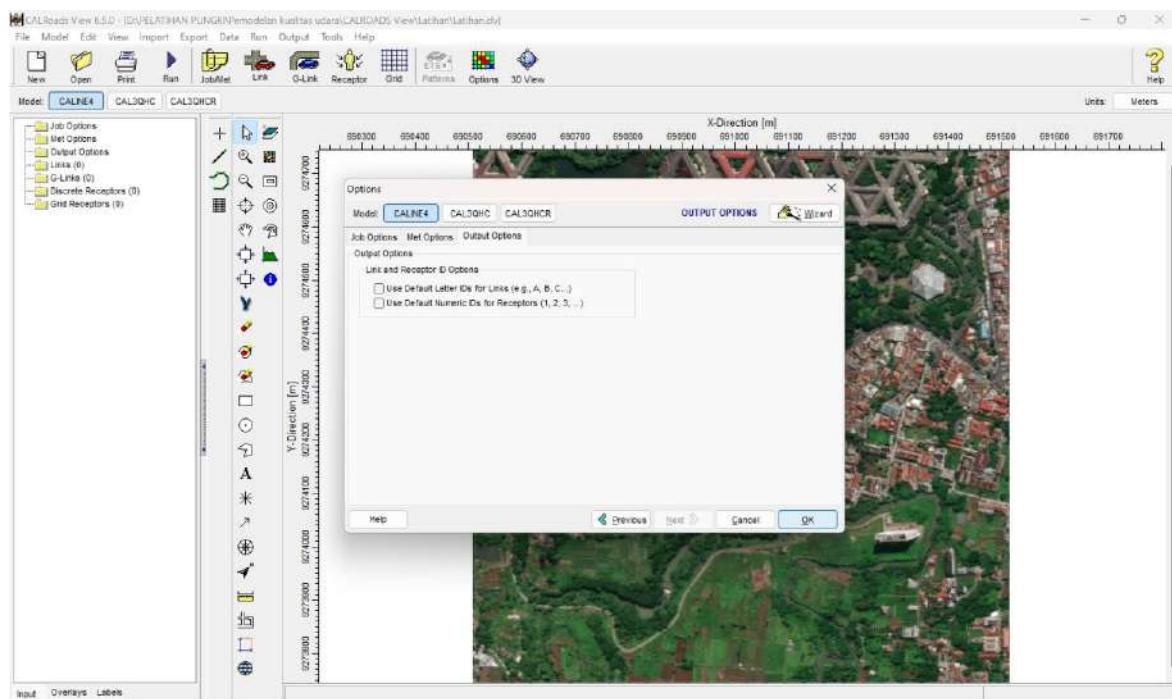




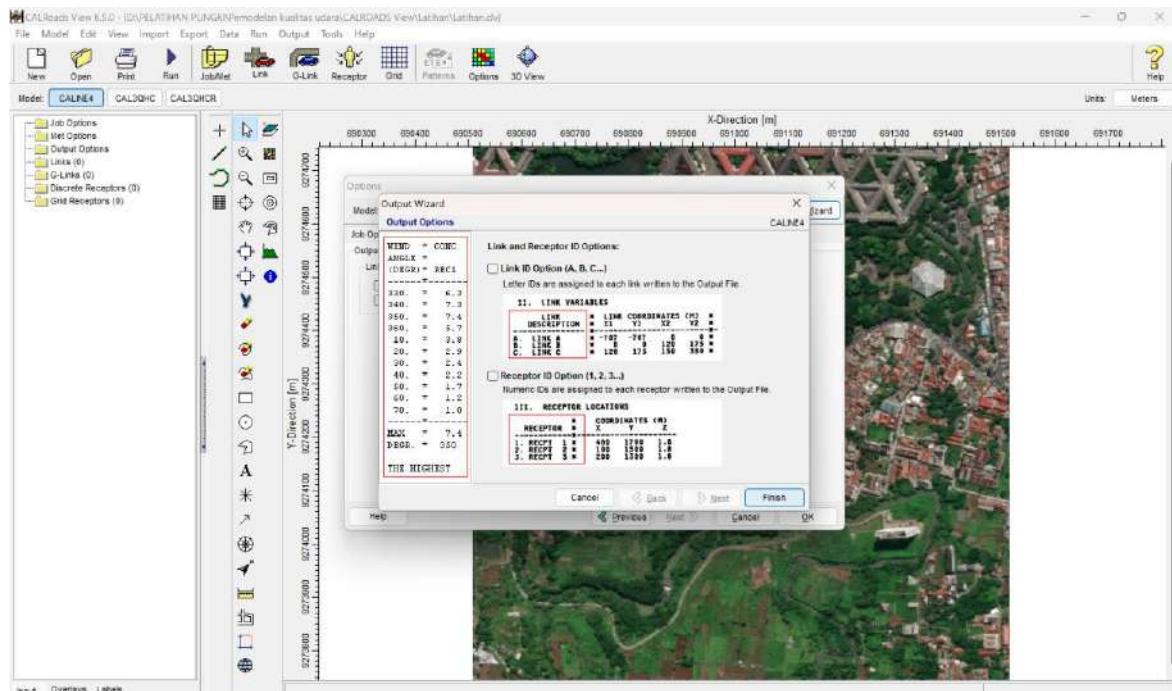
Jika seluruh data meteorologi sudah dimasukkan, klik OK

MENU LINK OPTION

Klik output option

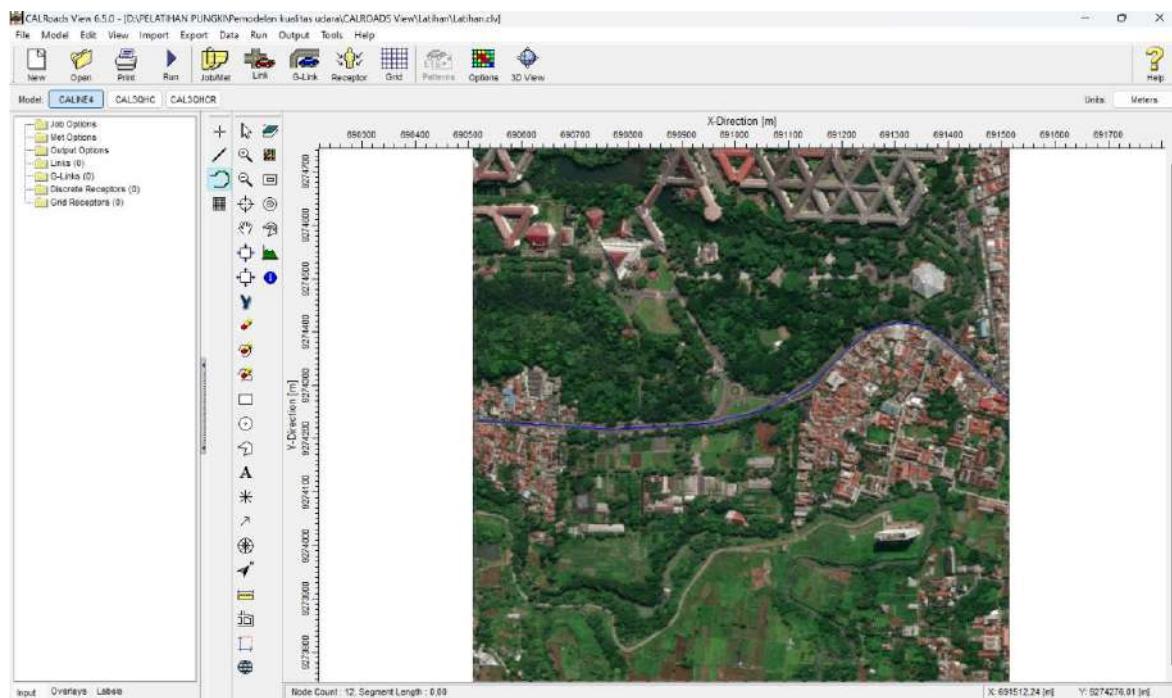
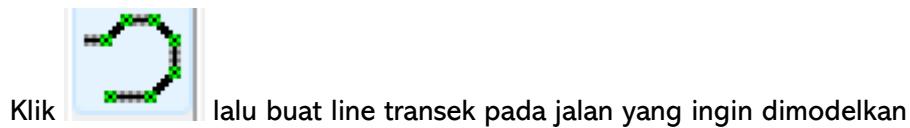


Pada bagian output option akan ditampilkan link dan receptor, jika sudah sesuai dengan ID yang diinginkan, klik Finish

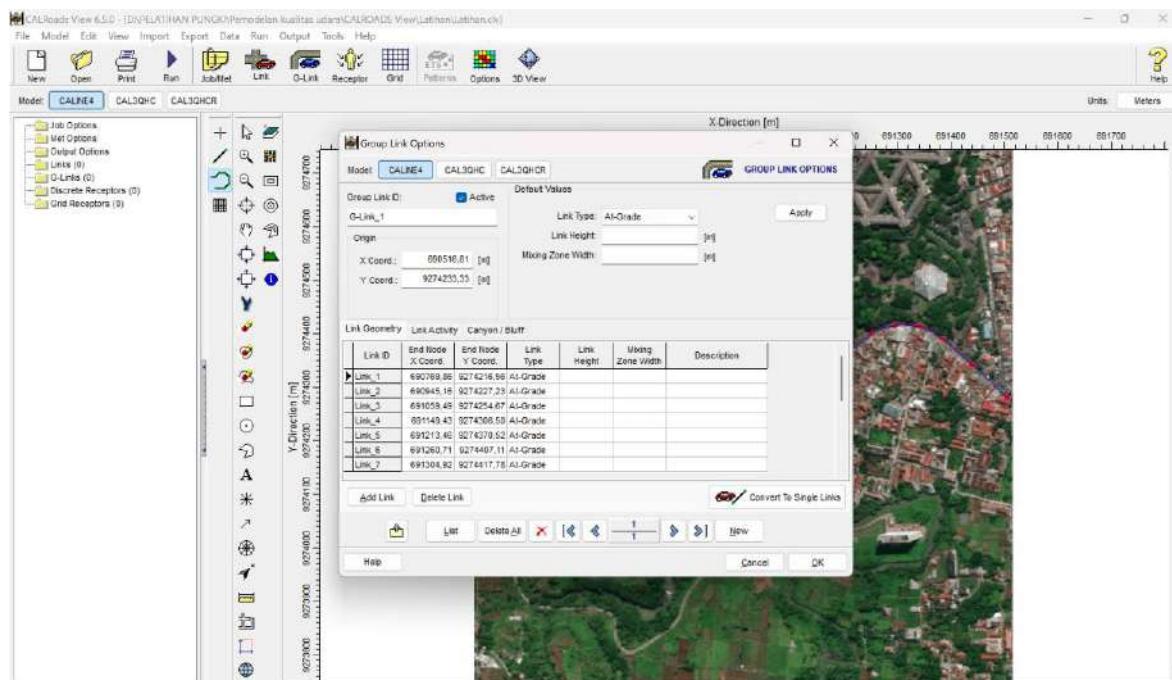


D. MENU LINK

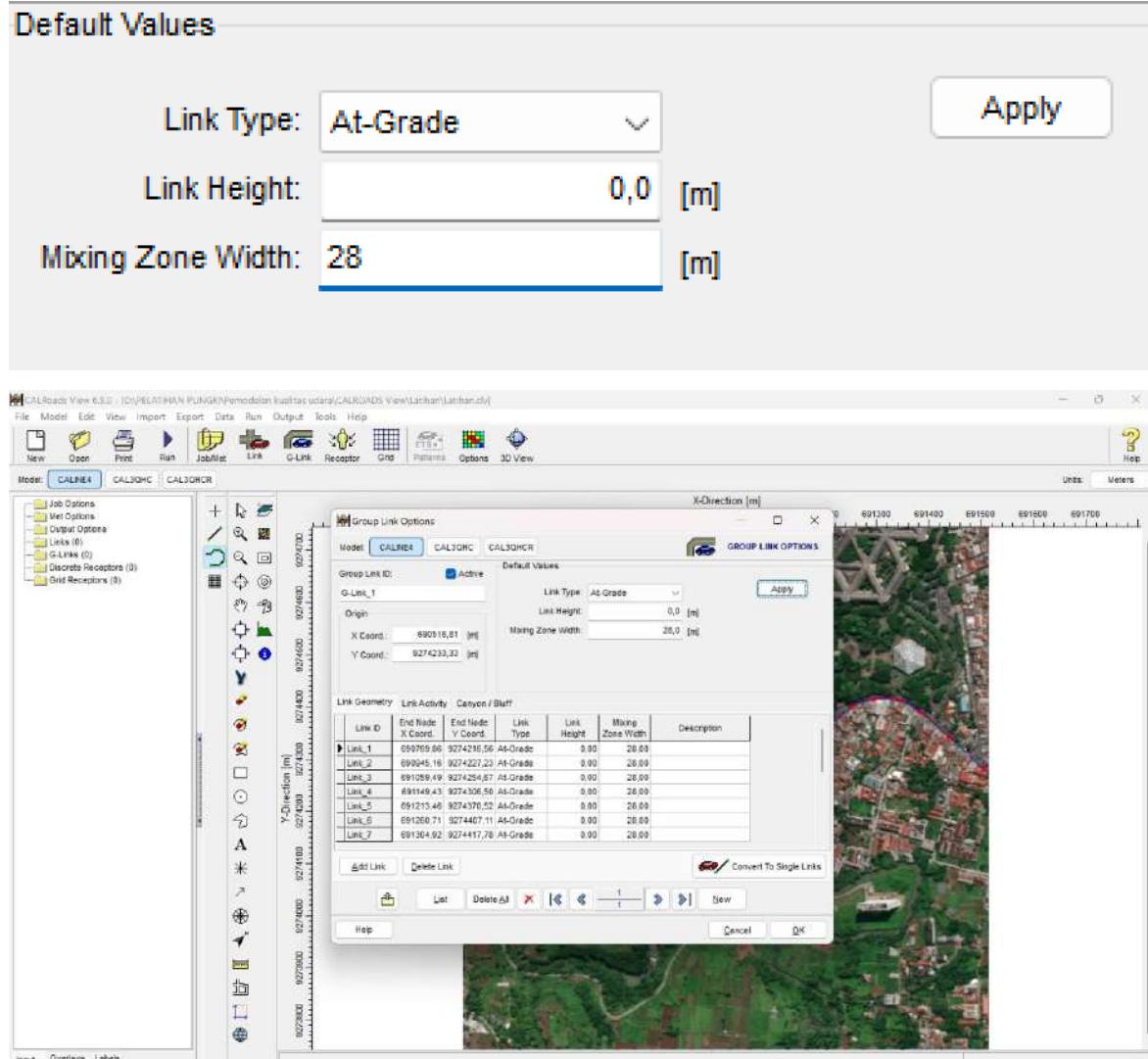
Contoh menggunakan G-Links



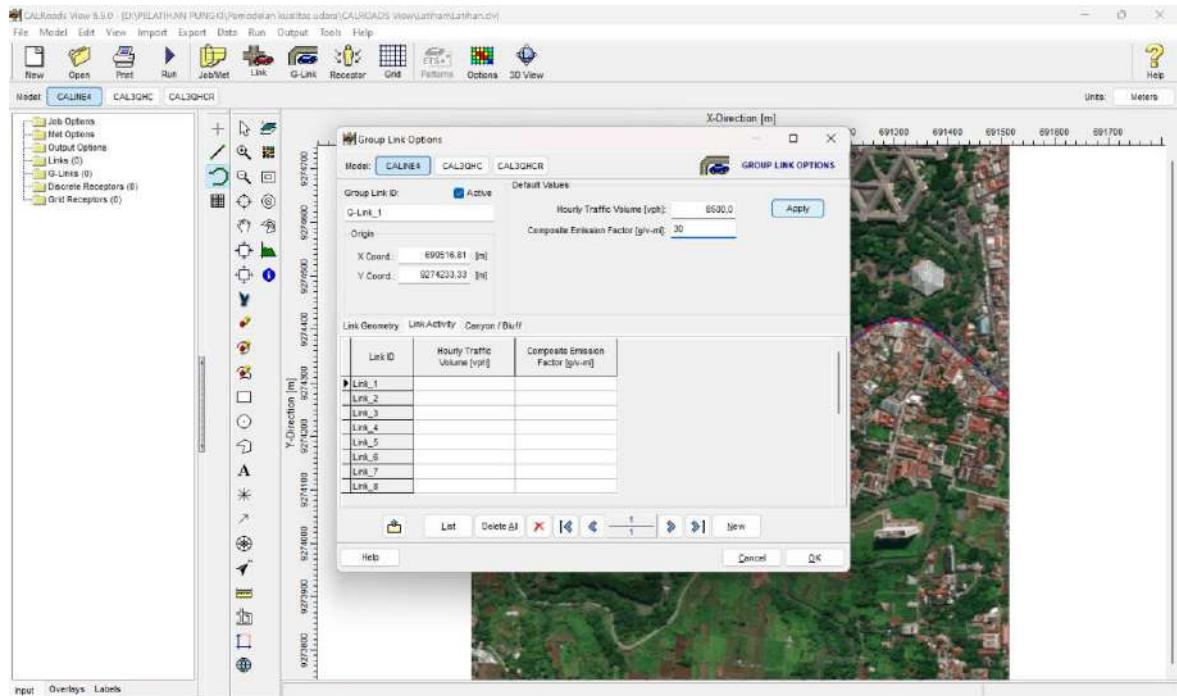
Setelah selesai membuat atau menarik garis, klik kanan.



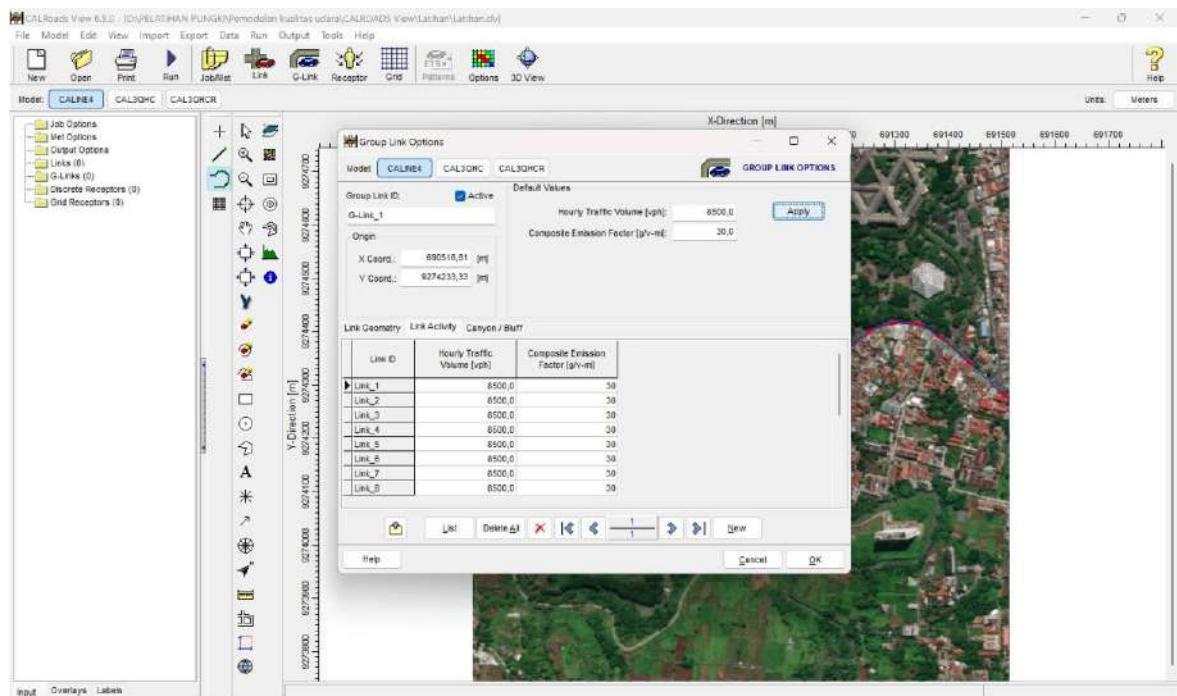
Isikan nilai pada link height dan mixing zone width > Apply



Lanjut pada link activity, masukkan data lalu lintas perjam di wilayah tersebut (vph)

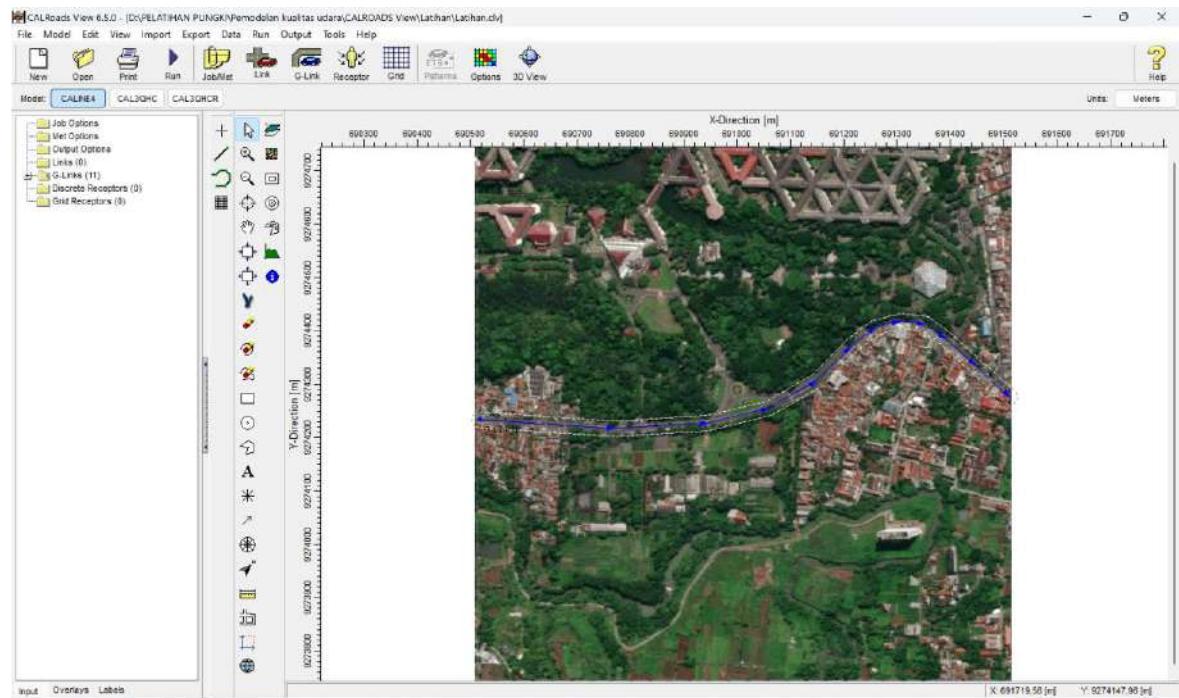


Apply



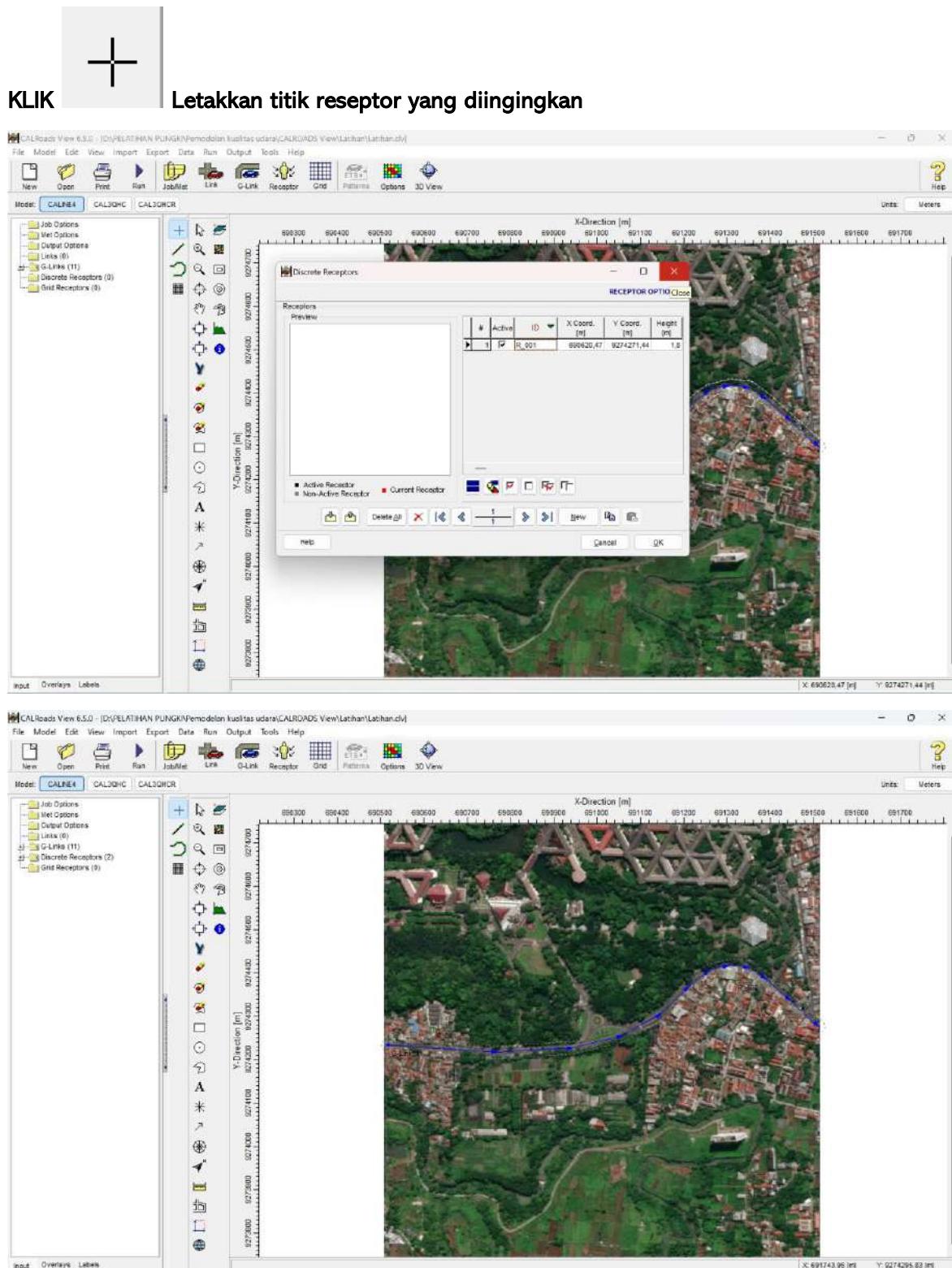
Ok

Jika berhasil, akan muncul transek line sesuai dengan garis yang dibuat pada tahap sebelumnya

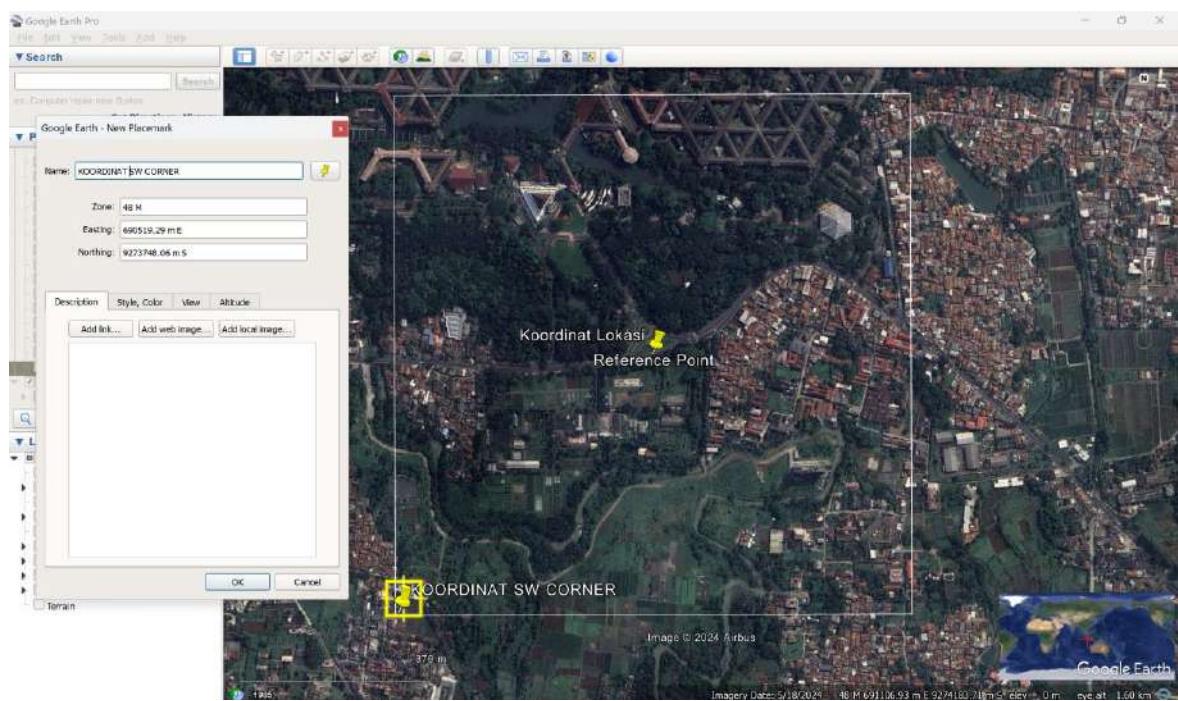
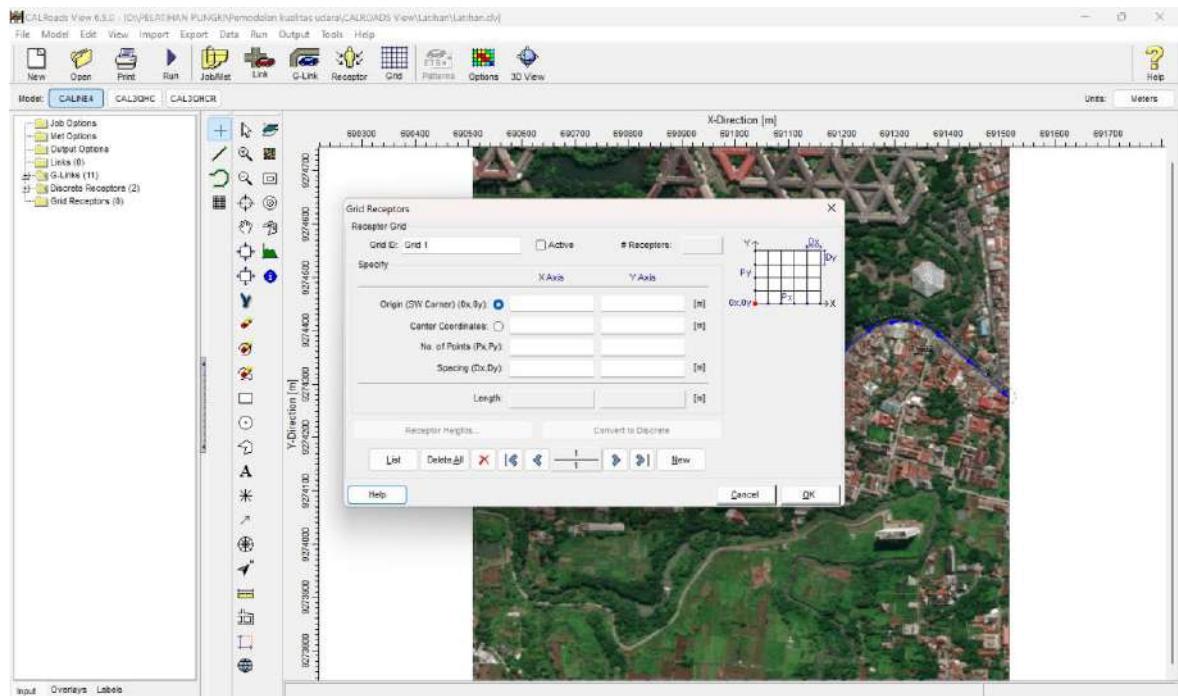


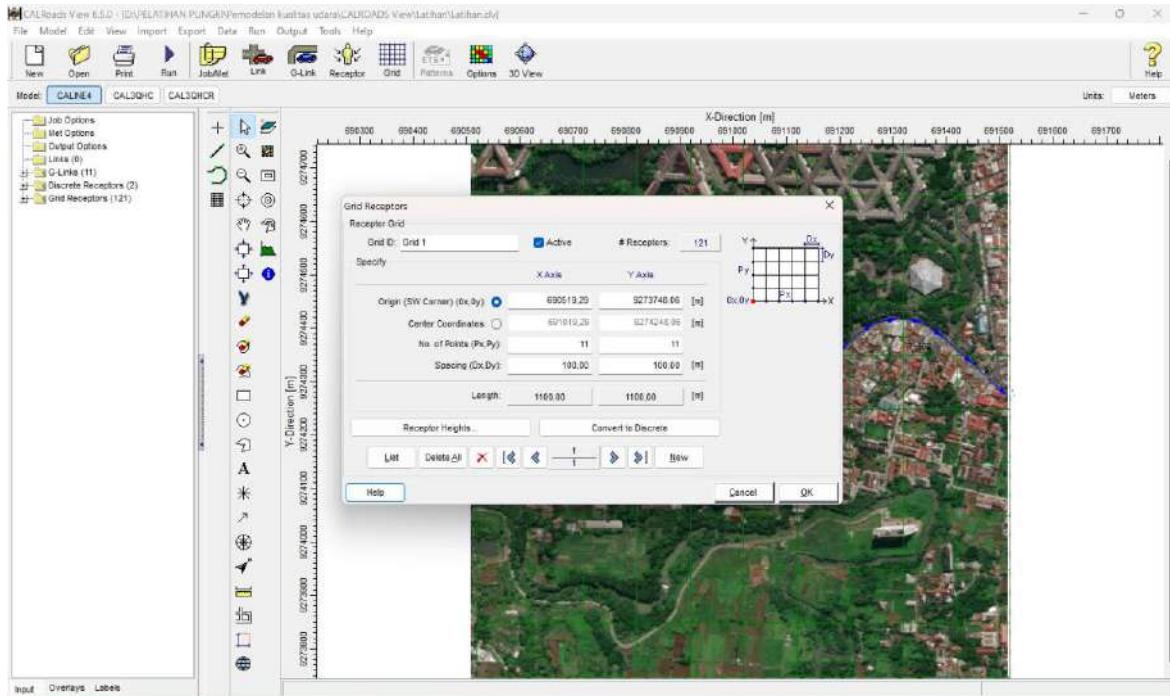
E. MENU RECEPTOR

DISCRETE RECEPTOR



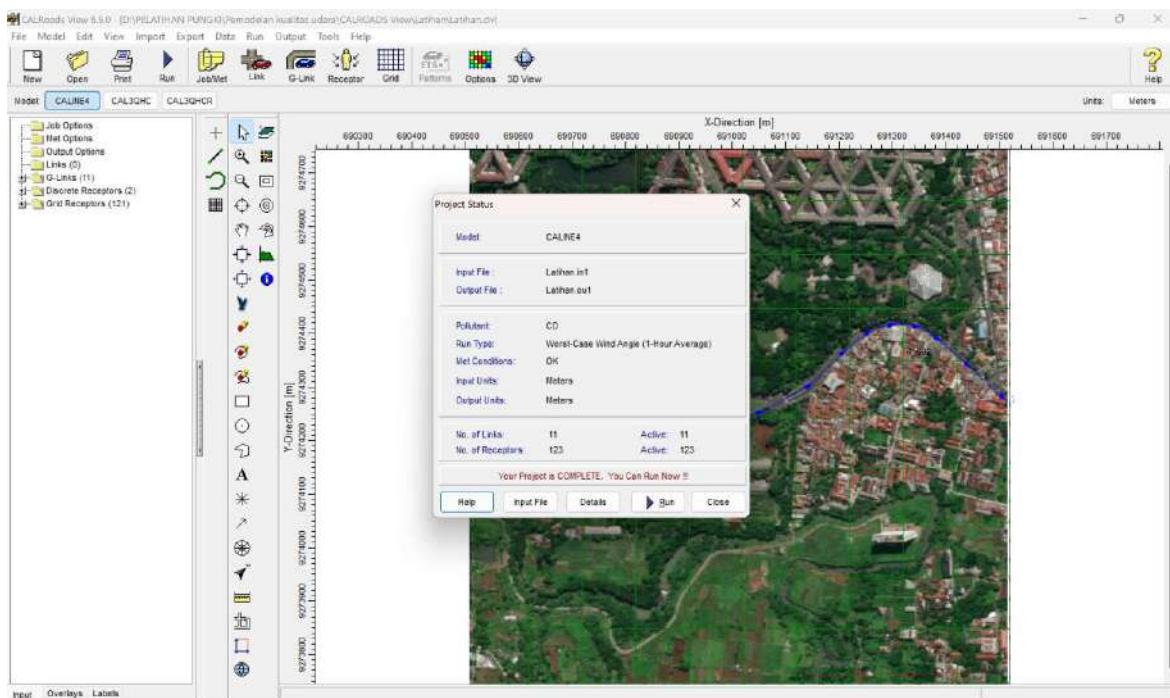
GRID RECEPTOR





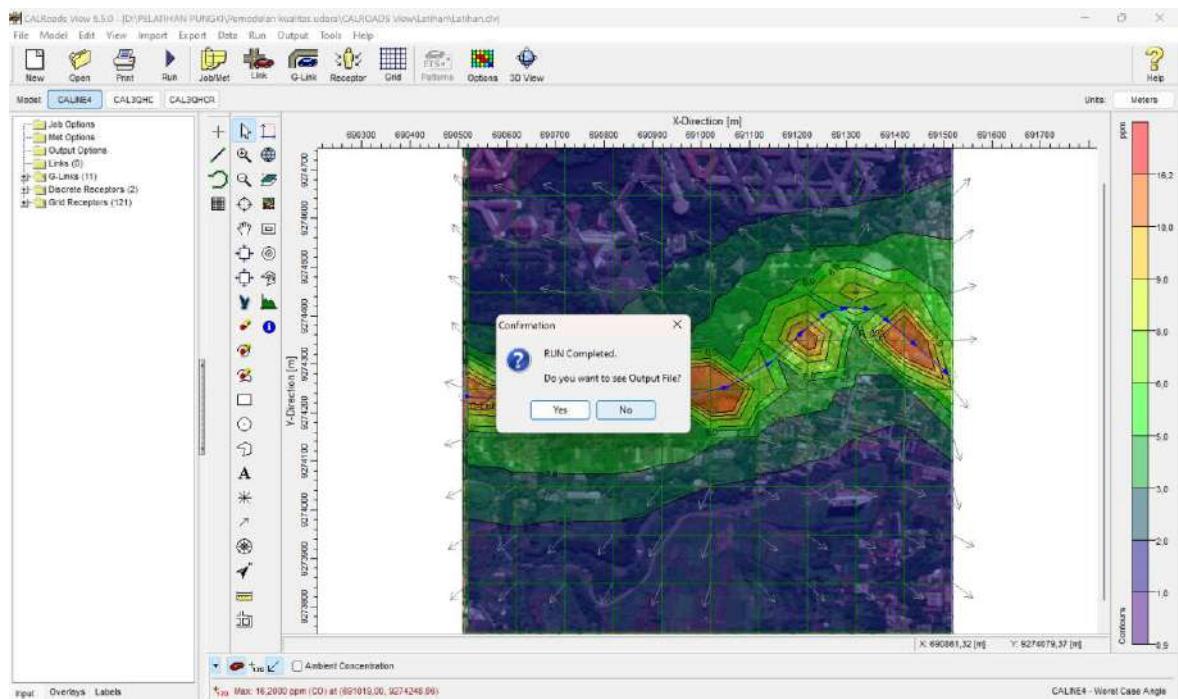
Jika receptor sudah di set baik itu discrete receptor atau grid receptor, bisa lanjut ke tahap run.

F. RUNNING



Run

Jika run sudah berhasil, akan muncul dialog seperti ini, kemudian klik Yes



G. OUTPUT

Output berupa hasil model sebaran polutan

