



IPB University
Bogor Indonesia

LAPORAN AKHIR

**KEGIATAN
PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
PROVINSI DKI JAKARTA
TAHUN 2023**

**JENIS PEKERJAAN
BELANJA JASA KONSULTANSI PENELITIAN
PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
PROVINSI DKI JAKARTA
TAHUN 2023**

**PEMERINTAH PROVINSI
DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IPB UNIVERSITY**

**LAPORAN AKHIR
KEGIATAN
PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
PROVINSI DKI JAKARTA
TAHUN 2023**

PENGARAH

Ir. Erni Pelita Fitratunnisa, ME
Rahmawati, ST, MSi.
Nofi Rahmawati ARS, ST, MT

TIM PENYUSUN

Dr. Ana Turyanti, S.Si, MT
Pungki Ariwibowo, SSi.
Fithriya Yuliasih R, SSi., MSi
Nurul Izzati Yulian , SSi.
Tiara Oktariani, SSi.

TIM PENDUKUNG

Yudith Sarunggu, SKom.
Profianita, ST
Eko Sasongko
Nathan HS Sihombing, SE
Garry TB Gultom, Shum
Maria Leny
Afriza Azima



DINAS LINGKUNGAN HIDUP PROVINSI DKI JAKARTA
BEKERJASAMA DENGAN
DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI FAKULTAS MIPA IPB UNIVERSITY

KATA SAMBUTAN



Kualitas udara Kota Jakarta setiap tahun senantiasa menjadi perhatian publik. Hal ini menjadi isu penting terkait dengan dampak terhadap kesehatan masyarakat. Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Jakarta tahun 2023 ini memberikan gambaran peningkatan konentrasi partikulat pada musim kemarau yang lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2022. Hal ini dipicu oleh fenomena El-Nino, yang menyebabkan periode kemarau lebih lama sehingga terjadi akumulasi konentrasi polutan terutama partikulat (PM10 dan PM2.5).

Kualitas udara di Kota Jakarta tahun 2023 secara umum diindikasikan oleh nilai ISPU yang didominasi hari dengan kriteria "Sedang" sebesar 52%, "Tidak Sehat" sebesar 46%, dan "Baik" sebesar 1,6%. Kecenderungan terjadinya hari "tidak sehat" tercatat pada musim kemarau sedangkan kategori "Baik" tercatat pada musim hujan awal tahun. Status mutu udara ambien DKI Jakarta tahun 2023 berada pada kondisi tercecer dengan parameter utama yaitu partikulat. Oleh karena itu, untuk memperbaiki kualitas udara DKI Jakarta, pemerintah telah mengeluarkan Keputusan Gubenur No. 576 tahun 2023 tentang Strategi Pengendalian Pencemaran Udara yang terdiri dari 3 strategi yang di dalamnya terdapat 16 program dan 64 rencana aksi.

Pada laporan tahunan pemantauan kualitas udara ini juga dilakukan evaluasi terkait kebijakan pengendalian pencemaran udara seperti kebijakan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) dan kebijakan ganjil-genap. Data jumlah kendaraan dari Dinas Perhubungan digunakan untuk melihat fluktuasi jumlah kendaraan bermotor dalam membantu analisis pengaruhnya terhadap kualitas udara DKI Jakarta.

Data pemantauan kualitas udara selain diperoleh dari 5 SPKU yang dimiliki Pemprov DKI Jakarta juga didukung data SPKU yang dikelola oleh pemerintah pusat (KLHK, BMKG) dan kedutaan Amerika Serikat (US Embassy). Selain itu DLH Jakarta juga berkolaborasi dengan mitra-mitra strategis untuk pemantauan kualitas udara menggunakan alat ukur standart reference dan *Low Cost Sensor* (LCS) sehingga hasil yang diperoleh lebih merepresentasikan Kualitas Udara Jakarta.

Semoga Laporan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta periode tahun 2023 ini menjadi informasi yang bermanfaat bagi kita semua. Terimakasih, salam sehat.

Jakarta, Desember 2023
Kepala Dinas Lingkungan Hidup
Provinsi DKI Jakarta

Asep Kuswanto, S.E., M.Si.
NIP 19730902199803100

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	ii
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1. Gambaran Umum Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA)	7
1.1. SPKUA DKI1 Bundaran HI.....	8
1.2. SPKUA DKI2 Kelapa Gading.....	10
1.4. SPKUA DKI4 Lubang Buaya	14
1.5. SPKUA DKI5 Kebon Jeruk	15
1.6. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Non-DLH (KLHK, BMKG, Kedutaan Besar Amerika Serikat)	16
1.6.1. Stasiun Pemantau Kualitas Udara KLHK (GBK).....	16
1.6.2. Stasiun Pemantau Kualitas Udara BMKG (Kemayoran)	17
1.6.3. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Kedutaan Besar Amerika Serikat ...	18
1.6.4. Stasiun Pemantau Kualitas Udara <i>World Resources Institute (WRI)</i> ...	19
2. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi	20
2.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA).....	20
2.1.1. Partikulat (<i>Particulate Matter – PM</i>).....	21
2.1.2. Karbon Monoksida (CO).....	39
2.1.3. Sulfur Dioksida (SO ₂).....	47
2.1.4. Nitrogen Dioksida (NO ₂)	55
2.1.5. Ozon (O ₃).....	64
2.1.6. Hidrokarbon (HC)	73
2.2. Fluktuasi Konsentrasi Diurnal Pencemar Udara Per Pekan	76
2.3. Kualitas Udara Berdasarkan Data Pemantauan Non DLH DKI (US Embassy, BMKG, KLHK dan WRI).....	79
2.4. Analisis Kondisi Meteorologi.....	82
2.4.1. Radiasi Matahari	83
2.4.2. Suhu.....	85
2.4.3. Kelembapan Udara.....	88
2.4.4. Angin	90
2.4.5. Curah Hujan	93
2.5. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara	94
2.5.1. Pengaruh Radiasi, Suhu, dan Kelembapan (RH)	94

2.5.2.Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin)	97
2.5.3.Pengaruh Curah Hujan (Musim Hujan dan Kemarau).....	103
3. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	105
3.1. ISPU antar SPKUA	105
3.2. ISPU DKI Jakarta.....	106
4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara	108
4.1. Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB).....	108
4.2 Analisis kebijakan pembatasan kendaraan Ganjil Genap (Gage).....	118
5. Analisis Kualitas Udara berdasar data pemantauan <i>Low-Cost Sensor</i> (LCS)....	123
6. Pemodelan Kualitas Udara	127
7. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2021-2023) 134	
8. Analisis Status Mutu Udara Ambien Tahun 2023	138
9. Analisis Penempatan Stasiun <i>Mobile Monitoring</i>	143
SIMPULAN.....	146
DAFTAR PUSTAKA	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta (tanpa Kepulauan Seribu)	8
Gambar 2 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat (Sumber: Googlemap 2021).....	9
Gambar 3 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI (Pohon tinggi di sebelah Timur dan Timur Laut) (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, 2023)	9
Gambar 4 Posisi stasiun pemantau kualitas udara <i>roadside</i> menurut SNI 19-7119.9-2005	10
Gambar 5 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021)	10
Gambar 6 Kondisi vegetasi di sekitar alat pemantau di SPKUA DKI2 Kelapa Gading (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, 2023).....	11
Gambar 7 Posisi ketinggian sensor alat pemantau terhadap pohon atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005.....	11
Gambar 8 Posisi jarak alat pemantau terhadap bangunan atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005	12
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)	12
Gambar 10 Kondisi SPKUA DKI3 (Jagakarsa Jakarta Selatan).....	13
Gambar 11 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 Jagakarsa (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, 2023).....	13
Gambar 12 Kondisi SPKUA DKI4 (Lubang Buaya Jakarta Timur).....	14
Gambar 13 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya (a) kondisi vegetasi, (b) dekat area parkir Pancasila Sakti Monumen (Dokumentasi Tim DLH, 2023).....	15
Gambar 14 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat (Sumber: Googlemap 2021)	16
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)	16
Gambar 16 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah	17
Gambar 17 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK (Dokumentasi DLH 2021)17	
Gambar 18 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran.....	18
Gambar 19 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran (a) posisi terhadap gedung utama (b) posisi terhadap vegetasi di sekitarnya (Sumber: Dokumen Tim DLH)	18
Gambar 20 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat (sekitar TuguTani - lingkaran merah) dan posisi penempatan alat.....	19
Gambar 21 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan	19
Gambar 22 Kisaran konsentrasi PM _{2.5} harian antar lokasi pemantauan tahun 2023	22
Gambar 23 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} per 30 menit tahun 2023	23
Gambar 24 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2.5} per bulan tahun 2023	27
Gambar 25 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian antar bulan tahun 2023.....	29

Gambar 26 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 µg/m ³).....	30
Gambar 27 Konsentrasi rata-rata harian PM _{2.5} per bulan tahun 2023 pada tiap SPKUA.....	31
Gambar 28 Kisaran nilai konsentrasi PM ₁₀ harian antar lokasi pemantauan tahun 2023	31
Gambar 29 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ per 30 menit tahun 2023	32
Gambar 30 Fluktuasi konsentrasi diurnal per bulan tahun 2023	35
Gambar 31 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ rata-rata harian per bulan tahun 2023	37
Gambar 32 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM ₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m ³).....	38
Gambar 33 Konsentrasi rata-rata harian PM ₁₀ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKUA.....	39
Gambar 34 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2023	39
Gambar 35 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2023	40
Gambar 36 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2023	43
Gambar 37 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) tahun 2023.....	45
Gambar 38 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU	47
Gambar 39 Kisaran konsentrasi SO ₂ harian antar lokasi pemantau Januari-Desember tahun 2023	47
Gambar 40 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ per 30 menit tahun 2023	48
Gambar 41 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO ₂ Januari-Desember tahun 2023	51
Gambar 42 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ rata-rata harian per bulan tahun 2023.....	53
Gambar 43 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO ₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m ³)	54
Gambar 44 Konsentrasi rata-rata harian SO ₂ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU	55
Gambar 45 Kisaran konsentrasi NO ₂ harian antar lokasi pemantau tahun 2023	56
Gambar 46 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ per 30 menit tahun 2023	56
Gambar 47 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO ₂ per bulan tahun 2023	60
Gambar 48 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ rata-rata harian tahun 2023	61
Gambar 49 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO ₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 µg/m ³)	63
Gambar 50 Konsentrasi rata-rata harian NO ₂ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU	63
Gambar 51 Kisaran konsentrasi O ₃ harian antar lokasi pemantau Januari-Desember tahun 2023	64
Gambar 52 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit Januari-Oktober tahun 2023.....	65
Gambar 53 Fluktuasi diurnal konsentrasi O ₃ Januari - Desember tahun 2023	68
Gambar 54 Fluktuasi konsentrasi O ₃ rata-rata harian (8 jam) tahun 2023.....	70
Gambar 55 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O ₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 µg/m ³)	72
Gambar 56 Konsentrasi rata-rata harian O ₃ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU	72
Gambar 57 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO ₂ , NOx, dan O ₃ selama tahun 2023	73
Gambar 58 Fluktuasi konsentrasi hidrokarbon per 30 menit di Bundaran HI	74
Gambar 59 Fluktuasi diurnal hidrokarbon (NMHC)	74
Gambar 60 Konsentrasi harian NMHC Januari-Desember tahun 2023	76
Gambar 61 Konsentrasi diurnal bulan Januari-Desember per pekan pada 5 stasiun.....	77

Gambar 62 Konsentrasi bulanan US Embassy dan KLHK Januari-Desember tahun 2023	80
Gambar 63 Pola Fluktuasi data PM _{2.5} SPKUA non DLH DKI di Jakarta Pusat dibandingkan dengan SPKUA DLH DKI1 Bundaran HI	81
Gambar 64 Analisis <i>scatterplot</i> data PM _{2.5} Bundaran HI dengan GBK dan US Embassy	81
Gambar 65 Konsentrasi PM _{2.5} SPKU WRI Marunda, Jakarta Barat, dan Jakarta Timur	81
Gambar 66 Fluktuasi konsentrasi BC di 5 lokasi pemantauan bulan Oktober-Desember.....	82
Gambar 67 Konsentrasi Black Carbon diurnal per jam pada 5 lokasi pemantauan per bulan (a) Oktober; (b) November; (c) Desember.....	82
Gambar 68 Fluktuasi radiasi global rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023.....	83
Gambar 69 Fluktuasi radiasi global diurnal Januari-Desember tahun 2023 Error! Bookmark not defined.	
Gambar 70 Fluktuasi suhu rata-rata harian Januari-Oktober tahun 2023.....	86
Gambar 71 Fluktuasi suhu diurnal Januari-Desember tahun 2023	86
Gambar 72 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023.....	88
Gambar 73 Fluktuasi kelembapan diurnal Januari-Desember tahun 2023	89
Gambar 74 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023	91
Gambar 75 Fluktuasi kecepatan angin diurnal Januari-Desember tahun 2023.....	91
Gambar 76 Pola angin berdasar <i>Windrose plot</i> Januari-Desember 2023.....	93
Gambar 77 Fluktuasi curah hujan harian bulan Januari-Desember tahun 2023	94
Gambar 78 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2023.....	94
Gambar 79 <i>Polar Plot</i> partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta	98
Gambar 80 <i>Polar Plot</i> SO ₂ di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta	100
Gambar 81 Polar Plot CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta	100
Gambar 82 <i>Polar Plot</i> partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta	102
Gambar 83 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar di SPKUA DKI1 Bundaran HI (a) musim hujan (Januari), (b) musim kemarau (Juli)	104
Gambar 84 Pola fluktuasi curah hujan bulanan dengan konsentrasi rata-rata partikulat	104
Gambar 85 Hasil analisis ISPU bulanan per SPKUA di DKI Jakarta tahun 2023	106
Gambar 86 Analisis ISPU DKI Jakarta tahun 2023.....	107
Gambar 87 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB	108
Gambar 88 Persentase penurunan konsentrasi polutan saat HBKB dibandingkan rata-rata Hari Kerja.....	109
Gambar 89 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Januari 2023	109
Gambar 90 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Februari 2023	110
Gambar 91 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Maret 2023.....	111
Gambar 92 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB April 2023	111
Gambar 93 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Mei 2023.....	112
Gambar 94 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Juni 2023.....	113
Gambar 95 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Juli 2023.....	114
Gambar 96 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Agustus 2023	114
Gambar 97 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB September 2023	115
Gambar 98 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Oktober 2023.....	116
Gambar 99 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB November 2023.....	117

Gambar 100 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Desember 2023	117
Gambar 101 Jumlah kendaraan per hari pada 49 ruas jalan di Jakarta tahun 2023	118
Gambar 102 Persentase jenis kendaraan tahun 2023.....	118
Gambar 103 Hubungan jumlah dan jenis kendaraan dengan laju kendaraan di Jl Cipete Raya	119
Gambar 104 Hubungan jumlah dan jenis kendaraan dengan laju kendaraan di Jl Cipete Raya	119
Gambar 105 Estimasi beban emisi CO dan NOx (g/jam) pada tahun 2023	120
Gambar 106 Pola fluktuasi diurnal jumlah kendaraan bermotor di ruas jalan Gage (a) Jl Gn Sahari, (b) Jl.....	120
Gambar 107 Sebaran lokasi koordinat <i>traffic counting</i> Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta	121
Gambar 108 Plot jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dan ruas non GAGE (Pasar Senen) dengan konsentrasi PM _{2.5} (LCS) pada bulan kering.....	122
Gambar 109 Plot jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dan ruas non GAGE (Pasar Senen) dengan konsentrasi PM _{2.5} (LCS) pada bulan basah	Error!
	Bookmark not defined.
Gambar 110 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2.5} Januari-Desember tahun 2023	124
Gambar 111 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} rata -rata harian Januari-Desember tahun 2023 di lokasi <i>Low Cost Sensor</i> (per wilayah administrasi).....	125
Gambar 112 Konsentrasi PM _{2.5} rata-rata bulanan dari 15 lokasi LCS.....	125
Gambar 113 Konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian dari 15 lokasi LCS	126
Gambar 114 Peta dispersi PM _{2.5} rata-rata harian bulan Januari-April 2023.....	127
Gambar 115 Peta dispersi PM _{2.5} rata-rata harian bulan Mei-Agustus 2023.....	128
Gambar 116 Peta dispersi PM _{2.5} rata-rata harian bulan September-Desember 2023	129
Gambar 117 Peta sebaran pencemar sumber trasnportasi (a) CO dan (b) PM _{2.5}	130
Gambar 118 Prediksi sumber pencemar DKI1 Bundaran HI	130
Gambar 119 Prediksi sumber pencemar DKI2 Kelapa Gading	131
Gambar 120 Prediksi sumber pencemar DKI3 Jagakarsa.....	131
Gambar 121 Prediksi sumber pencemar DKI4 Lubang Buaya.....	132
Gambar 122 Prediksi pola dispersi SO ₂	132
Gambar 123 Prediksi pola dispersi PM ₁₀ pada siang hari	133
Gambar 124 Prediksi pola dispersi PM ₁₀ pada malam hari	133
Gambar 125 Perbandingan konsentrasi PM ₁₀ bulanan dan antar tahun	134
Gambar 126 Perbandingan konsentrasi PM _{2.5} bulanan dan antar tahun	135
Gambar 127 Perbandingan konsentrasi O ₃ bulanan dan antar tahun.....	136
Gambar 128 Analisis spasial CWT pada wilayah DKI1 Jakarta Pusat (a), DKI2 Jakarta Utara (b), DKI3 Jakarta Selatan (c), dan DKI4 Jakarta Timur (d) selama periode bulan kering	144
Gambar 129 Sebaran lokasi yang disarankan untuk dipantau menggunakan mobile monitoring	145

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) DKI Jakarta	7
Tabel 2 Lokasi Pemantauan Kualitas Udara menggunakan <i>Low Cost Sensor</i>	7
Tabel 3 Data konsentrasi rata-rata harian pencemar udara Januari - Desember tahun 2023 ...	21
Tabel 4 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembapan udara (RH).....	95
Tabel 5 Korelasi antara partikulat dan SO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH	96
Tabel 6 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH	96
Tabel 7 Korelasi antara NO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH	96
Tabel 8 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin	97
Tabel 9 Korelasi curah hujan bulanan (CH) terhadap rata-rata konsentrasi partikulat (PM) ...	104
Tabel 10 Rentang Kategori ISPU berdasar PermenLHK No 14 Tahun 2020	105
Tabel 11 Persentase ISPU setiap SPKUA dan keseluruhan DKI Jakarta	107
Tabel 12 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2023	138
Tabel 13 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tahun 2023	139
Tabel 14 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) tahun 2023	140
Tabel 15 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) tahun 2023	140
Tabel 16 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) tahun 2023	141
Tabel 17 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tahun 2023	141
Tabel 18 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2023.....	142

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Daerah dan Nasional	155
Lampiran 2 Perhitungan ISPU	156
Lampiran 3 Curah Hujan Harian per Bulan antar SPKUA	157
Lampiran 4 Korelasi bulanan parameter pencemar dan meteorologi	161
Lampiran 5 Grafik Konsentrasi Pencemar dengan Curah Hujan Harian	169
Lampiran 6 Kualitas Udara Ambien pada Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) .	181
Lampiran 7 ISPU DKI Jakarta Januari-Desember Tahun 2023.....	193
Lampiran 8 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 3 Tahun.....	194
Lampiran 9 Konsentrasi polutan rata-rata saat HBKB lebih rendah dibanding saat hari kerja	197
Lampiran 10 Windrose plot bulanan.....	199
Lampiran 11 Konsentrasi PM2.5 Yang Melebihi BMUA.....	202

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Udara bersih merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan, sehingga menjadi sebuah keharusan untuk menjaga agar kualitasnya tetap baik. Namun demikian berbagai aktivitas manusia memicu penurunan kualitas udara, terutama di perkotaan, yang bersumber dari transportasi, domestik maupun industri serta aktivitas konstruksi dalam rangka memperbaiki infrastruktur kota. Menurut WMO (2012), 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. Demikian pula Kota Jakarta, yang memiliki penduduk melebihi 10 juta jiwa (BPS 2023), sehingga berbagai permasalahan lingkungan termasuk pencemaran udara sudah memerlukan perhatian dan penanganan yang tepat.

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan baik jangka pendek maupun jangka panjang sudah banyak ditelaah. Dampak dapat berupa gangguan pernapasan hingga gangguan organ tubuh lain pada jangka panjang, bahkan berdampak pada kematian. Oleh karena itu berbagai kebijakan harus ditempuh agar masyarakat terhindar dari dampak buruk pencemaran udara. 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)

Isu kualitas udara Kota Jakarta selalu menjadi perhatian dari tahun ke tahun, berbagai kebijakan sudah dilakukan dalam upaya pengendalian. Salah satu kebijakan yang paling penting adalah pemantauan kualitas udara ambien, agar kondisi kualitas udara yang terukur dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan selanjutnya dalam pengendalian pencemaran udara. Pemantauan kualitas udara ambien di Provinsi DKI Jakarta telah dilakukan secara secara kontinu pada 5 titik Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA), yaitu di lokasi Bundaran HI (DKI1), Kelapa Gading (DKI2), Jagakarsa (DKI3), Lubang Buaya (DKI4), dan Kebon Jeruk (DKI5). Selain pemantauan kualitas udara oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 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. Pada tahun 2023 pemantauan kualitas udara didukung oleh kerjasama dengan mitra strategis yaitu *Vital Strategies* (VS) dan *World Resources Institute* (WRI). Pemantauan PM2.5 menggunakan *Low Cost Sensor* (LCS) pada 14 titik lokasi merupakan kerjasama dengan *Vital Strategies* (VS), sedangkan WRI mendukung pemantauan PM2.5 tambahan pada 3 lokasi yaitu Marunda, Jakarta Barat dan Jakarta Timur, serta *Black Carbon* (BC) pada 5 titik lokasi yaitu Gedung Walikota Jakarta Timur, SPKU DKI2 Kelapa Gading, SPKU DKI3 Jagakarsa, SPKU DKI4 Lubang Buaya dan SPKU DKI5 Kebon Jeruk. Pengukuran BC baru dimulai pada bulan September 2023.

Berdasar Laporan Pemantauan Kualitas Udara Tahun 2022 (DLH DKI Jakarta 2022), parameter

partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dan Ozon (O_3) merupakan pencemar yang terpantau melebihi nilai BMUA tahunan. Tren konsentrasi pencemar rata-rata harian selama 4 tahun terakhir menunjukkan konsentrasi rata-rata tahunan $PM_{2.5}$ di DKI1, DKI2 dan DKI3 mengalami penurunan pada tahun 2020, dan meningkat kembali di tahun 2021, menurun pada tahun 2022. Pada hasil evaluasi tahun 2023, terjadi peningkatan memasuki musim kemarau bahkan hingga bulan Oktober, melebihi kondisi tahun sebelumnya.

Fluktuasi kualitas udara sangat dipengaruhi oleh jumlah sumber emisi juga kondisi meteorologi. Hal ini paling mudah terlihat pada kondisi pandemi, ketika pembatasan aktivitas masyarakat dengan berbagai level diberlakukan. Pada beberapa lokasi seperti sekitar Jakarta Pusat (Bundaran HI), aktivitas transportasi terdampak oleh kebijakan tersebut, yang berdampak pada penurunan konsentrasi pencemar udara yang berkaitan dengan emisi transportasi seperti partikulat, CO dan NO_2 . Bundaran HI merupakan area dekat perkantoran, sehingga pembatasan aktivitas selama pandemi sangat memengaruhi kepadatan lalu lintasnya, yang berdampak pada penurunan emisi pencemar udara yang bersumber dari transportasi. Peningkatan konsentrasi pencemar kembali terjadi ketika memasuki musim kemarau dan menjadi sebuah fenomena rutin pada saat memasuki bulan Juni di Jakarta, isu kualitas udara menjadi isu utama. Hal ini menunjukkan pengaruh faktor meteorologi menjadi penting, yang perlu mendapat perhatian terutama dalam menyusun kebijakan terkait kualitas udara.

Potensi adanya pencemaran udara lintas batas 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. Pada laporan ini juga dilakukan analisis kondisi meteorologi, yang dihubungkan dengan fluktuasi konsentrasi pencemar udara

Kebijakan-kebijakan yang telah dilaksanakan dalam rangka pengendalian kualitas udara adalah program Ganjil Genap 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 dievaluasi program HBKB tingkat Provinsi DKI Jakarta, serta program ganjil genap dengan menggabungkan data kendaraan dari *traffic counting* Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta dan data konsentrasi partikulat dari LCS. Pemantauan kualitas udara pada Zona Rendah Emisi (LEZ) pada tahun 2023 dilakukan di sekitar LEZ 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 secara komprehensif untuk dapat diinformasikan kepada seluruh pemangku kepentingan

Tujuan kegiatan ini adalah :

1. Menyusun analisis dan evaluasi kualitas udara ambien di Provinsi DKI Jakarta.
2. Menyusun status mutu kualitas udara ambien Provinsi DKI Jakarta
3. Menyusun laporan kualitas udara Provinsi DKI Jakarta

METODOLOGI

Secara umum tahapan dalam analisis dan evaluasi kualitas udara ambien tahun 2023 ini terdiri dari identifikasi kondisi lokasi SPKUA, analisis data kualitas udara dan kondisi meteorologi, analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), analisis kualitas udara pada kegiatan HBKB dan di ruas jalan ganjil-genap, serta beberapa lokasi khusus yang diukur menggunakan LCS, data Black Carbon (BC), serta analisis tren data kualitas udara selama 3 tahun terakhir. Selain itu disampaikan juga hasil pemodelan sebaran konsentrasi pencemar udara, yang merupakan bagian dari kegiatan pemantauan menggunakan alat pemantau *low-cost sensor* (LCS), serta analisis status mutu udara ambien tahun 2023.

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

Lokasi SPKUA di Provinsi DKI Jakarta sudah ditentukan peruntukannya berdasar karakteristik lokasinya. Identifikasi lokasi diperlukan untuk melihat kondisi alat dan juga kondisi lingkungan sekitarnya, baik jenis wilayah maupun lokasi koordinat dan ketinggian tempatnya, serta identifikasi sumber emisi di sekitarnya berpotensi memberi kontribusi terhadap pola perilaku konsentrasi pencemar udara yang terukur oleh alat di SPKUA. Keberadaan vegetasi berupa tumbuhan dan bangunan di sekitar SPKUA juga dapat memengaruhi fluktuasi kondisi meteorologi seperti radiasi dan kecepatan angin yang terukur. Identifikasi lokasi dilaksanakan dengan cara survei langsung ke lokasi SPKUA.

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

Konsentrasi parameter pencemar udara yang terdiri dari partikulat ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}), karbonmonioksida (CO), Nitrogen Oksida (NO, NO_2 dan NOx), Sulfurioksida (SO_2), serta ozon (O_3) dianalisis berdasarkan **fluktuasi harian**, nilai rata-rata serta konsentrasi maksimum dan minimumnya, serta **fluktuasi diurnal** untuk melihat kondisi kualitas udara pagi, siang, sore dan malam hari. Namun untuk parameter Hidrokarbon (CH_4 , NMHC, dan THC), pemantauan hanya dilakukan di SPKUA DKI1 Bundaran HI, sehingga tidak dilakukan evaluasi perbandingan antar lokasi. 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 ini diukur kandungan Black Carbon (BC) pada beberapa titik dengan alat pemantau hasil kerjasama dengan mitra strategis.

Selain analisis fluktuasi konsentrasi pencemar udara, dianalisis juga **kualitas udara per pekan**. Analisis kualitas udara harian per pekan dilakukan dengan pertimbangan bahwa aktivitas masyarakat kota pada umumnya berkaitan dengan aktivitas pekerjaan, sehingga perlu dilihat fluktuasi konsentrasi pencemar setiap hari selama sepekan. Pada sub bab ini konsentrasi pencemar udara dianalisis rata-rata diurnal setiap hari Senin sampai Minggu, untuk dilihat ada tidaknya perbedaan pola antara hari kerja dan hari libur.

Analisis kondisi meteorologi dilakukan untuk parameter meteorologi yang tercatat di setiap SPKUA, antara lain berupa suhu udara, kelembaban, radiasi global, arah dan kecepatan angin serta curah hujan. **Analisis musiman** adalah analisis berdasar parameter curah hujan dilakukan untuk melihat hubungan fluktuasi konsentrasi pencemar secara musiman (musim hujan 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 khususnya angin dilakukan menggunakan *RStudio* yaitu *windrose* dan *polar plot*.

3. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kondisi kualitas udara dianalisis menggunakan ISPU, sebuah nilai indeks yang menunjukkan kualitas udara di lokasi tertentu, dengan skala yang seragam di seluruh Indonesia. Hal ini dibuat agar mudah dipahami oleh masyarakat umum. Nilai indeks dan tatacara perhitungan ISPU merujuk kepada peraturan terbaru yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 14 Tahun 2020. Tata cara perhitungan ISPU dilampirkan (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 x dalam 1 bulan, bergantian antar wilayah. Wilayah Jakarta Pusat pelaksanaan HBKB sekaligus menyesuaikan dengan kegiatan Provinsi.

Data kualitas udara di lokasi HBKB Provinsi DKI Jakarta merupakan data yang terukur di SPKUA DKI1 Bundaran HI, karena pelaksanaan HBKB Jakarta Pusat itu sendiri adalah di sekitar Bundaran HI. Data hasil pemantauan dianalisis dengan cara membandingkan antara hari Minggu saat pelaksanaan HBKB dan hari Minggu non HBKB serta rata-rata Hari Kerja (Senin-Jum'at) serta Sabtu sebagai hari libur Non HBKB. Selanjutnya nilai rata-rata hasil pemantauan dibandingkan dengan nilai BMUA.

Kegiatan pembatasan kendaraan menggunakan plat nomor sesuai tanggal ganjil dan genap merupakan salahsatu upaya dalam mengendalikan pencemaran udara. Data jumlah kendaraan didapat dari sensor *traffic counting* milik Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, yang tersebar pada ruas jalan baik lokasi penerapan Gage maupun non-Gage. Pada 3 titik ruas jalan Gage terpasang pemantauan PM_{2.5} menggunakan *Low Cost Sensor* (LCS), selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan fluktuasi jumlah kendaraan di titik yang terdekat dengan LCS tersebut. Titik koordinat data *Traffic counting* terlampir (Lampiran...)

5. Analisis Model Sebaran Konsentrasi Pencemar Udara berdasarkan data SPKUA dan *Low Cost Sensor* (LCS)

Data hasil pemantauan SPKUA maupun dari LCS dibuat sebaran secara spasial antar waktu, menggunakan bantuan perangkat lunak *surfer*. Data pemantauan LCS mengukur konsentrasi PM_{2.5} dan diukur di 14 titik (**Tabel 2**).

6. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2021 – 2023)

Kondisi kualitas udara selama tahun 2021 – 2023 dianalisis trennya, dengan bantuan *Rstudio*. Tren yang dianalisis adalah data harian dan juga data bulanan.

7. Analisis Status Mutu Udara Ambien tahun 2023

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. Status mutu udara ambien daerah dihitung berdasar data hasil pemantauan kualitas udara di wilayah DKI Jakarta selama tahun 2023. Namun demikian, pada analisis status mutu udara ambien berdasar peraturan Menteri tersebut, belum ada pembobot untuk parameter PM_{2.5}, sehingga pada laporan ini diasumsikan bobot PM_{2.5} sama dengan PM₁₀, sebesar 2.

8. Analisis Penentuan Lokasi Pemantauan Menggunakan Mobile Monitoring

Berdasar hasil analisis dari berbagai data pemantauan, baik SPKUA DLH DKI, KLHK, BMKG, US Embassy, WRI dan LCS masih diperlukan penambahan lokasi pemantauan kualitas udara ambien, agar lebih representatif. Beberapa kondisi hasil analisis menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi dan waktu penambahan titik pantau menggunakan peralatan yang ada yaitu alat pemantauan bergerak (*mobile monitoring*).

1. Pertimbangan musim dan tingkat konsentrasi yang terukur
2. Pertimbangan sumber emisi penting termasuk parameter apa yang menjadi prioritas
3. Pertimbangan area perbatasan dengan wilayah administrasi lain yang potensial
4. Pertimbangan kualitas data selama pengukuran tahun 2023

Salah satu metode yang digunakan dapat melalui pemodelan. Pada kasus ini, hasil pemodelan HYSPLIT menjadi bahan pertimbangan utama didukung oleh sebaran pemantauan.

HASIL EVALUASI

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

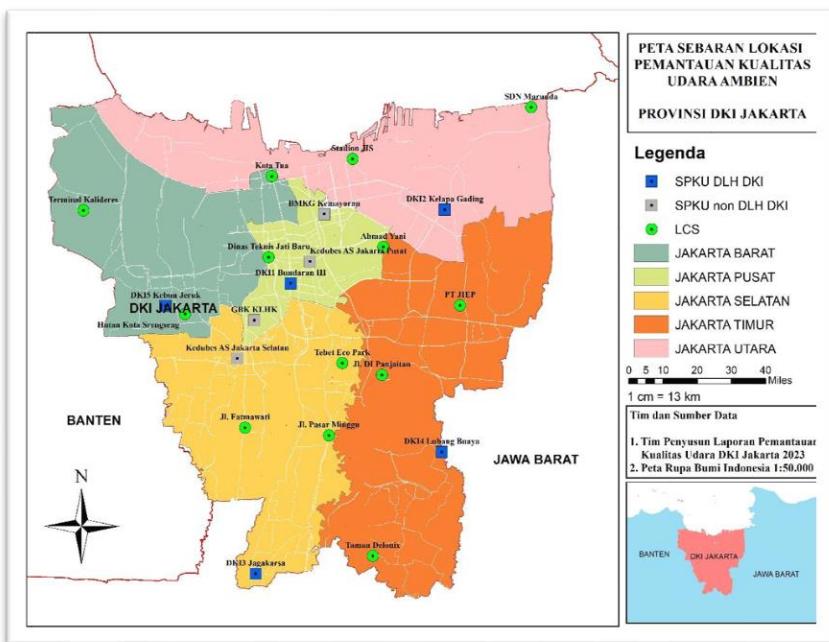
Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien di DKI Jakarta terdapat di 5 lokasi dibawah kewenangan DLH Provinsi DKI Jakarta, dengan masing-masing peruntukannya. Selain itu ada 4 stasiun pemantau tetap (*fix monitoring*) yaitu di Gelora Bung Karno (GBK) dibawah kewenangan KLHK, 2 lokasi dibawah kewenangan Kedutaan Besar Amerika Serikat (di Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan), dan di Kemayoran milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Kesembilan Stasiun Pemantau kualitas udara ambien tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Pada bulan November 2022 terdapat penambahan alat pemantauan berupa *Low Cost Sensor* di 14 titik lokasi yang ditampilkan pada Tabel 2. Peta posisi masing-masing SPKUA di wilayah DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 1 dan gambaran masing-masing SPKUA diuraikan pada sub bab selanjutnya.

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

No	Nama / Lokasi Stasiun/ Peruntukan	Koordinat	
		BT	LS
1	DKI1 / Bundaran HI –Jakarta Pusat / <i>roadside</i>	106.8235	-6.19466
2	DKI2 / Kelapa Gading-Jakarta Utara / kaw. komersil	106.91089	-6.15357
3	DKI3 / Jagakarsa – Jakarta Selatan / pemukiman	106.8037	-6.35693
4	DKI4 / Lubang Buaya – Jakarta Timur / campuran	106.9092	-6.28889
5	DKI5 / Kebon Jeruk – Jakarta Barat / pemukiman	106.75256	-6.207255
6	GBK / Gelora Bung Karno	106.802965	-6.215395
7	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Pusat)	106.834489	-6.182458
8	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Selatan)	106.793287	-6.236677
9	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kemayoran	106.842528	-6.155914

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

No	Nama Lokasi	Koordinat	
		BT	LS
1	Dinas Teknis Jatibaru	106.8111	-6.1800
2	Hutan Kota Srengseng	106.7638	-6.2118
3	JIEP	106.9196	-6.2070
4	JIS	106.8587	-6.1252
5	Jl. DI Panjaitan	106.8753	-6.2458
6	Jl. Fatmawati	106.7977	-6.2753
7	Jl. Pasar Minggu	106.8452	-6.2796
8	Kota Tua	106.8129	-6.1349
9	Pulau Pramuka	106.6130	-5.7447
10	SDN Marunda	106.9600	-6.0963
11	SPKU Kelapa Gading	106.9105	-6.1542
12	Taman Delonix	106.8701	-6.3469
13	Tebet Eco Park	106.8529	-6.2392
14	Terminal Kalideres	106.7061	-6.1540

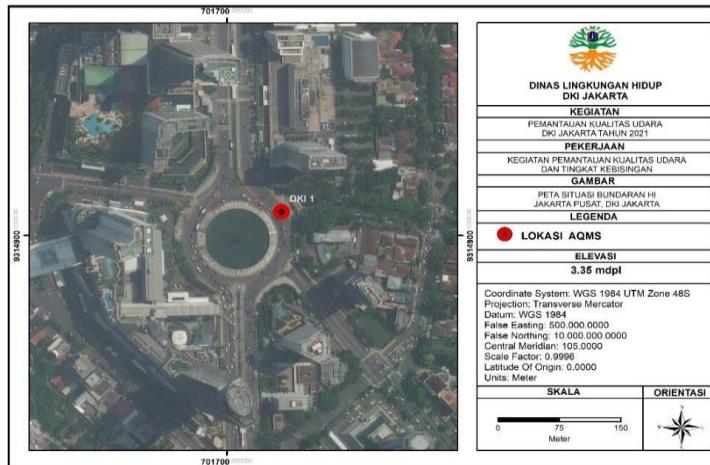


Gambar 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta (tanpa Kepulauan Seribu)

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 partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, O₃, CH₄, NMHC, dan THC.

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). Berbatasan dengan SPKUA, terdapat vegetasi tanaman di sebelah Timur dan Timur Laut, serta badan air di pusat bundaran yang dapat memengaruhi kondisi iklim mikro di sekitarnya. Namun demikian lanskap berupa jalan aspal dan bangunan tinggi berdinding kaca lebih mendominasi, sehingga dapat memengaruhi kondisi suhu udara di sekitar lokasi Bundaran HI.



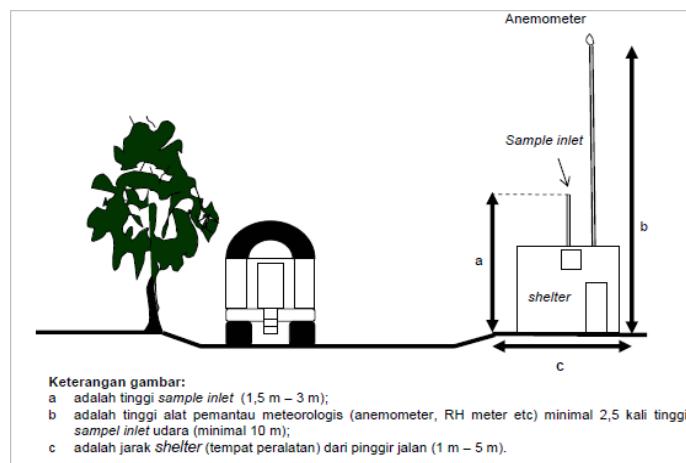
Gambar 2 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat (Sumber: Googlemap 2021)

Keberadaan vegetasi yang mulai meninggi perlu diperhatikan, karena dapat memengaruhi data meteorologi yang terukur, khususnya radiasi matahari. 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 SPKUA DKI1 Bundaran HI di lapangan ditunjukkan pada Gambar 3.



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

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, di sisi lain kondisi ini membantu data kualitas udara, karena yang terukur kemungkinan besar adalah data emisi dari lalu lintas di sekitar Bundaran HI saja, sehingga data tersebut cukup merepresentasikan data *roadside* di sekitar Bundaran HI.



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

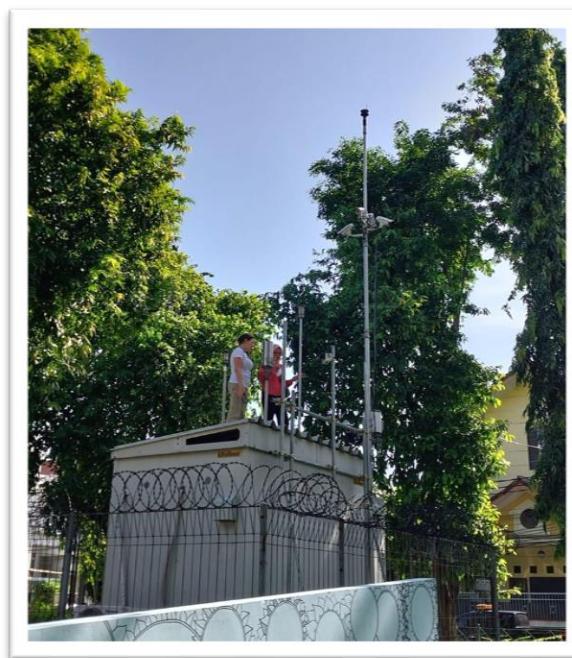
1.2. SPKUA DKI2 Kelapa Gading

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 partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.

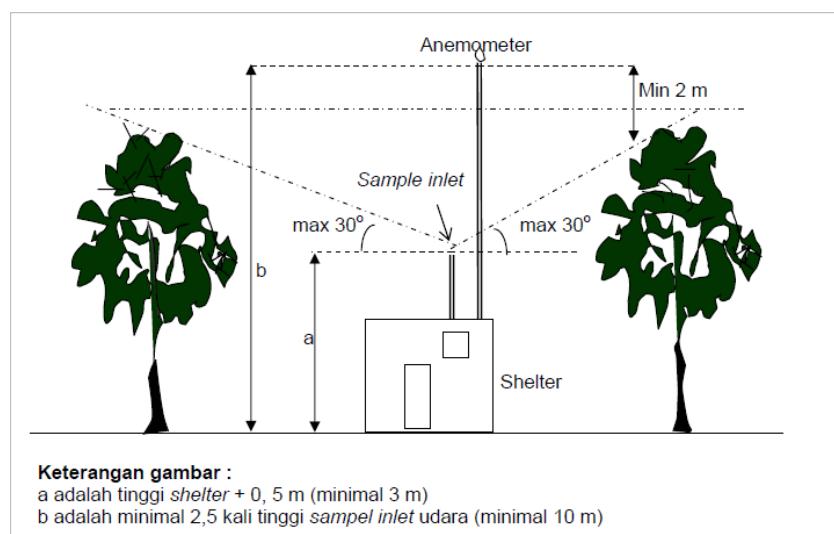


Gambar 5 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021)

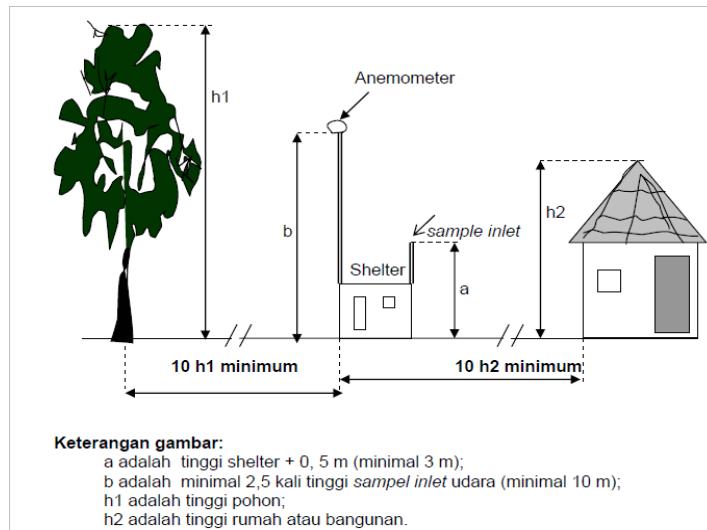
Hasil survei ke lokasi didapatkan bahwa bangunan SPKUA dikelilingi vegetasi yang cukup dekat dengan sensor alat pengukuran (Gambar 6). Selain itu terdapat bangunan-bangunan yang cukup tinggi dengan jarak dekat, yang dapat memengaruhi aliran udara di sekitar SPKUA. Hal ini akan memengaruhi hasil pengukuran 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 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.



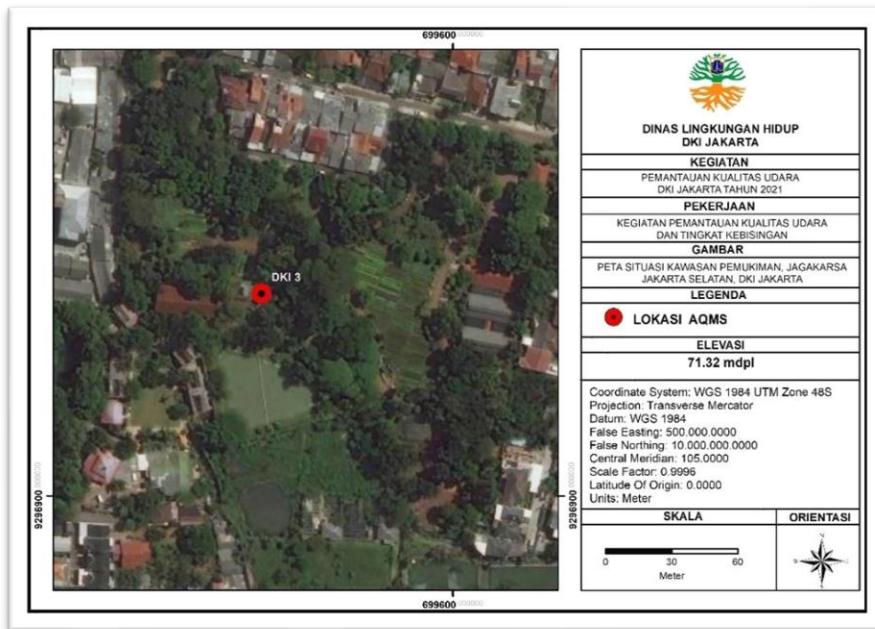
Gambar 9 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading terhadap aktivitas lainnya di wilayah Jakarta Utara seperti industri (lingkaran biru) dan jalan tol (panah hijau) (Sumber: Googlemap 2023)

1.3. SPKUA DKI3 Jagakarsa

Posisi SPKUA DKI3 berada di Jagakarsa, Jakarta Selatan, dan memiliki ketinggian 71.23 m dpl. Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 selain dekat pemukiman juga berada di lokasi kebun pembibitan milik Dinas Pertamanan. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.

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 merokok di sekitar SPKUA.

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).



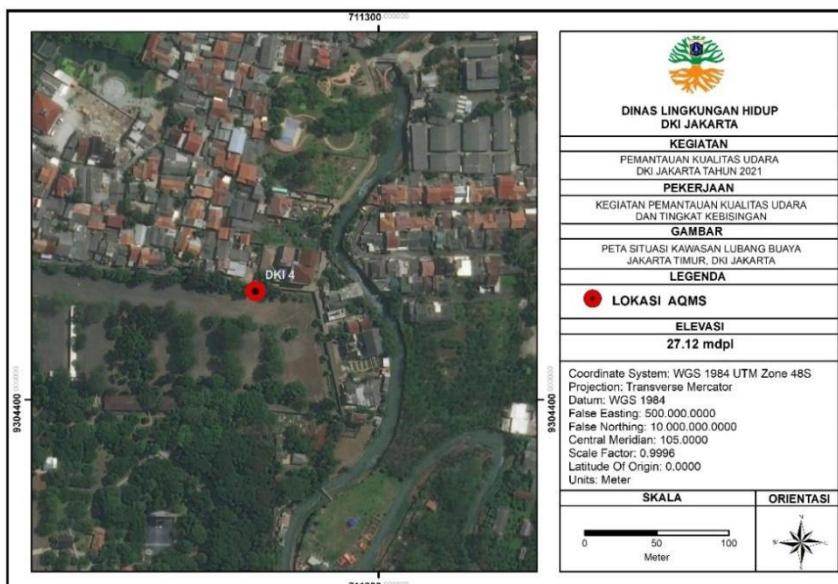
Gambar 10 Kondisi SPKUA DKI3 (Jagakarsa Jakarta Selatan)



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, tetapi berada tepat di pinggir pagar yang membatasinya dengan jalan (Gambar 12). Pemukiman terdapat di sebelah utara stasiun, terhalang oleh pagar dan jalan. Parameter yang diukur di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.



Gambar 12 Kondisi SPKUA DKI4 (Lubang Buaya Jakarta Timur)

Di samping kanan SPKUA DKI4 masih terdapat pepohonan yang tinggi dan melebihi ketinggian sensor dengan jarak sangat dekat (Gambar 13a). Hal ini dapat memengaruhi data yang terukur terutama kecepatan angin serta radiasi matahari. Tahun 2021 sudah dilakukan pemeliharaan dengan menebang dahan pohon yang mendekati sensor pemantau, namun masih ada yang cukup dekat dan ketinggian melebihi sensor, terutama di sebelah Timur alat pemantau. Kondisi lain di sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya yang memiliki potensi memengaruhi konsentrasi pencemar udara yang terukur adalah kendaraan yang datang dan parkir di halaman (di sebelah selatan posisi SPKUA), aktivitas masyarakat yang berbatasan dengan pagar, baik kendaraan yang melewati jalan, aktivitas pembakaran sampah, maupun adanya aktivitas lain seperti pembakaran arang batok kelapa, yang berada sekitar 225 m ke arah Tenggara dari posisi SPKUA. Selain itu dekat area parkir Pancasila Sakti Monumen (Gambar 13b).

Aktivitas lain yang dapat memengaruhi adalah bis-bis wisata yang melakukan kunjungan, maupun kegiatan lain seperti kegiatan peringatan G30S PKI dan Hari Kesaktian Pancasila. Kegiatan ini dilengkapi dengan genset-genset dan juga aktivitas kendaraan lain, sehingga emisinya dapat terukur oleh alat pemantau kualitas udara, sehingga memengaruhi data konsentrasi pencemar.



(a)



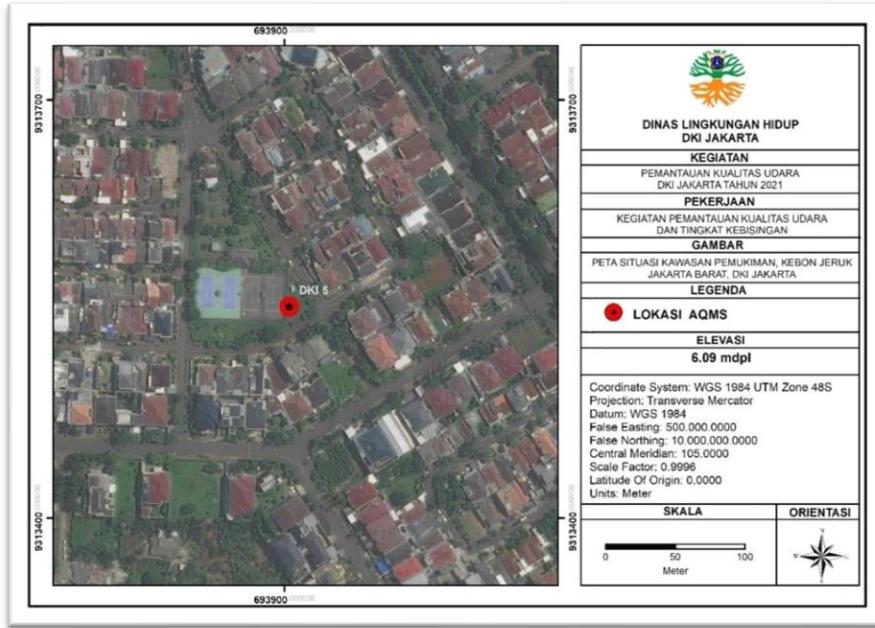
(b)

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, juga berada pada posisi 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 partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, dan O₃.

Berdasar 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, dikelilingi perumahan penduduk dengan ketinggian maksimal 2 lantai.



Gambar 14 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat (Sumber: Googlemap 2021)



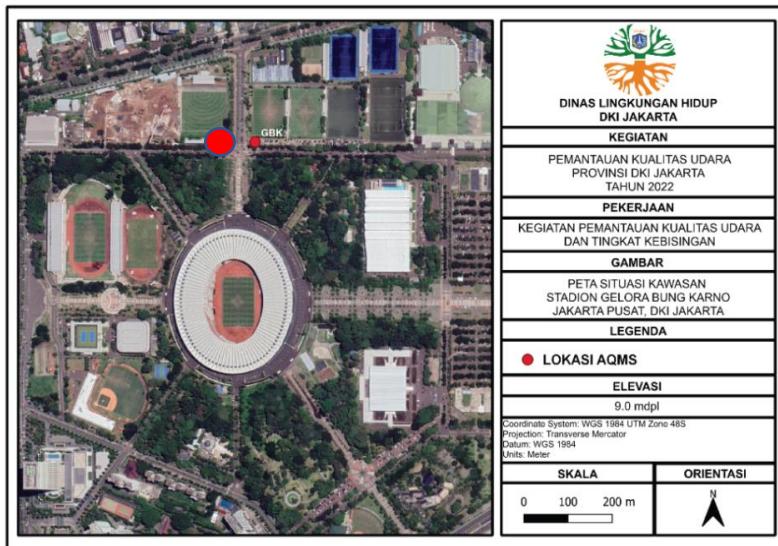
Gambar 15 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat. Lapangan olahraga di sebelah kanan SPKUA dalam foto ini (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, 2023)

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

1.6.1. 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 , dengan periode data 30 menit. Posisi lokasi pemantauan di GBK ditunjukkan pada Gambar 16, berdekatan dengan jalan raya dan sekaligus perempatan. Kondisi sekitar lokasi pemantauan kualitas udara di GBK ditunjukkan pada Gambar 17, cukup terbuka, ada vegetasi tetapi

tidak terlalu dekat dengan sensor pemantauan. Posisi stasiun dekat terhadap jalan raya akan berpotensi tingginya konsentrasi pencemar dari emisi kendaraan bermotor.



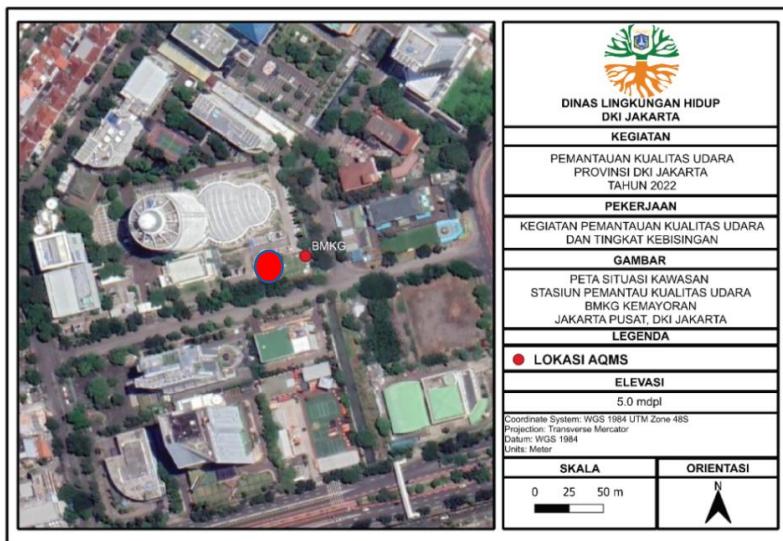
Gambar 16 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah



Gambar 17 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK (Dokumentasi DLH 2021)

1.6.2. 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 18). 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 19. Parameter pencemar yang diolah dalam laporan ini hanya partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dengan periode data per jam.



Gambar 18 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran



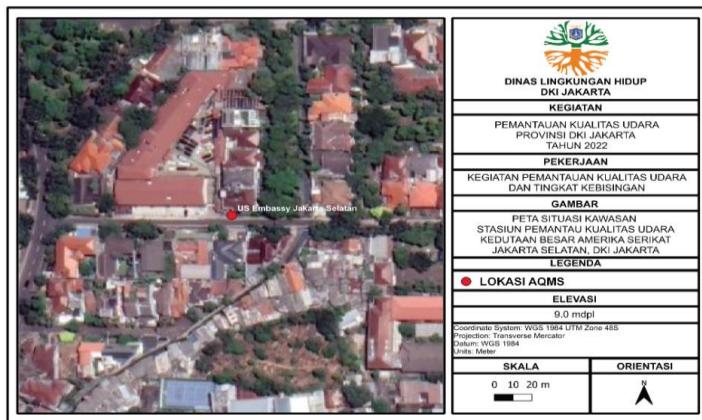
Gambar 19 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran (a) posisi terhadap gedung utama (b) posisi terhadap vegetasi di sekitarnya (Sumber: Dokumen Tim DLH)

1.6.3. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Kedutaan Besar Amerika Serikat

Lokasi pemantauan yang dilakukan oleh Kedutaan Besar Amerika Serikat (US Embassy) terletak pada 2 titik yaitu di dekat Tugu Patung Tani untuk lokasi Jakarta Pusat dan di Jalan Hang Jebat untuk lokasi Jakarta Selatan. Parameter yang dipantau hanya PM_{2.5}, dengan periode data per jam. Lokasi Tugu Patung Tani sangat berdekatan dengan jalan raya utama yang cukup ramai dilalui kendaraan bermotor (Gambar 20), sedangkan di Jalan Hang Jebat merupakan jalan raya yang lebih kecil, dan merupakan pemukiman penduduk (Gambar 21).



Gambar 20 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat (sekitar Tugu-Tani - lingkaran merah) dan posisi penempatan alat



Gambar 21 Lokasi pemantauan kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan

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

Pada tahun 2023 WRI menempatkan alat pemantauan di 3 lokasi, yaitu Marunda (dekat dengan lokasi LCS), Kantor Walikota Jakarta Barat dan Kantor Walikota Jakarta Timur. Gambaran Lokasi terlampir (Lampiran....). Posisi pemantauan di Kantor Walikota Jakarta Timur terletak di atap Gedung sehingga sangat terbuka, suhu udara dipengaruhi juga oleh lantai beton yang tinggi, dan angin relative lebih kencang.

2. Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi

Data kualitas udara yang dianalisis adalah data dari SPKUA milik DLH DKI Jakarta, serta data dari pemantau di luar DLH DKI Jakarta, yaitu BMKG (Kemayoran), KLHK (GBK), dan 2 pemantau milik US Embassy (Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat), serta alat *Low Cost Sensor* (LCS) yang dipasang di 14 lokasi. Pada akhir bulan September terdapat tambahan pengukur PM2.5 dengan alat dari WRI di 3 lokasi yaitu Marunda, Jakarta Barat dan 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. Lokasi Marunda mulai ada inisiasi pemantauan pada bulan Februari dan Juni untuk periode tertentu saja.

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

Konsentrasi pencemar udara pada tahun 2023 di SPKUA milik DLH Provinsi DKI Jakarta memiliki nilai yang beragam. Rata-rata harian polutan PM10, PM2.5 dan O₃ selama tahun 2023 menunjukkan nilai melebihi BMUA 1 tahun sesuai PP No 22 tahun 2021 Lampiran VII, sedangkan SO₂ melebihi BMUA 1 tahun untuk lokasi DKI Bundaran HI dan DKI3 Jagakarsa. Parameter NO₂ dan CO tidak melebihi BMUA 1 tahun.

Merujuk kepada nilai *Air Quality Guideline* WHO (AQG WHO), konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ dan PM_{2.5} tahun 2023 di semua SPKUA sudah melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021). Sementara itu, konsentrasi rata-rata harian SO₂ di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa sudah melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021). Konsentrasi rata-rata harian CO di semua SPKUA tidak ada yang melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021). Pada AQG WHO tidak ada parameter CO dan SO₂ untuk tahunan. Parameter Ozon, hanya di DKI5 Kebun Jeruk, konsentrasi rata-rata harian melampaui nilai AQG WHO, tapi tidak ada nilai tahunan, yang ada adalah *peak season*. Selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 3**.

Data 5 SPKUA menunjukkan rata-rata harian PM₁₀ tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading 69 µg/m³. Walaupun pada Tabel 3, nilai tertinggi data rata-rata harian PM₁₀ adalah di DKI4 Lubang Buaya menunjukkan nilai 78 µg/m³, di atas nilai BMUA 24 jam nasional namun data yang digunakan untuk analisis tidak lengkap (kurang dari 80%). Alat ukur PM10 di DKI4 Lubang Buaya mengalami kerusakan pada periode akhir Maret-awal September, sehingga hasil harian tidak menunjukkan nilai sebenarnya.

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya 53 µg/m³ masih sedikit di bawah nilai BMUA 24 jam sebesar 55 µg/m³. Konsentrasi terendah di DKI5 Kebon Jeruk, namun data tidak lengkap (kurang dari 80%). Data konsentrasi PM_{2.5} di DKI5 Kebon Jeruk tidak lengkap karena kerusakan alat sejak November 2022 hingga awal September 2024.

Pencemar SO₂ tertinggi tercatat di DKI3 Jagakarsa sebesar 56 µg/m³ namun masih di bawah nilai BMUA 24 jam, terendah di DKI5 Kebon Jeruk sebesar 26 µg/m³. Karbonmonoksida (CO) tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya, terendah di DKI2 Kelapa Gading. Sementara itu, Ozon (O₃) tertinggi terukur di DKI5 Kebon Jeruk sebesar 133 µg/m³ di atas BMUA 8 jam sebesar 100 µg/m³, terendah terukur di DKI4 Lubang Buaya. Ozon dihitung nilai rata-rata harian dalam periode

waktu pukul 06.00-18.00 WIB sesuai PP 22 tahun 2021 Lampiran VII.

Nitrogen dioksida (NO_2) bernilai tertinggi di DKI1 Bundaran HI, sementara terendah di DKI3 Jagakarsa.

Tabel 3 Data konsentrasi rata-rata harian pencemar udara Januari - Desember tahun 2023

Parameter	Konsentrasi rata-rata harian ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					BMUA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	AQG WHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk		
PM10	59	69	64	78***	48	40	15
PM2.5	36	36	35	53	38	15	5
SO2	47	41	56	36	26	45	
CO*	840	635	688	1258	1101	-	
O3*	80	99	79	74	133	35	60*
NO2	42	36	16	25	25	50	10
NO	19	8	6	14	7		
NOx (ppb)	35	23	12	23	17		
THC (ppmC)	3						
NMHC (ppmC)	2						
CH4 (ppm)	2						

BMUA : PP 22 Tahun 2021

Keterangan : *) CO dan O3 rata-rata harian dalam 8 jam sesuai dengan rujukan pada BMUA

**) Nilai BMUA 8 jam

***) Data tidak lengkap

Fluktuasi setiap parameter diuraikan pada sub-sub bab berikutnya. 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.

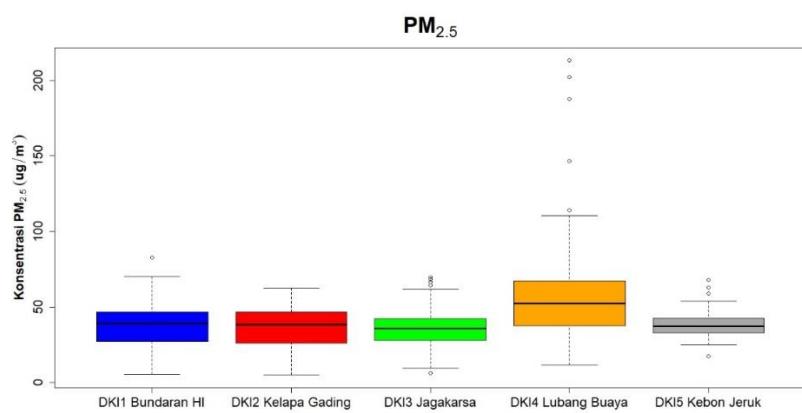
2.1.1. Partikulat (*Particulate Matter – PM*)

Partikulat atau partikel, merupakan salah satu bentuk pencemar udara, yang juga dikenal masyarakat umum sebagai debu. Menurut WHO (2006), partikulat adalah pencemar udara yang terdiri dari campuran partikel padat dan cair yang terlarut di udara. Berdasarkan ukurannya, partikel diklasifikasikan menjadi TSP (*Total Suspended Particulate*), PM_{10} (partikel dengan ukuran diameter kurang dari $10 \mu\text{m}$), dan $\text{PM}_{2.5}$ (partikel dengan ukuran diameter kurang dari $2.5 \mu\text{m}$). Selain itu, dikenal juga istilah *coarse particles* (partikel dengan ukuran $2.5 - 10 \mu\text{m}$) dan *ultrafine particles* (partikel dengan ukuran diameter kurang dari $0.1 \mu\text{m}$). 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. Pada pemantauan kualitas udara ambien di DKI Jakarta, yang diukur adalah PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$. Menurut Wu *et al.* 2017, konsentrasi partikulat khususnya $\text{PM}_{2.5}$ yang tinggi pada malam hari dapat meningkatkan intensitas *Urban Heat Island* (UHI).

2.1.1.1. 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 tahun 2023 sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Analisis *boxplot* dapat memberikan gambaran kisaran nilai serta data penciran yang didapatkan. Kisaran data di setiap lokasi pemantauan dapat terlihat pada grafik *boxplot* (Gambar 22). Konsentrasi minimum relatif sama antar lokasi, namun konsentrasi maksimum sangat berbeda besarnya. DKI2 Kelapa Gading dan DKI1 Bundaran HI menunjukkan data yang hampir sama sebarannya. Kisaran nilai terbesar dan nilai median tertinggi terdapat di DKI4 Lubang Buaya, hal ini menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} di lokasi tersebut sangat fluktuatif. Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, di DKI5 Kebon Jeruk alat pengukur PM_{2.5} mengalami kerusakan sehingga data tidak tersedia



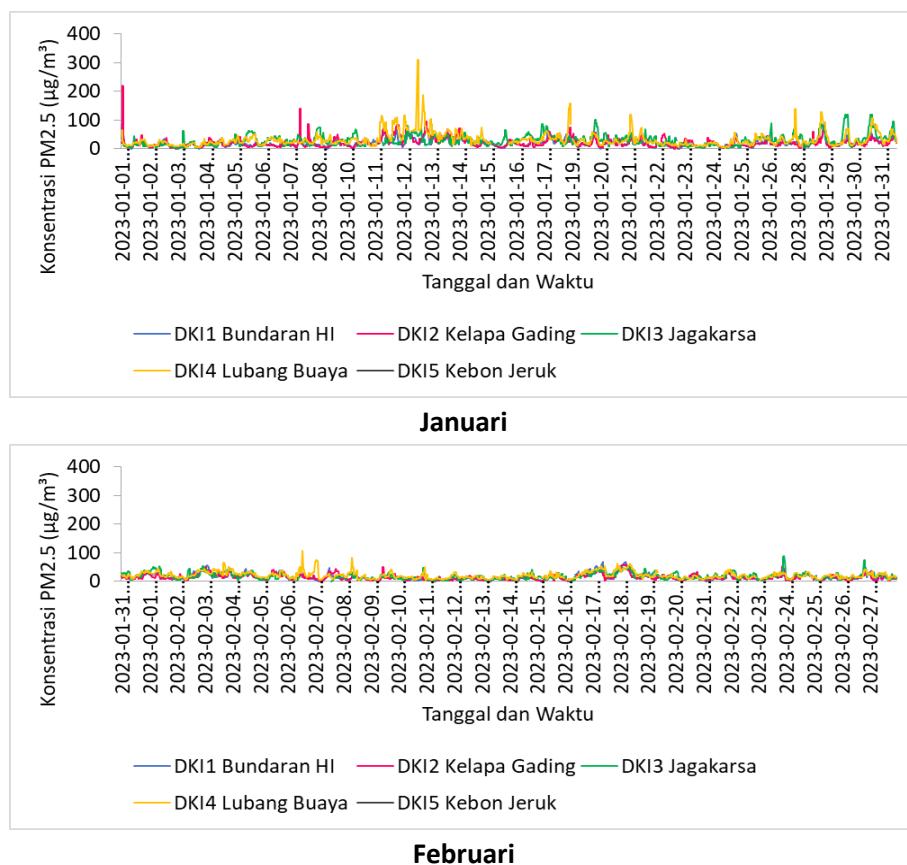
Gambar 22 Kisaran konsentrasi PM_{2.5} harian antar lokasi pemantauan tahun 2023

Fluktuasi Konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit

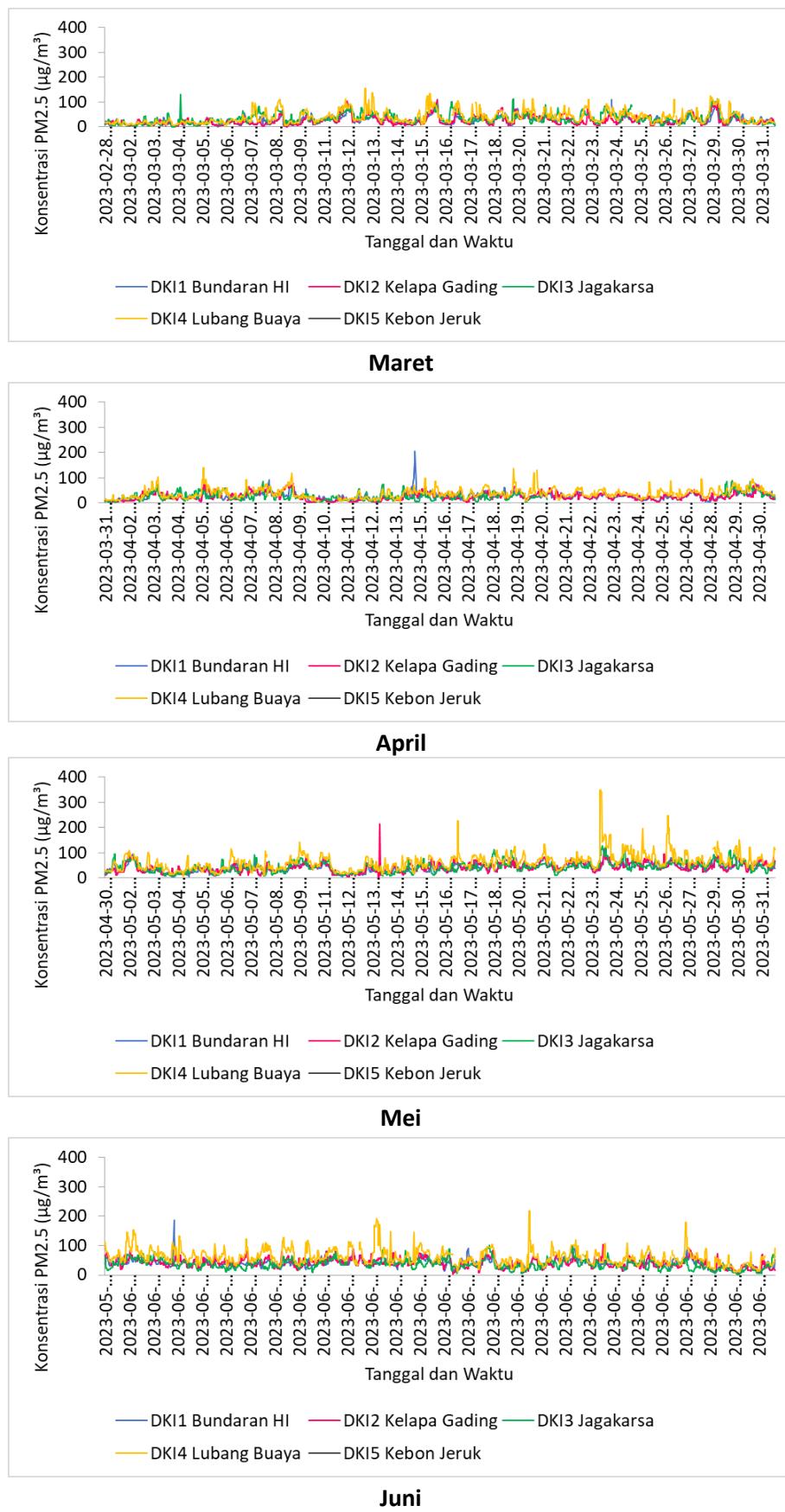
Konsentrasi PM_{2.5} yang terukur antar waktu sangat fluktuatif, namun demikian pola fluktuasinya hampir sama antar lokasi, terlihat bahwa ketika terjadi peningkatan konsentrasi, maka di semua lokasi juga terdapat peningkatan, walaupun besar peningkatan tidak sama. Sehingga dari Gambar 23 bisa dilihat pergerakan grafik naik dan turun antar SPKUA relatif bersamaan. Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi hasil pengukuran per 30 menit tahun 2023 adalah 985 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan September di DKI4 Lubang Buaya. Nilai konsentrasi tersebut jauh dari nilai rata-rata, karena adanya kegiatan di sekitar SPKUA Lubang Buaya, yaitu kegiatan upacara yang dilengkapi dengan beberapa

kendaraan dan genset, sehingga partikulat yang diukur meningkat tiba-tiba. Secara umum konsentrasi PM_{2.5} hasil pengukuran per 30 menit tertinggi terjadi di DKI4 Lubang Buaya dengan peningkatan tertinggi pada bulan Juli hingga Oktober.

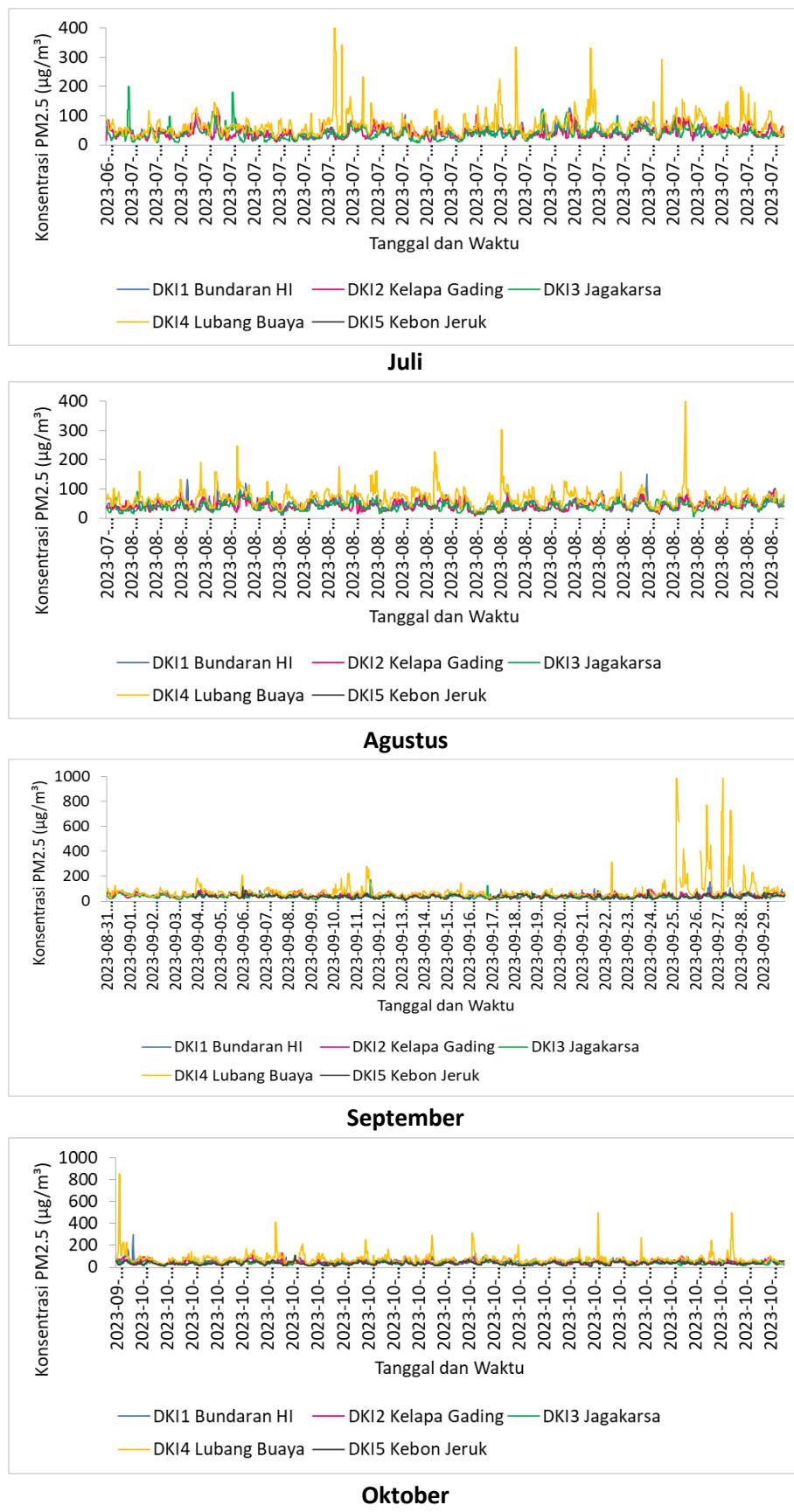
Peningkatan konsentrasi pencemar dalam hal ini PM_{2.5} dapat diakibatkan oleh faktor meteorologi yaitu tidak ada hujan selama beberapa hari. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada sub-bab analisis faktor meteorologi. Peningkatan konsentrasi pencemar bisa juga terjadi akibat adanya sumber emisi sesaat, sebagai contoh data tanggal 1 Januari pukul 01.30 WIB terukur konsentrasi PM_{2.5} lebih dari 200 µg/m³ yang kemungkinan berkaitan dengan aktivitas perayaan malam tahun baru di sekitar SPKUA DKI2 Kelapa Gading. Selain itu, tanggal 26-28 September terukur konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit hingga mencapai lebih dari 900 µg/m³ dan tanggal 1 Oktober konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit mencapai lebih dari 850 µg/m³ di DKI4 Lubang Buaya, kemungkinan adanya kunjungan ke monumen Lubang Buaya dalam rangka peringatan hari kesaktian Pancasila. Penurunan konsentrasi PM_{2.5} terjadi memasuki bulan November dan Desember.



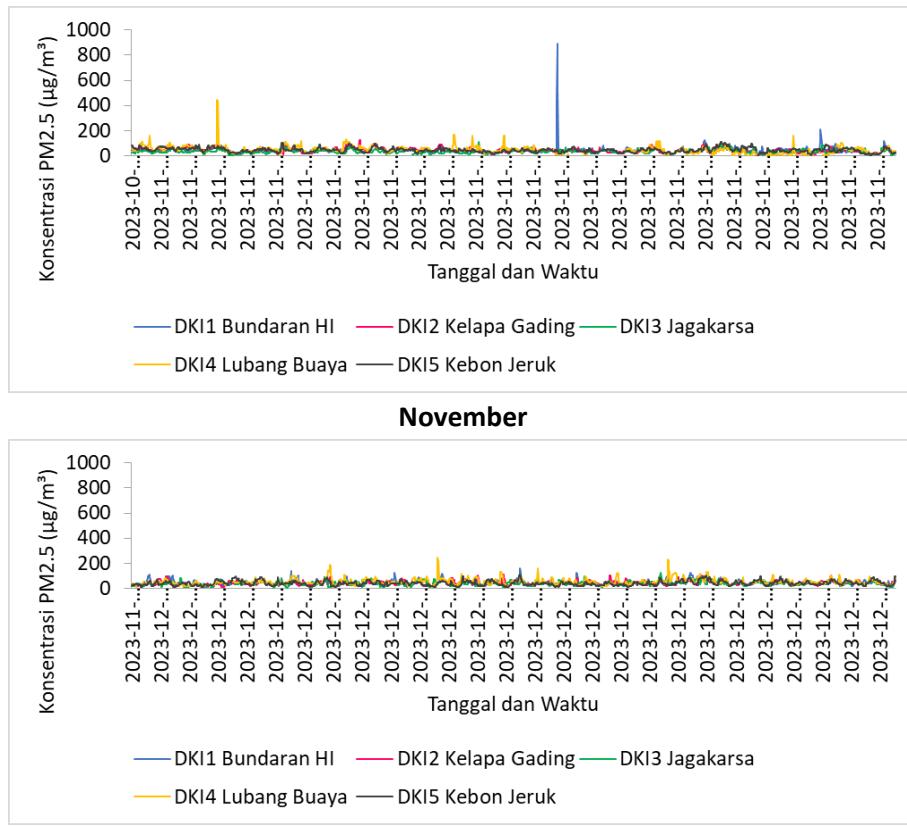
Gambar 23 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2023



Gambar 23 lanjutan Fluktiasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2023



Gambar 23 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2023



Gambar 23 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2023

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

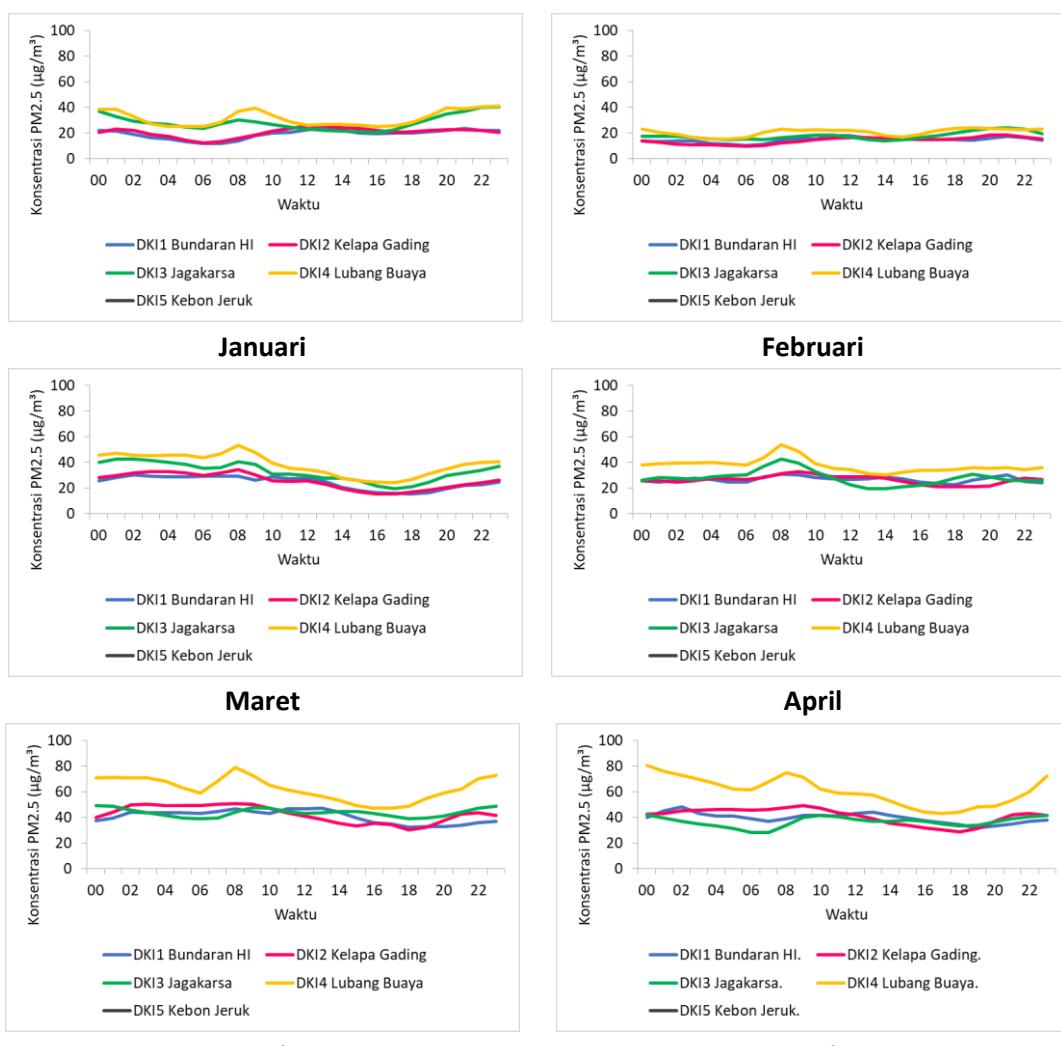
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} akan sangat dipengaruhi oleh jumlah sumber emisi, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan *precursor* untuk pembentukan partikulat sekunder. Di perkotaan, sumber emisi primer PM_{2.5} adalah kendaraan bermotor berupa emisi langsung dari knalpot kendaraan bermotor, 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 (*roadside*). Oleh karena itu dilakukan analisis fluktuasi diurnal, berdasar data rata-rata tiap jam.

Konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) menunjukkan peningkatan konsentrasi PM_{2.5} pada pukul 07.00-08.00 relatif menurun pada siang hari, namun memasuki musim kemarau, menjelang siang konsentrasi PM_{2.5} tidak mengalami penurunan (Gambar 24). Pada pukul 07.00-10.00 WIB terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA, dengan waktu yang berbeda-beda, peningkatan signifikan terukur di DKI4 Lubang Buaya. Pada malam hari terjadi peningkatan kembali konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA, tertinggi di DKI4 Lubang Buaya.

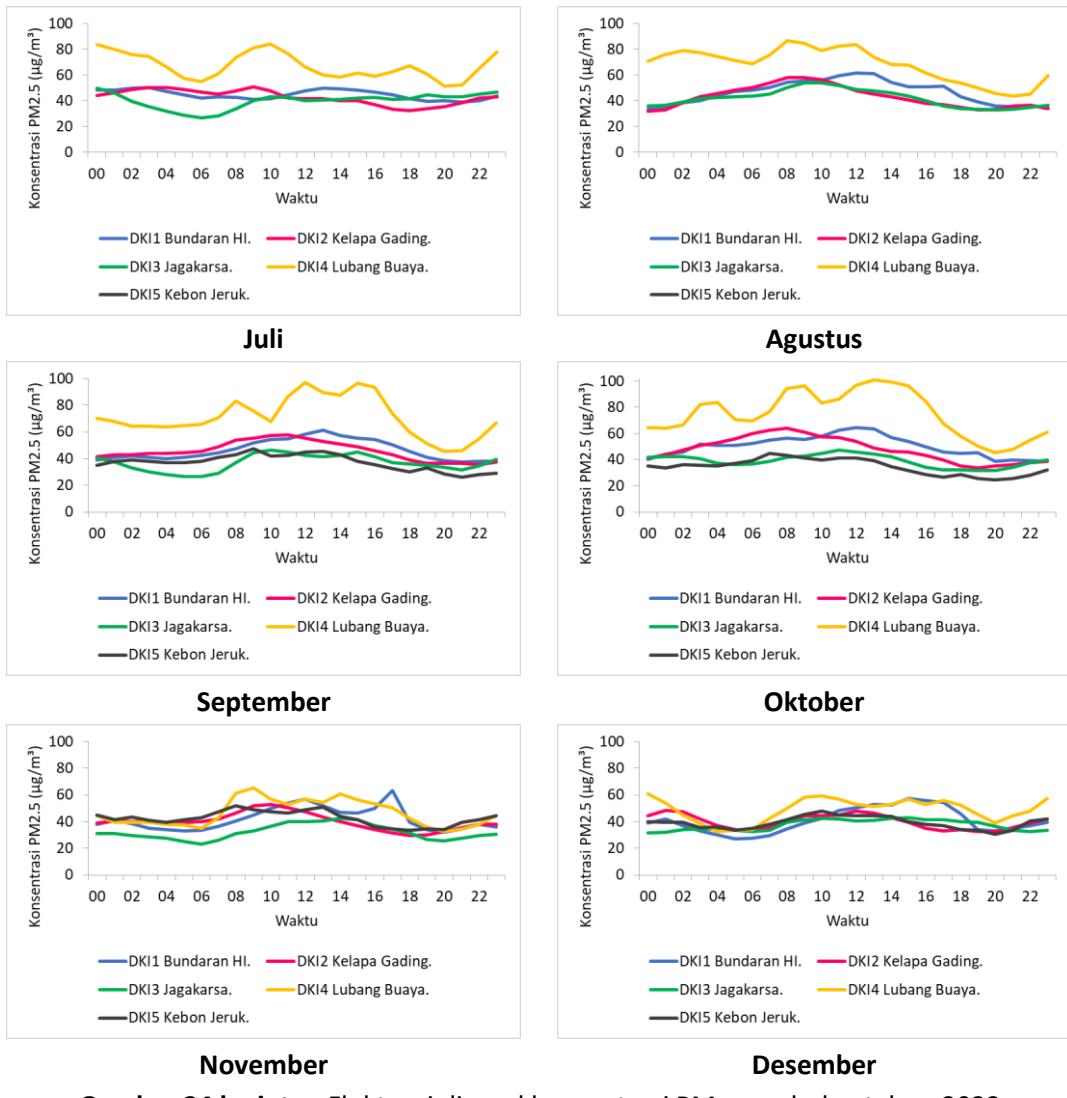
Peningkatan sesaat pada pagi hari bersamaan dengan mulainya aktivitas masyarakat sekitar berangkat bekerja atau pun sekolah, sehingga dipengaruhi sumber emisi berupa kendaraan bermotor di sekitar lokasi pemantauan. Pada malam hari peningkatan konsentrasi partikulat dapat terjadi dengan pengaruh stabilitas 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 Februari, fluktuasi diurnal tidak terlalu besar, bersamaan dengan kondisi cuaca memasuki puncak hujan. Curah hujan tinggi pada bulan Februari 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 24 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2023

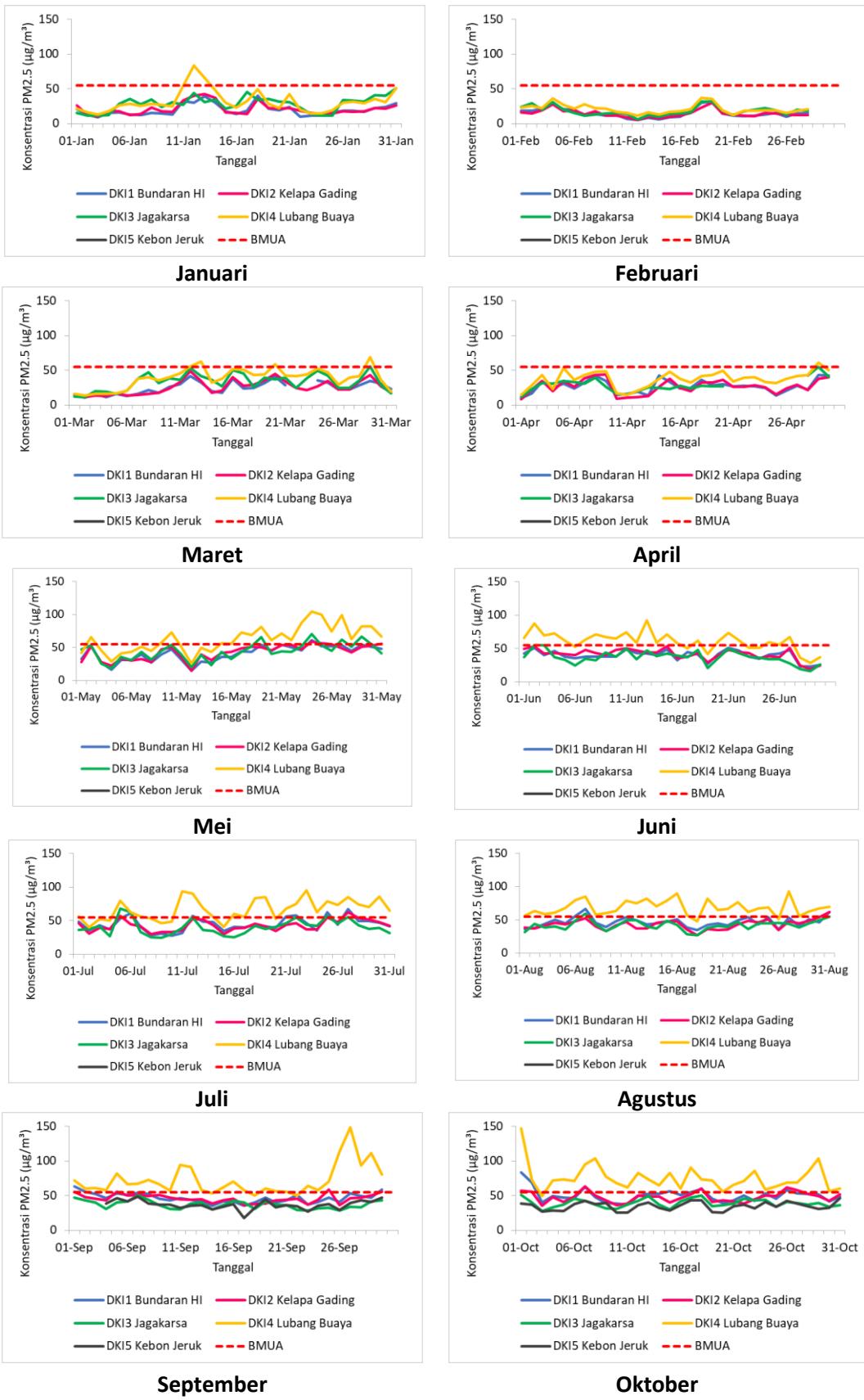


Gambar 24 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} per bulan tahun 2023

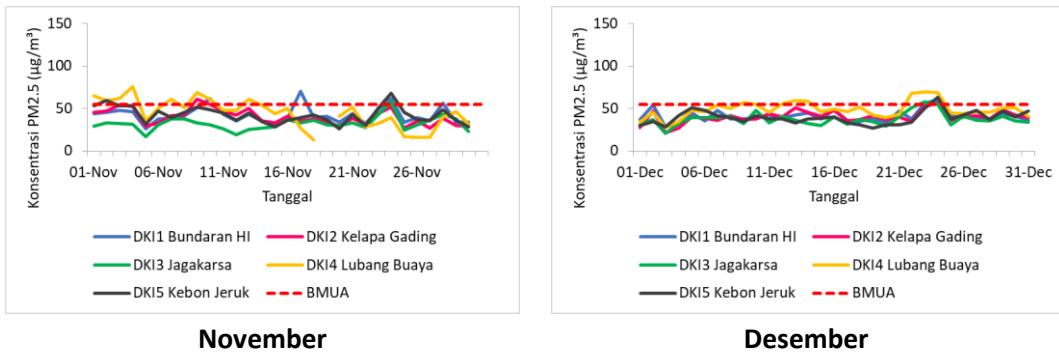
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dan perbandingan dengan nilai baku mutu (BMUA)

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 µg/m³.

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam di DKI Jakarta pada bulan Januari – Desember 2023 ditampilkan pada Gambar 25. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama di 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 September ($> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) terutama di SPKU Lubang Buaya. Kondisi ini bersamaan dengan peningkatan aktivitas di sekitar pemantauan menjelang peringatan Hari Kesaktian Pancasila. **Fluktuasi rata-rata harian di DKI4 Lubang Buaya memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan SPKUA lain**, hal ini memerlukan penelaahan lebih lanjut terkait sumber-sumber emisi yang berkontribusi.

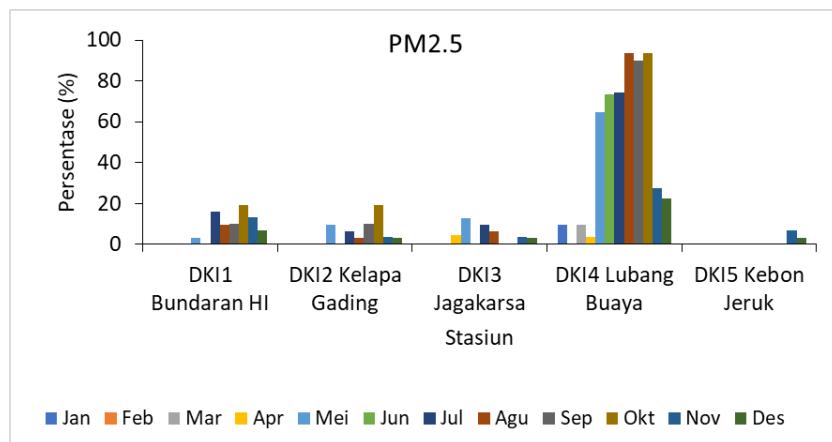


Gambar 25 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian antar bulan tahun 2023



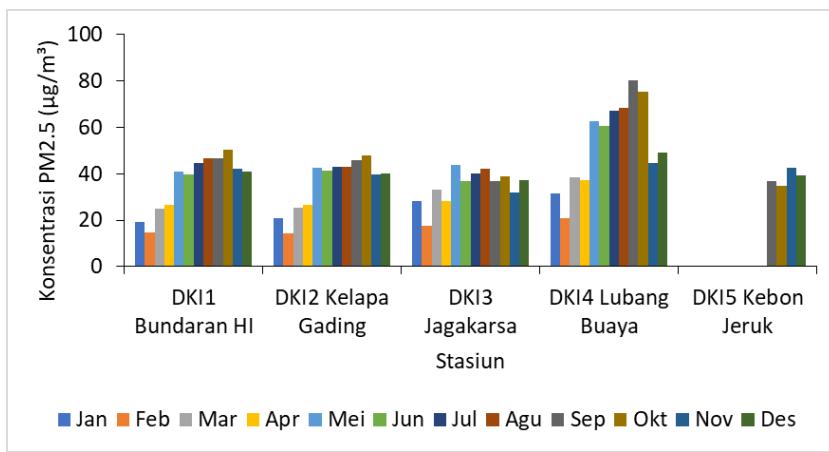
Gambar 25 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian antar bulan tahun 2023

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 DKI4 Lubang Buaya, bulan Agustus-Oktober mencapai lebih dari 90%. Pada umumnya persen hari yang melebihi nilai BMUA 24 jam tidak terdapat di bulan Januari kecuali di DKI4 Lubang Buaya. Bulan Februari tidak ada hari yang melampaui nilai BMUA 24 jam, hal ini berkaitan dengan kondisi cuaca, pada bulan Februari yang merupakan puncak musim hujan di Jakarta dan sekitarnya. Di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk data kosong, sehingga tidak masuk dalam perhitungan.



Gambar 26 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 µg/m³)

Berdasar rata-rata konsentrasi harian PM_{2.5} per bulan, dari Januari hingga Oktober di semua lokasi pemantauan menunjukkan peningkatan. Peningkatan terbesar terjadi pada bulan September, kecuali di DKI3 Jagakarsa peningkatan terbesar terjadi pada Bulan Agustus. Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} tertinggi setiap bulan pada umumnya hampir sama, namun di DKI4 Lubang Buaya memasuki bulan Mei jauh di atas SPKUA lain (Gambar 27). Konsentrasi rata-rata harian pada bulan Februari menjadi yang paling rendah di semua lokasi.

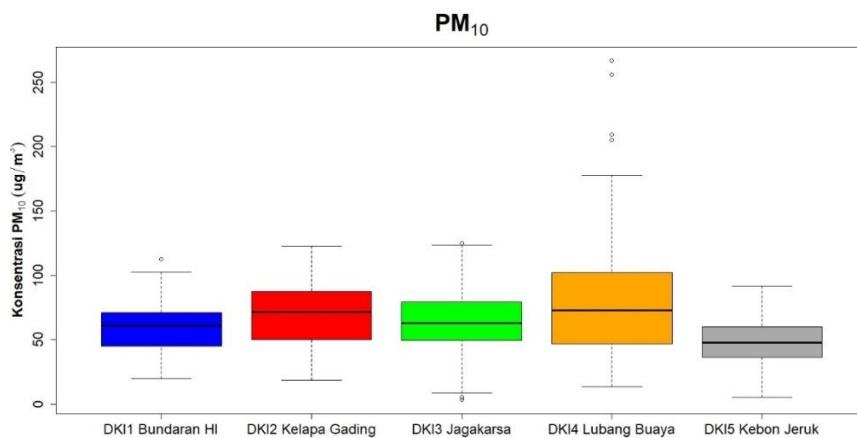


Gambar 27 Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} per bulan tahun 2023 pada tiap SPKUA

2.1.1.2. PM₁₀

Partikulat berupa PM₁₀ di perkotaan dapat berupa bangkitan debu dari 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 µg/m³ dapat meningkatkan resiko kematian sebesar 0.5%, sementara konsentrasi rata-rata harian 150 µg/m³ dapat meningkatkan resiko kematian sebesar 5%.

Data konsentrasi PM₁₀ harian hasil pemantauan pada bulan Januari - Desember 2023 menunjukkan kisaran terbesar terdapat di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 28), dan terdapat beberapa data penculan. Nilai median tertinggi terukur di DKI2 Kelapa Gading, dan nilai median terendah tercatat di DKI5 Kebon Jeruk. Parameter PM₁₀ di DKI4 Lubang Buaya pada akhir bulan Maret hingga awal September tidak terukur karena kerusakan alat.

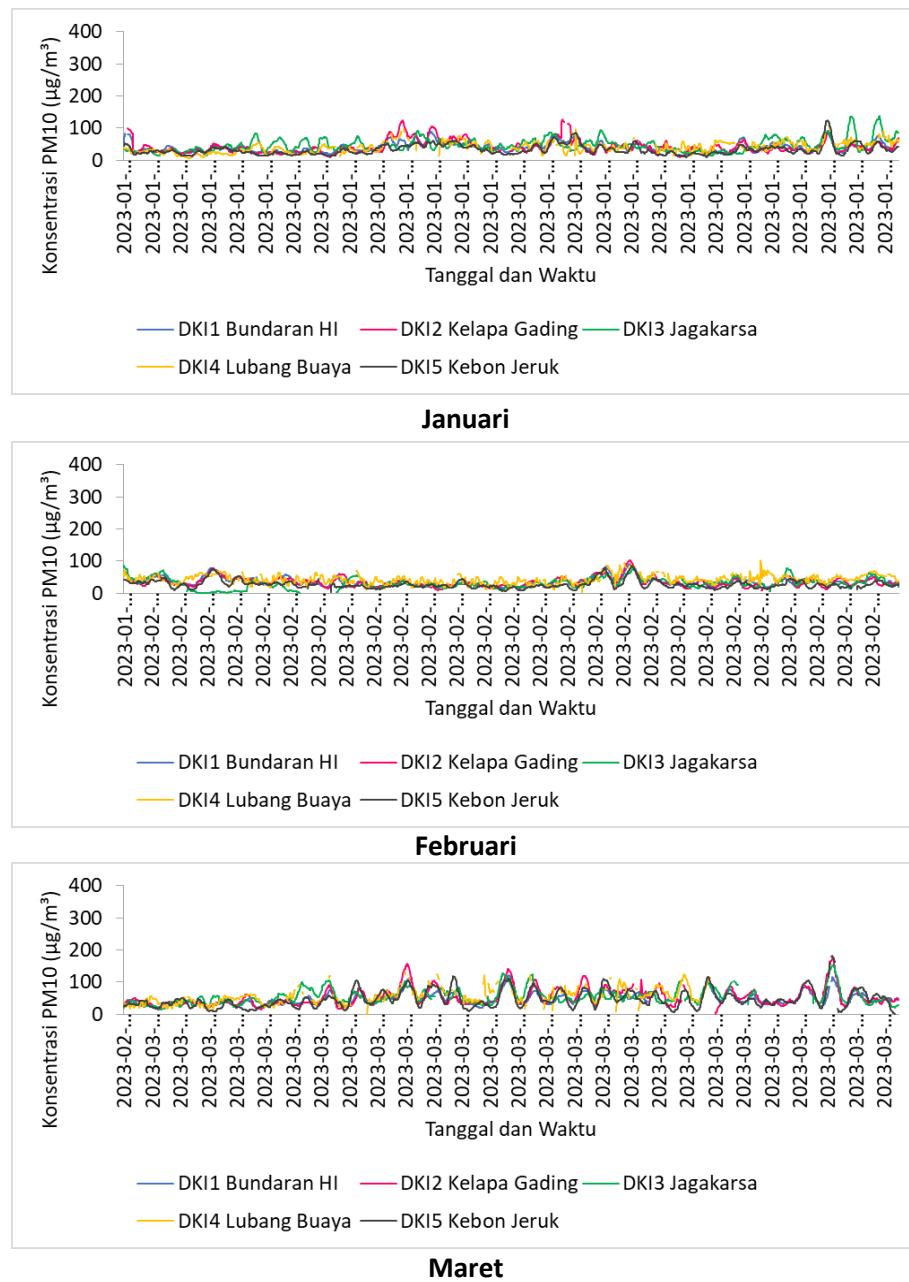


Gambar 28 Kisaran nilai konsentrasi PM₁₀ harian antar lokasi pemantauan tahun 2023

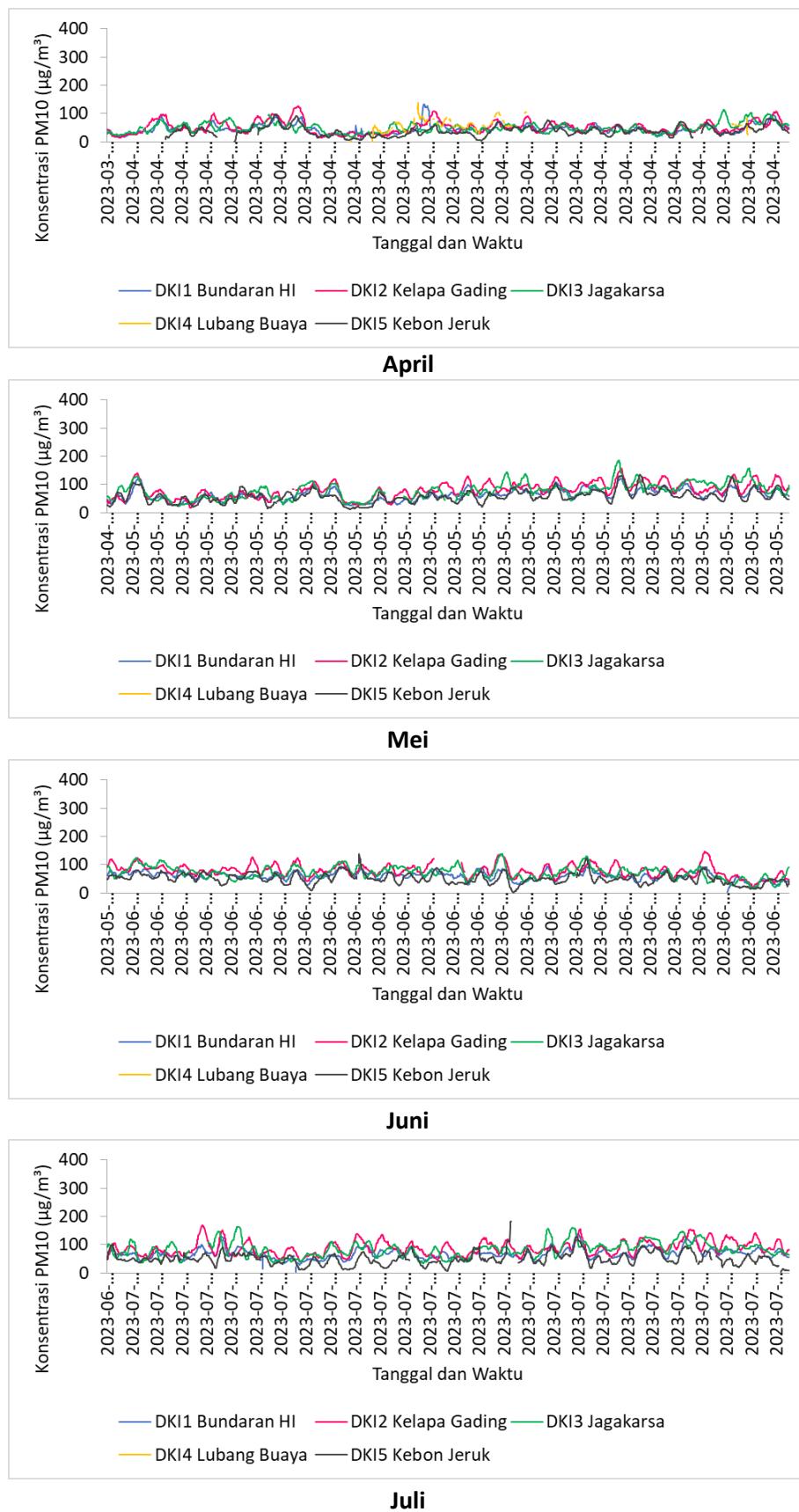
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀, sebagaimana fluktuasi konsentrasi PM_{2.5}, memiliki pola hampir sama

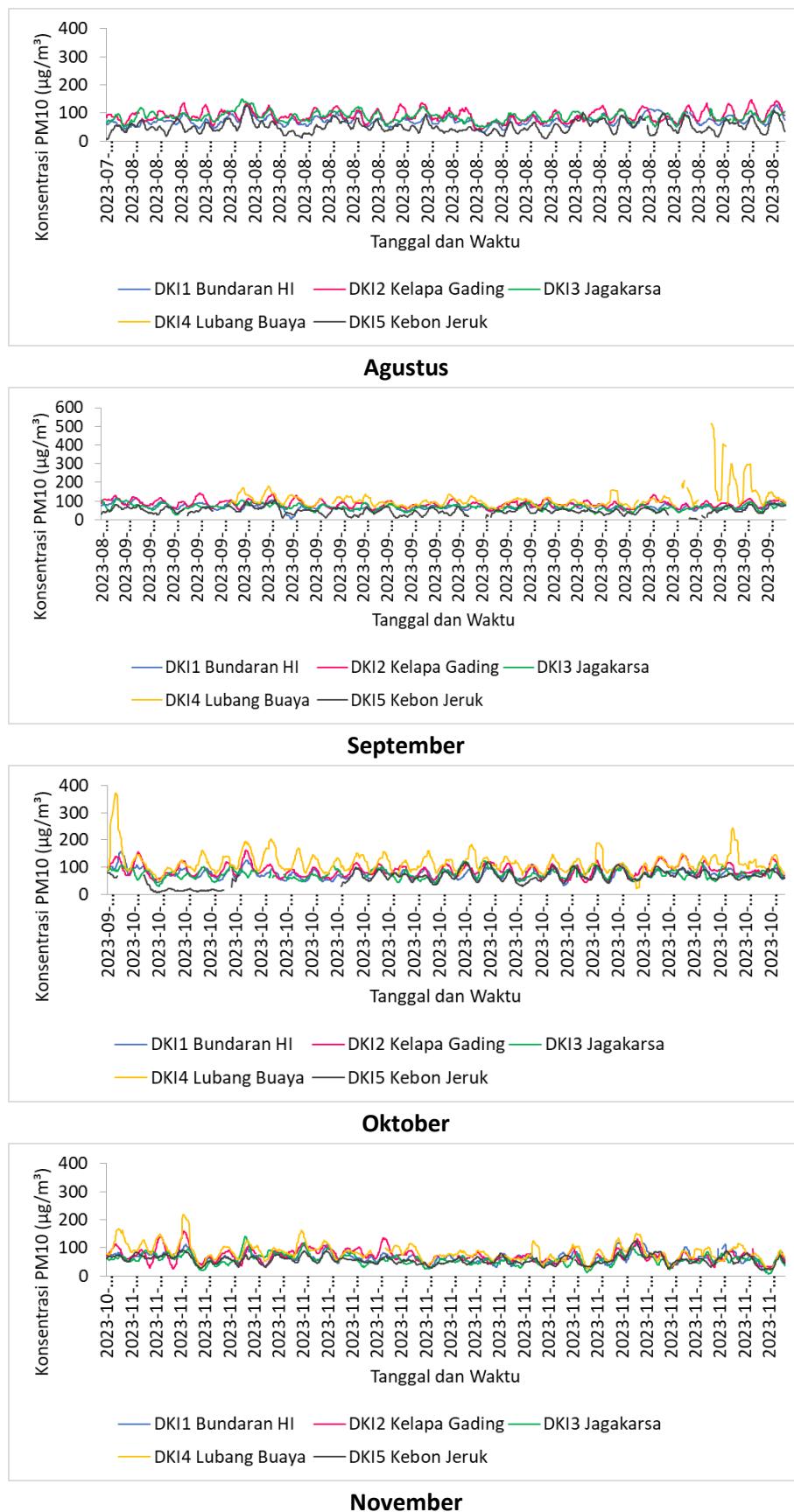
di setiap lokasi, sehingga dari grafik terlihat pola pergerakan yang sama (Gambar 29). Konsentrasi maksimum terukur di DKI4 Lubang Buaya sebesar $914.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada 25 Desember 2023, pukul 21.00 WIB. Namun demikian pada bulan September juga terdapat peningkatan konsentrasi yang tinggi sebagaimana PM_{2.5}, bersamaan dengan kegiatan peringatan Hari Kesaktian Pancasila yang diselenggarakan di sekitar Monumen Pancasila Sakti Lubang Buaya.



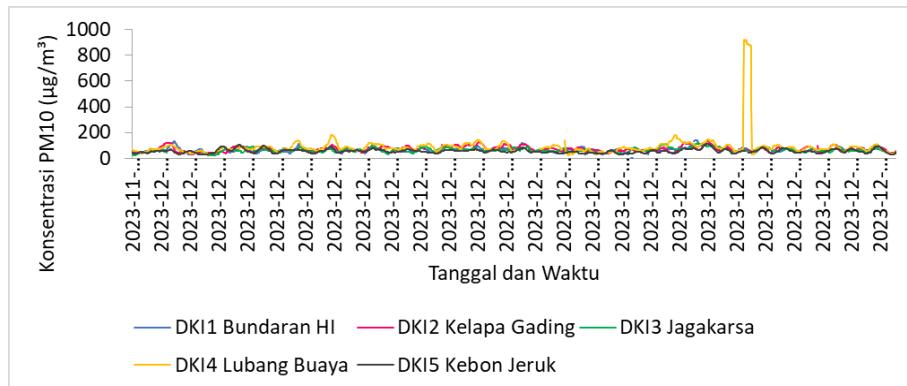
Gambar 29 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2023



Gambar 29 lanjutan Fluktiasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2023



Gambar 29 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2023

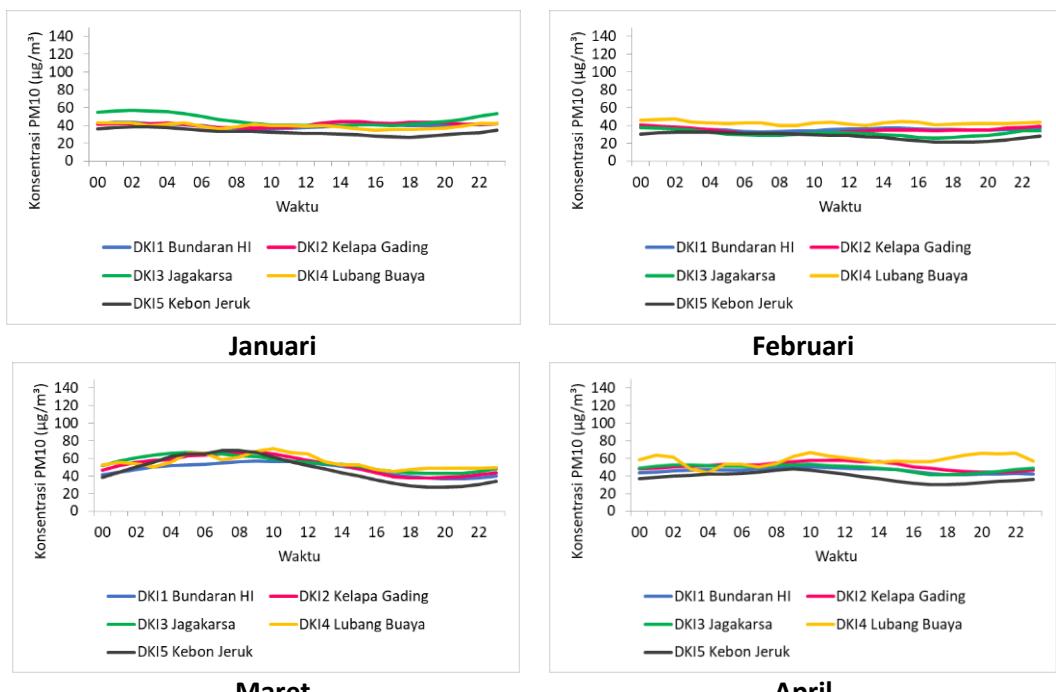


Desember

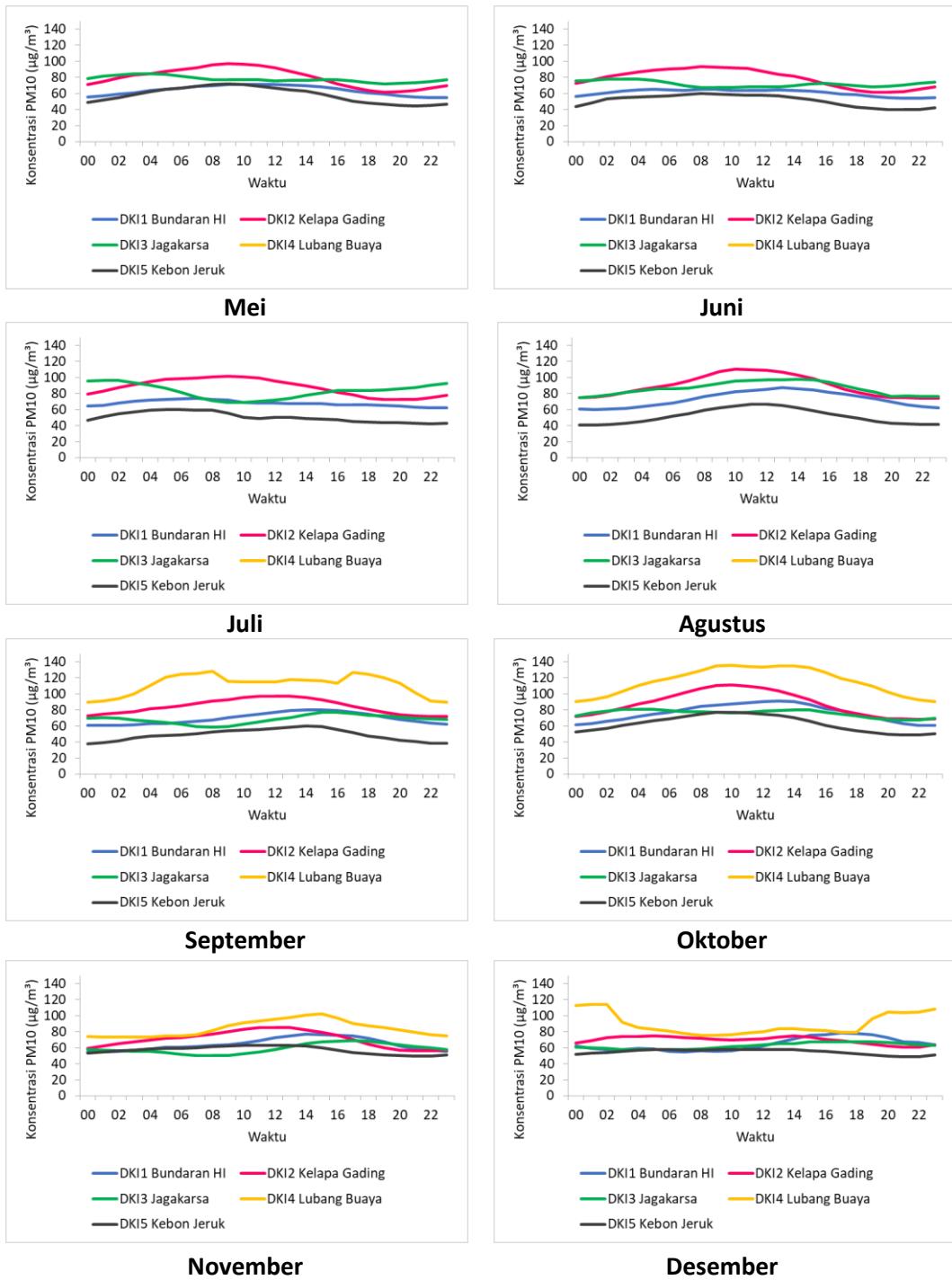
Gambar 29 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2023

Fluktuasi konsentrasi diurnal PM₁₀ perjam

Berdasarkan fluktuasi harian (diurnal), konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ menunjukkan peningkatan konsentrasi pada malam hingga dini hari. Malam hari dengan kondisi atmosfer stabil, maka potensi terjadi akumulasi pencemar di permukaan. Menurut Guo *et al.* (2014), kondisi episode debu dipengaruhi oleh kecepatan angin yang rendah, kelembaban tinggi dan terbentuknya lapisan stabil di permukaan. Pada pagi hari kisaran pukul 08.00-10.00 WIB mengalami peningkatan dan menurun pada siang hari hingga terendah pada kisaran pukul 17.00-19.00 WIB (Gambar 30). Secara umum konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ tertinggi terjadi di DKI2 Kelapa Gading pada Bulan April-Juni dan DKI4 Lubang Buaya pada Bulan Februari, September hingga Desember. Namun demikian bulan Maret-September awal terjadi kerusakan alat pengukur PM₁₀ di DKI4 Lubang Buaya, sehingga data PM₁₀ di sana kosong. Pola diurnal pada bulan September dan Desember 2023 di DKI4 Lubang Buaya mengalami perubahan, siang hari menjadi lebih rendah dibanding malam hari.



Gambar 30 Fluktuasi konsentrasi diurnal per bulan tahun 2023

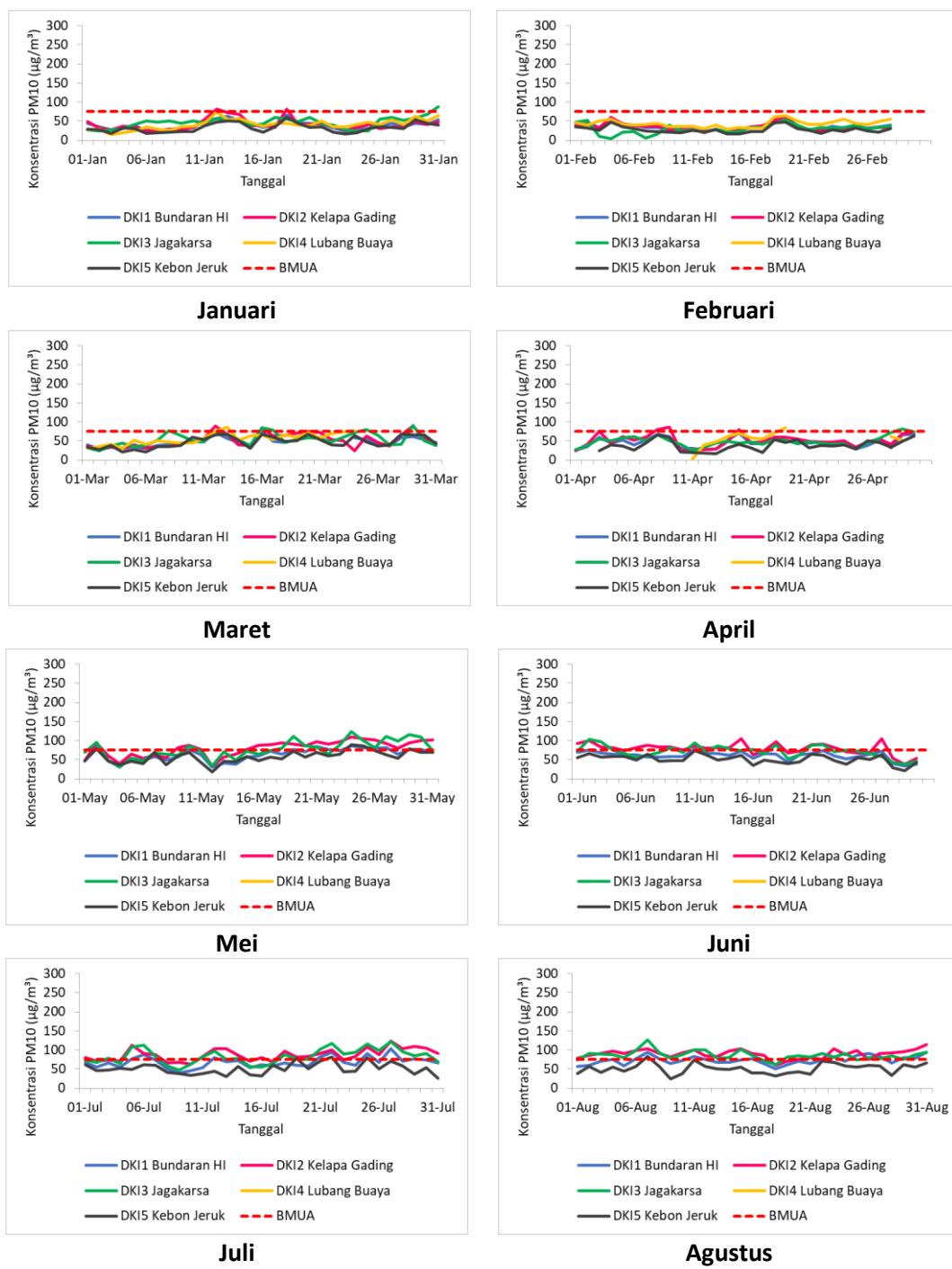


Gambar 30 lanjutan Fluktuasi konsentrasi diurnal per bulan tahun 2023

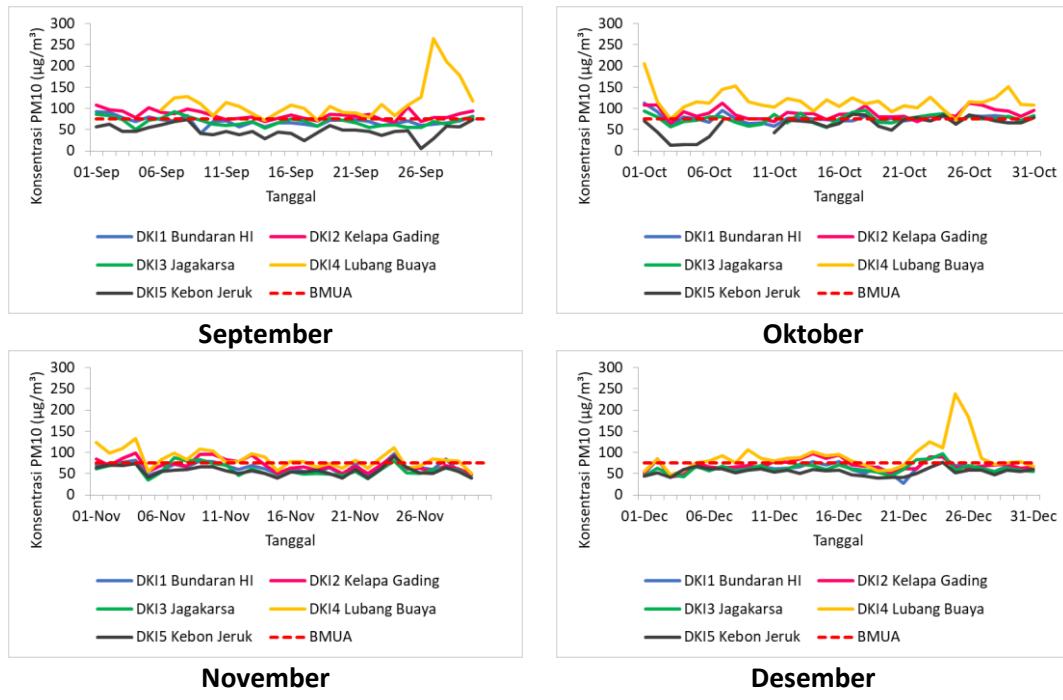
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

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 31 menunjukkan fluktuasi nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian pada bulan Januari-Desember 2023. Hampir tiap bulan kecuali Februari terdapat hari dengan nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian mencapai nilai BMUA 24 jam. Peningkatan jumlah hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA mulai terjadi pada bulan Mei-Desember,

pada hampir semua lokasi SPKUA. Konsentrasi rata-rata harian tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya pada bulan September mencapai $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Namun demikian ini terjadi pada saat ada kasus khusus, yang berkaitan kegiatan masyarakat di sekitar SPKUA. Sementara itu, konsentrasi rata-rata harian PM_{10} terendah terukur di DKI5 Kebon Jeruk pada akhir September hingga awal Oktober 2023.

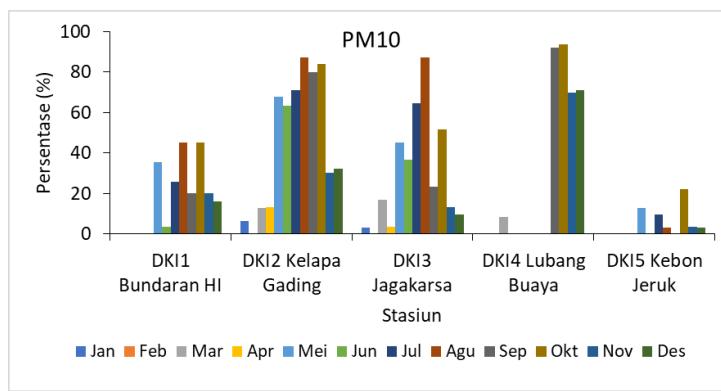


Gambar 31 Fluktuasi konsentrasi PM_{10} rata-rata harian per bulan tahun 2023



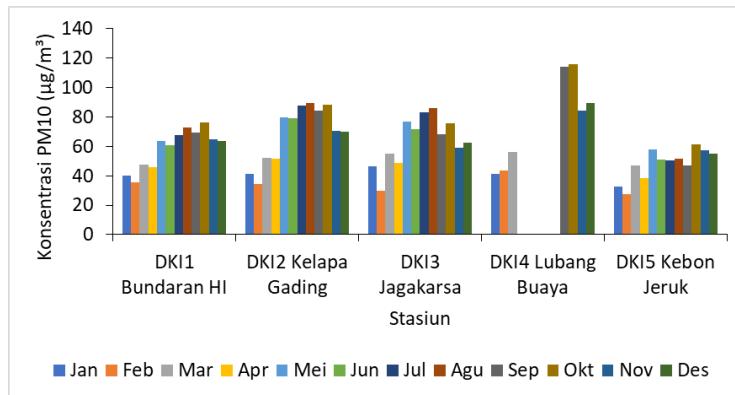
Gambar 31 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian per bulan tahun 2023

Kualitas udara di suatu wilayah dapat juga dianalisis dengan menggunakan jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata melebihi nilai BMUA. Berdasarkan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀, lokasi dengan jumlah hari melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 75 µg/m³ tertinggi terdapat di DKI4 Lubang Buaya, pada bulan September dan Oktober mencapai > 90%. Secara keseluruhan di DKI2 Kelapa Gading hampir tiap bulan kecuali bulan Februari terdapat hari dengan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ melebihi nilai BMUA, namun pada bulan Mei-Oktober jumlahnya > 40%.



Gambar 32 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m³)

Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan di semua lokasi tahun 2023, mengalami peningkatan mulai dari bulan Maret. Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan, tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Oktober. Sementara konsentrasi PM₁₀ di DKI5 Kebon Jeruk relatif lebih rendah dibandingkan SPKUA lainnya (Gambar 33). Sebagaimana disampaikan sebelumnya bahwa memasuki bulan kering, konsentrasi partikulat meningkat, sebaliknya memasuki musim hujan konsentrasi menurun.

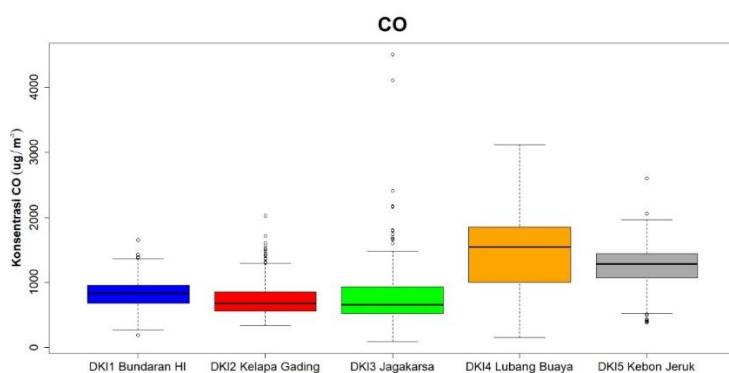


Gambar 33 Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKUA

2.1.2. 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 tahun 2023 di 5 Stasiun DLH DKI Jakarta disajikan dalam bentuk *boxplot* (Gambar 34). Berdasar analisis boxplot, kisaran nilai konsentrasi yang beragam antar tempat. Nilai median konsentrasi rata-rata terendah terukur di DKI3 Jagakarsa dan tertinggi di DKI4 Lubang Buaya. Sementara itu, kisaran data terbesar terdapat di DKI3 Jagakarsa.

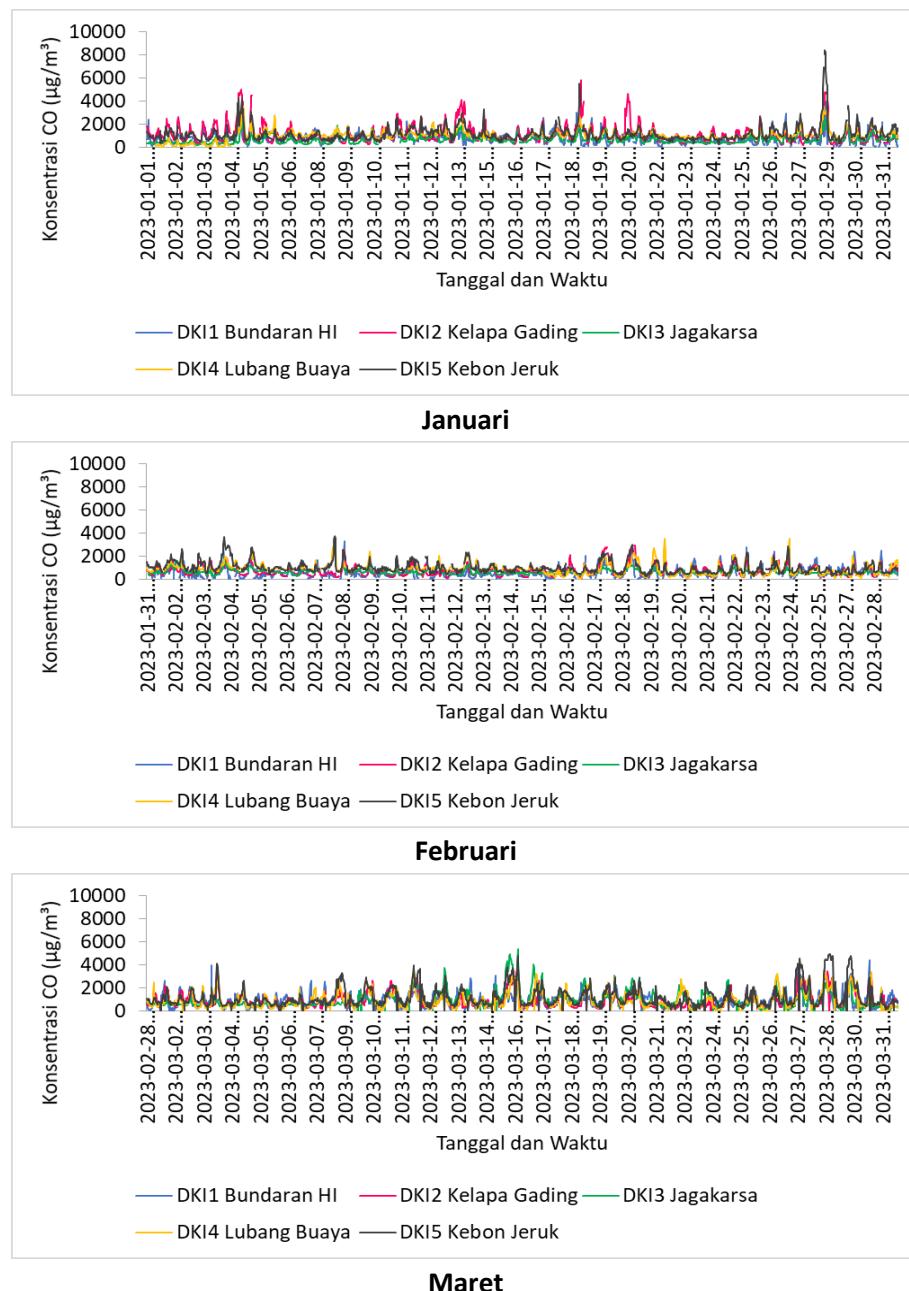


Gambar 34 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2023

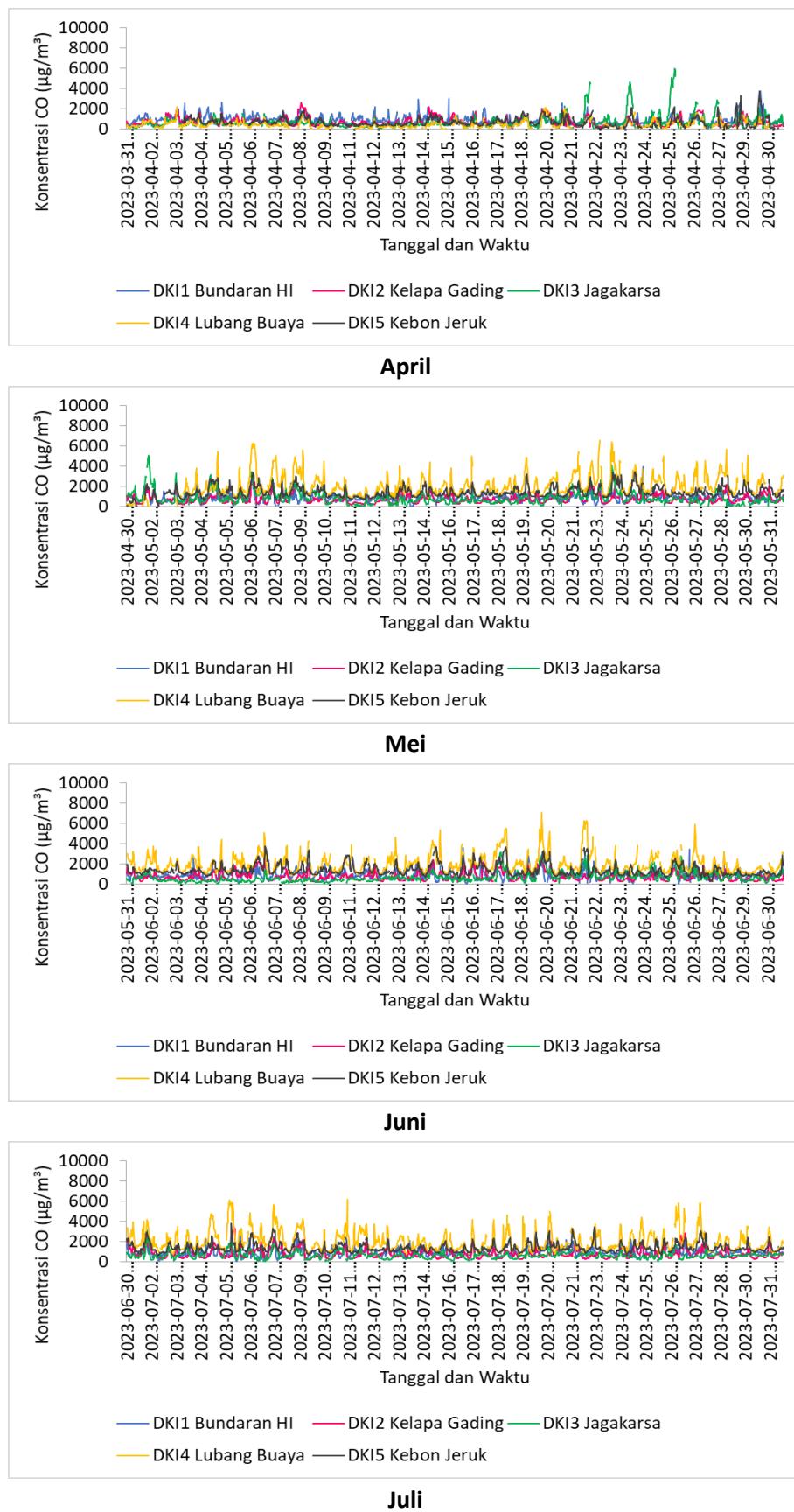
Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit

Konsentrasi CO sangat fluktuatif, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 35, fluktuasi per 30 menit bulan Januari-Desember 2023. Konsentrasi tertinggi > 10.000 µg/m³, tercatat pada tanggal 30 - 31 Desember pukul 23.00-00.30 di DKI3 Jagakarsa. Busa *et al.* (2022), jumlah sumber

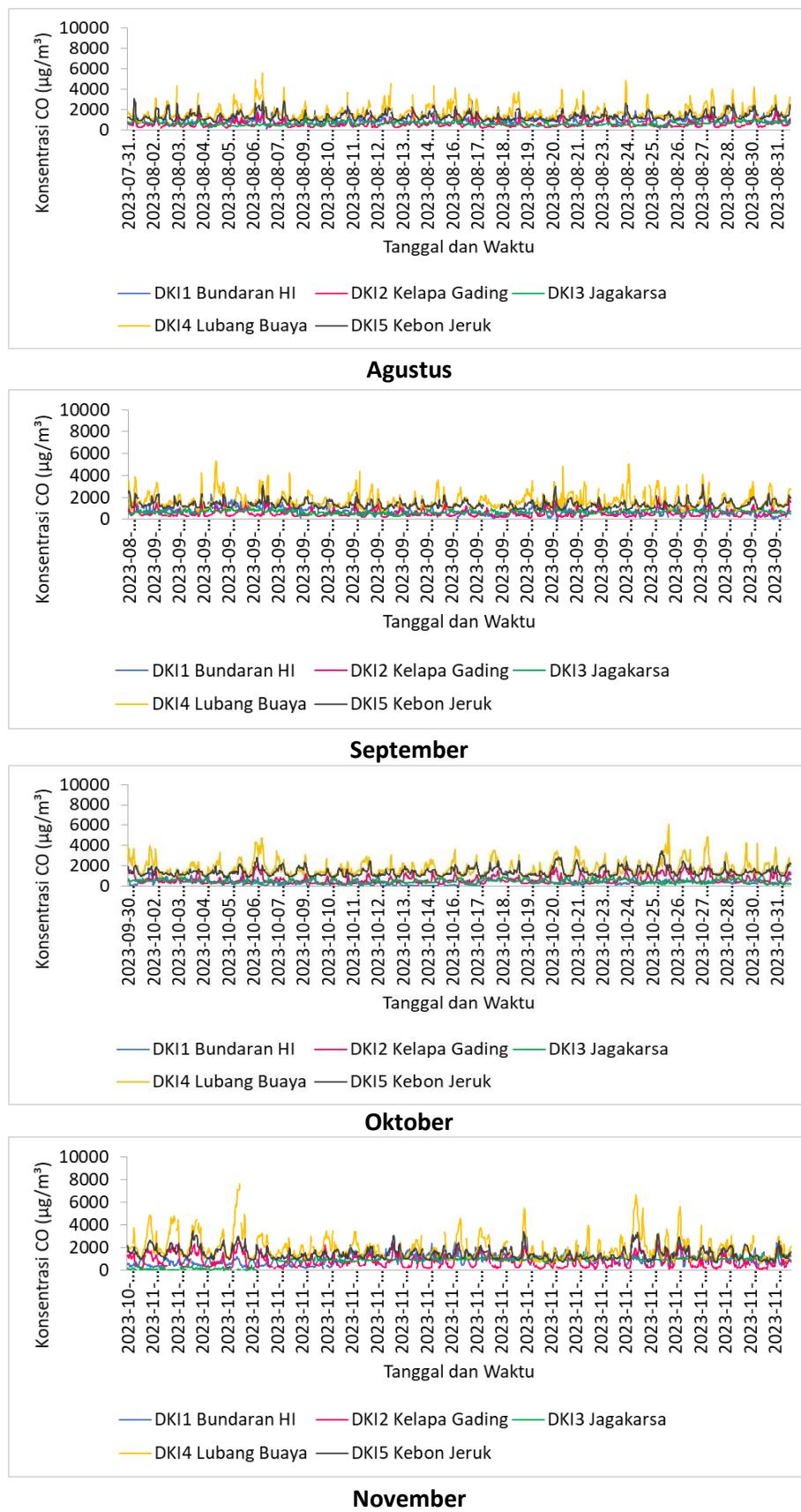
emisi dan kondisi meteorologi seperti kecepatan angin dan stabilitas atmosfer sangat memengaruhi fluktuasi konsentrasi CO di udara ambien. Pada bulan Mei, konsentrasi CO terlihat meningkat di DKI4 Lubang Buaya, hingga awal Desember 2023.



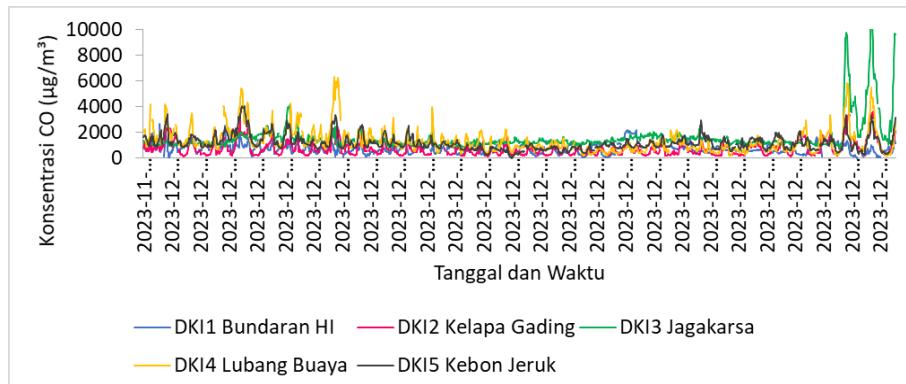
Gambar 35 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2023



Gambar 35 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2023



Gambar 35 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2023



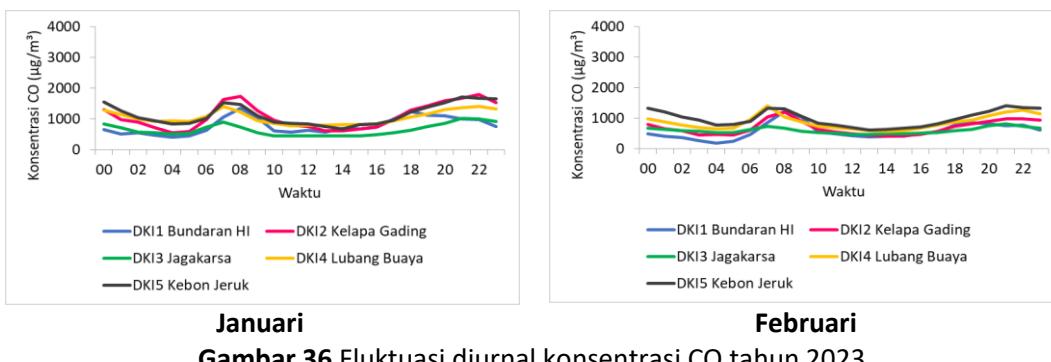
Desember

Gambar 35 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2023

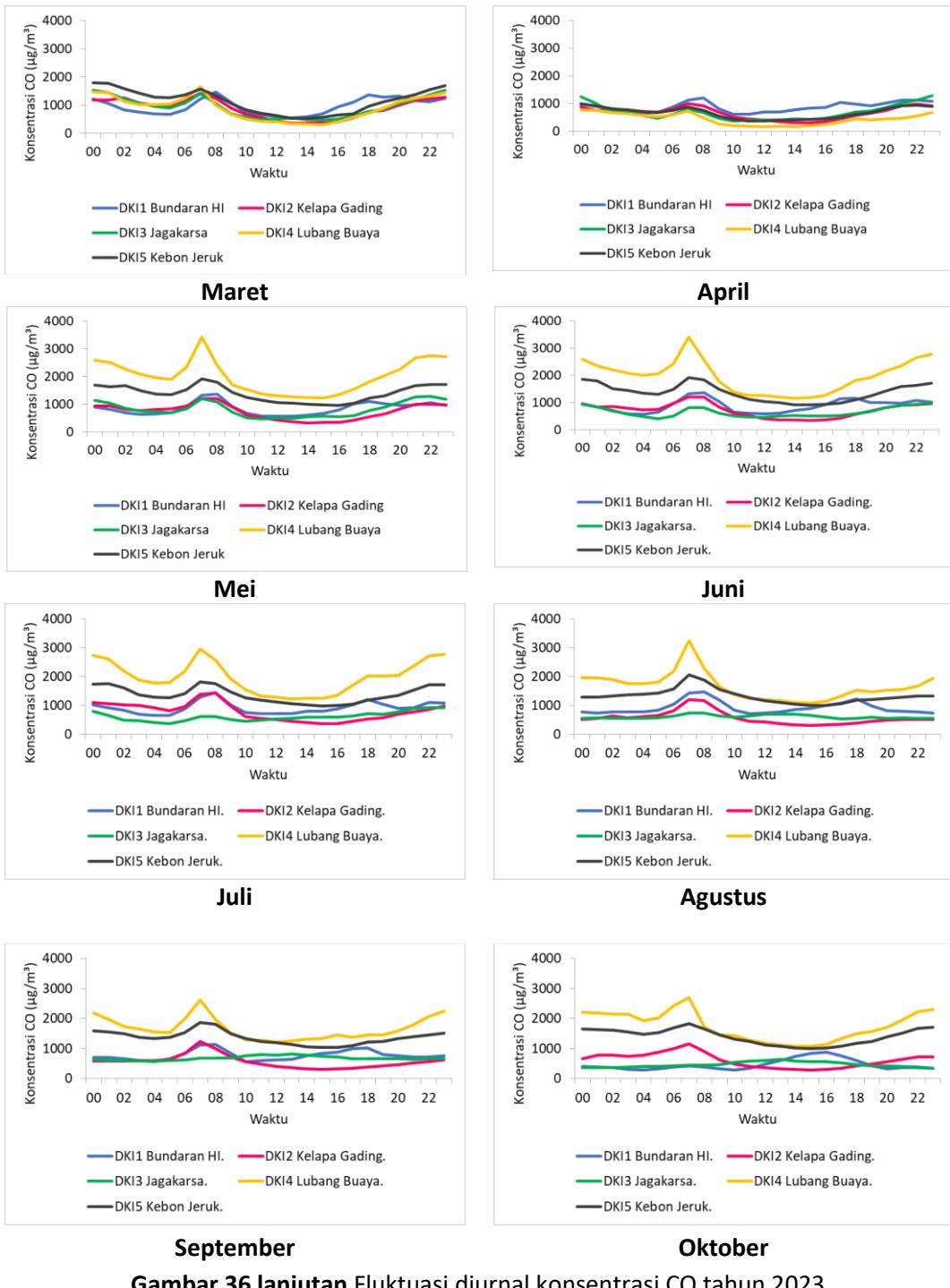
Fluktuasi konsentrasi CO diurnal per jam

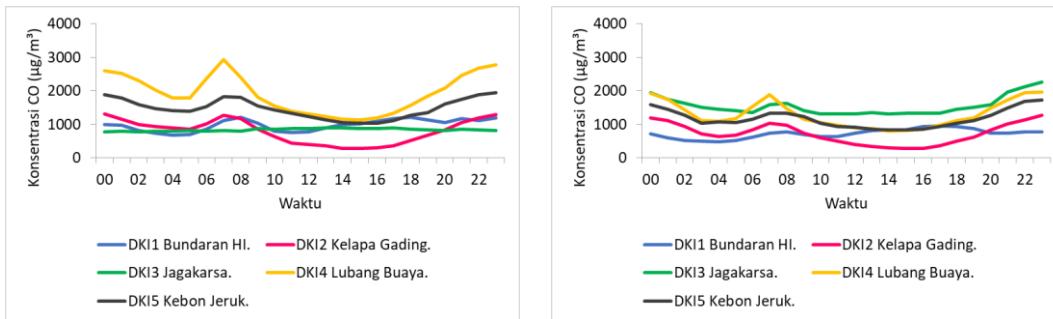
Konsentrasi CO rata-rata perjam, secara diurnal bulan Januari-Desember 2023 memiliki nilai jauh di bawah nilai BMUA 1 jam nasional sebesar $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 36). Secara umum di seluruh SPKUA konsentrasi CO meningkat menjelang malam dan menurun di siang hari. Lapisan udara yang stabil pada malam hari menyebabkan potensi pencemar terakumulasi di permukaan (Busa *et al.* 2022), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 36. Pada pagi hari terjadi peningkatan konsentrasi sekitar pukul 7.00-9.00 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, $< 4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, umumnya terjadi pada pagi hari. Namun demikian secara spesifik berbeda-beda waktu di tiap lokasi dan terukur tertinggi di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Mei-Oktober. Konsentrasi CO diurnal terendah bervariasi, pada pagi hari umumnya terendah di DKI3 Jagakarsa, kecuali pada bulan Desember. Siang hari CO cenderung menurun di semua lokasi, kecuali pada bulan Juli-Desember cenderung terdapat peningkatan pada siang hari di Jagakarsa, dan di DKI I Bundaran HI, peningkatan terjadi siang hingga menjelang sore.



Gambar 36 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2023



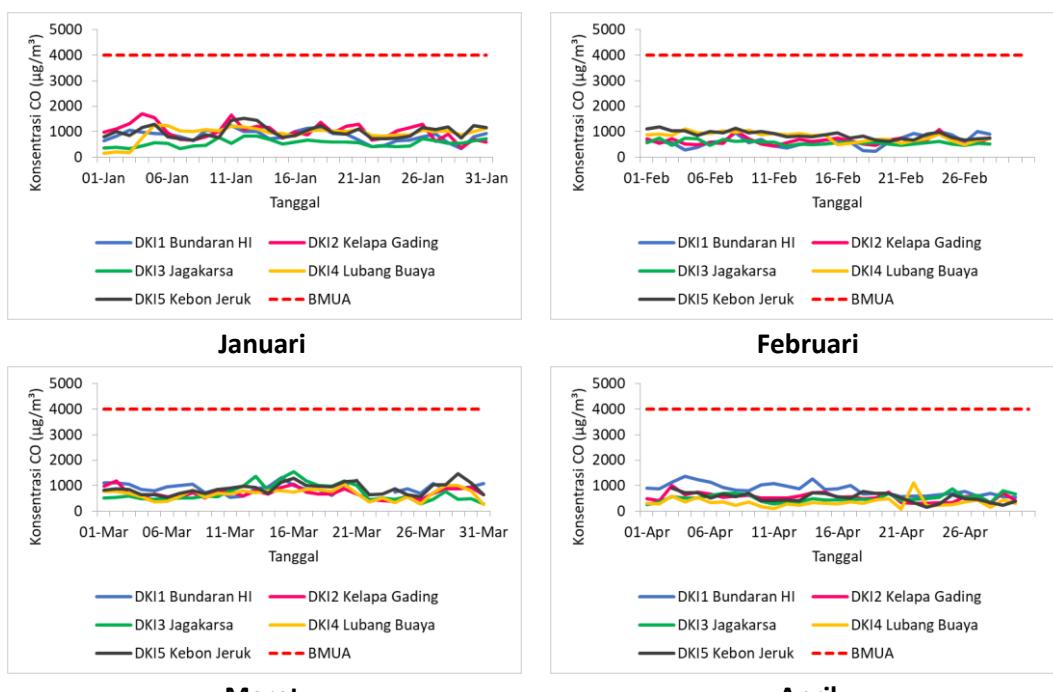


November
Desember
Gambar 36 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2023

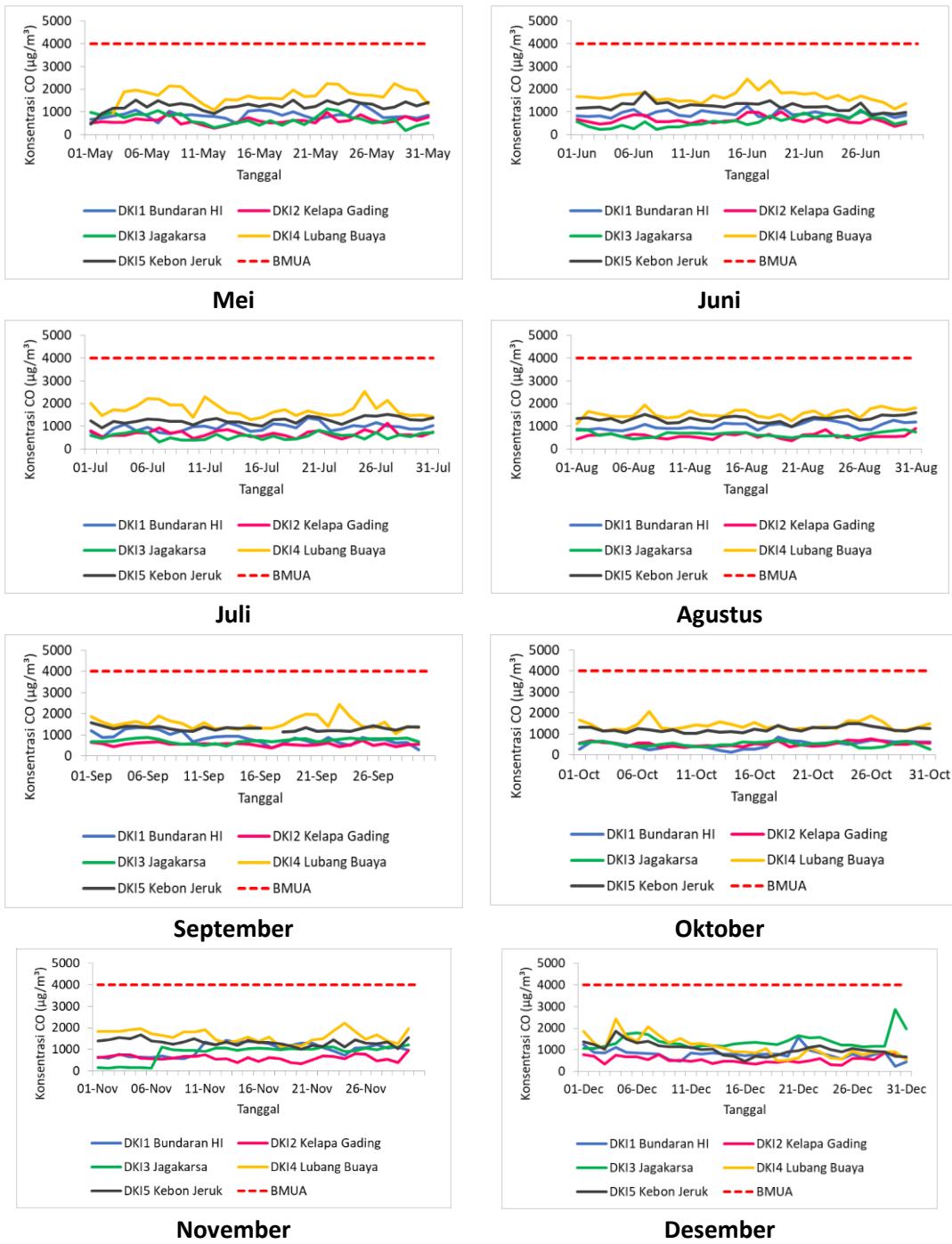
Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) dan perbandingan dengan nilai BMUA

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 37.

Fluktuasi nilai konsentrasi rata-rata harian setiap bulan antar lokasi sangat beragam, namun keseluruhan rata-rata pada bulan Januari-April masih dibawah nilai $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Memasuki bulan Mei konsentrasi CO terdapat beberapa hari yang lebih dari $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tetapi masih di bawah $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi CO di DKI2 Kelapa Gading memiliki konsentrasi rata-rata 8 jam terendah. Pada bulan Desember ada kenaikan signifikan konsentrasi CO rata-rata per jam di DKI3 Jagakarsa, bahkan lebih tinggi dari lokasi lain dengan besaran mencapai $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

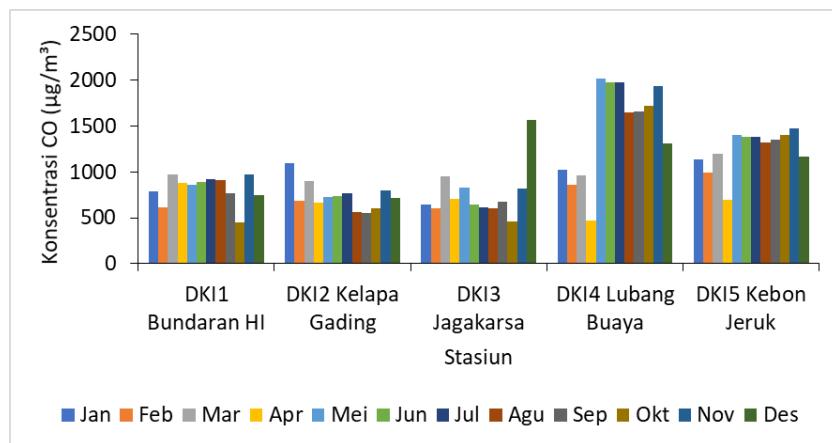


Gambar 37 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) tahun 2023



Gambar 37 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian (8 jam) tahun 2023

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian per bulan menunjukkan perbedaan antar SPKUA, di DKI4 Lubang Buaya peningkatan tajam terjadi pada bulan Mei (Gambar 38). Secara umum nilai konsentrasi rata-rata harian bulan Januari-November di DKI3 Jagakarsa paling rendah dibandingkan 4 SPKUA DLH lainnya, kecuali bulan Desember meningkat tajam. Sementara itu, konsentrasi CO rata-rata harian lebih dari $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hanya terukur di DKI4 Lubang Buaya dari bulan Mei-Oktober, dan DKI3 bulan Desember.

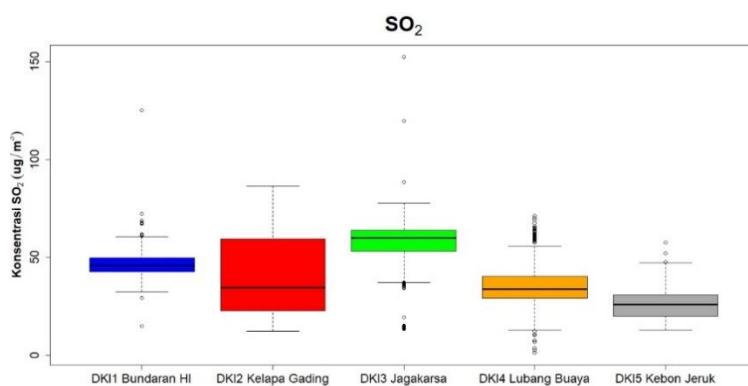


Gambar 38 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU

2.1.3. Sulfur Dioksida (SO_2)

Sulfurdioksida merupakan gas yang bersifat mudah larut dalam air, tidak berwarna tetapi memiliki bau yang tajam. Dampak paparan SO_2 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).

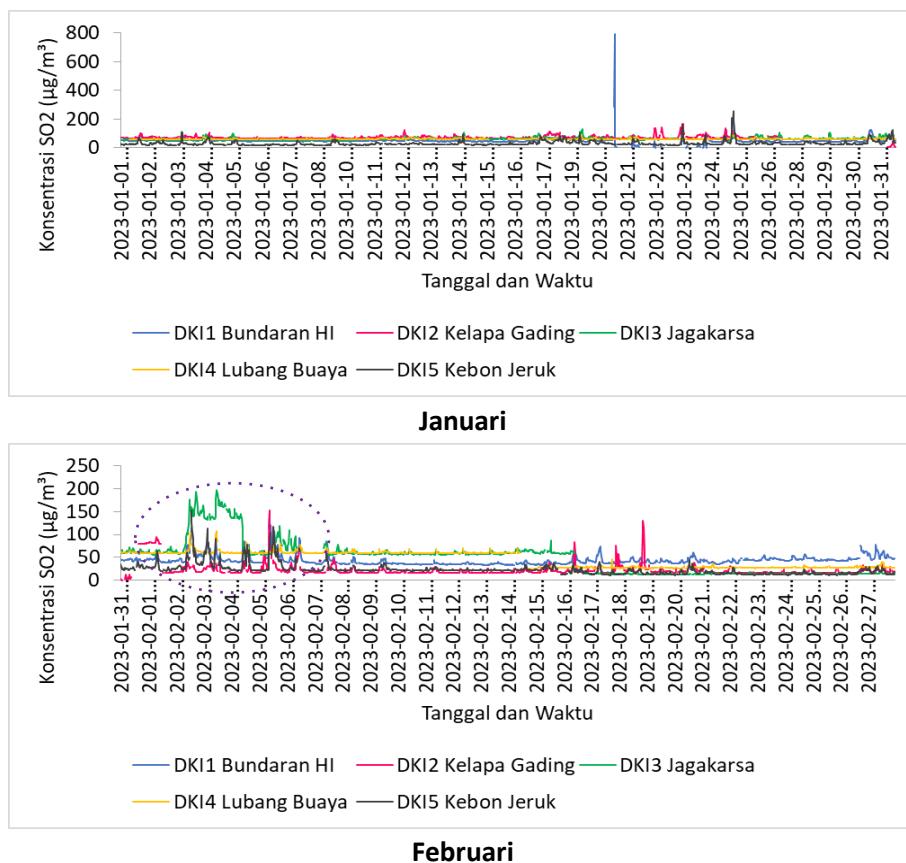
Data konsentrasi SO_2 hasil pemantauan memiliki kisaran nilai maksimum dan minimum antar lokasi sangat berbeda (Gambar 39). Nilai median tertinggi tercatat di DKI3 Jagakarsa dan terendah di DKI5 Kebon Jeruk. DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk memiliki kisaran nilai paling kecil yang menunjukkan konsentrasi SO_2 relatif stabil sedangkan DKI3 Jagakarsa memiliki kisaran data yang paling besar, namun beberapa berupa data pencilan. Fluktuasi terbesar tercatat di DKI2 Kelapa Gading. Hal ini akan jelas terlihat pada fluktuasi konsentrasi SO_2 per 30 menit (Gambar 40).



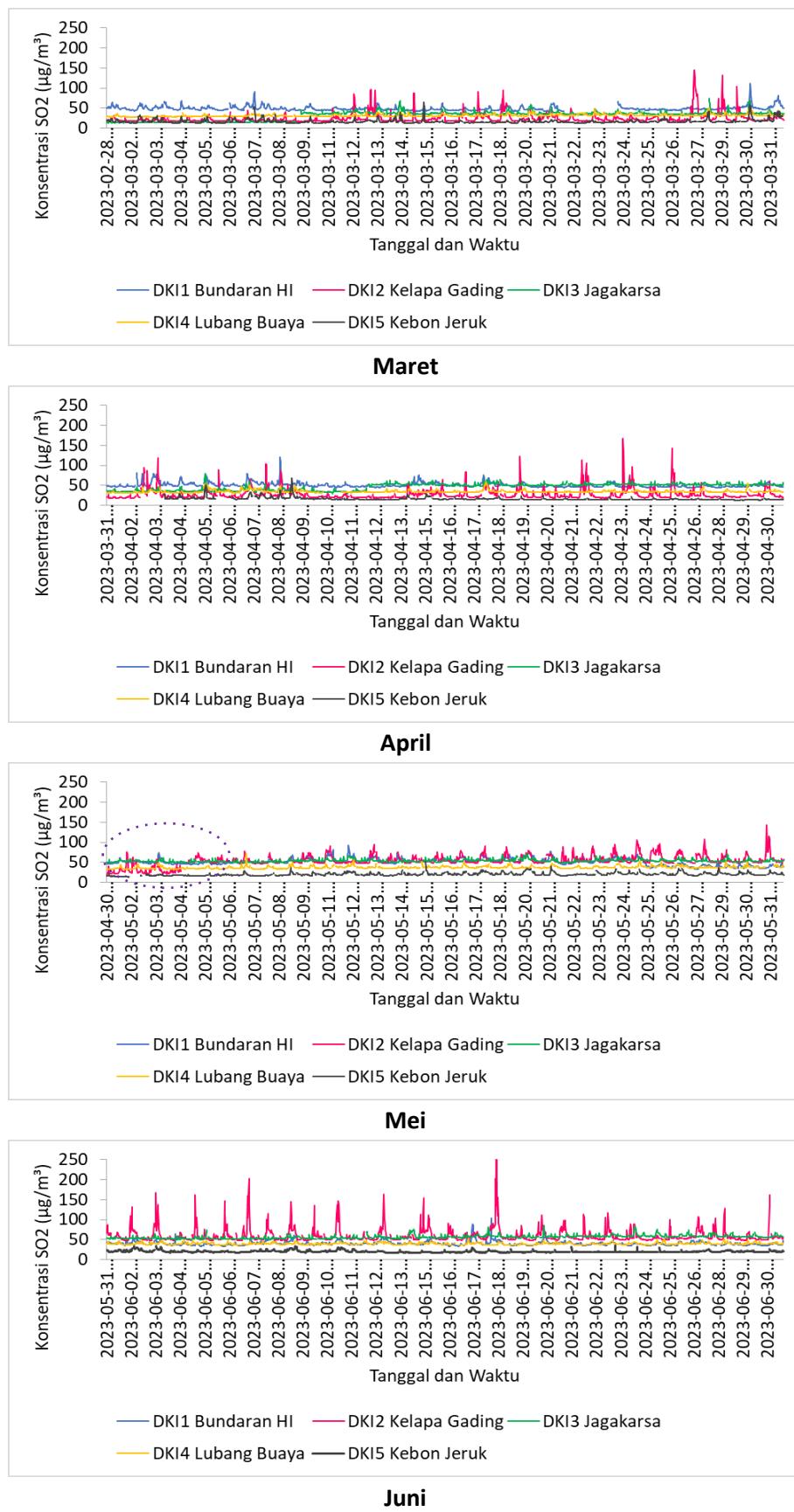
Gambar 39 Kisaran konsentrasi SO_2 harian antar lokasi pemantau Januari-Desember tahun 2023

Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit

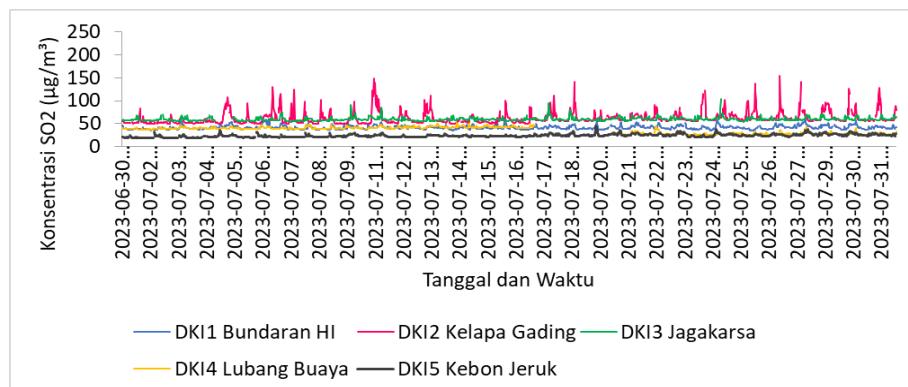
Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit menunjukkan bahwa tiap lokasi SPKUA memiliki **nilai konsentrasi minimum yang relatif stabil dan berbeda antar lokasi (Gambar 40)**. DKI5 Kebon Jeruk memiliki nilai konsentrasi SO₂ per 30 menit terendah pada bulan Januari – Agustus, kecuali bulan Februari. DKI2 Kelapa Gading memiliki nilai terendah pada bulan Februari, September-November. Sementara itu, pola konsentrasi SO₂ per 30 menit tertinggi tercatat di DKI3 Jagakarsa pada bulan September-Desember. Namun demikian terdapat konsentrasi paling tinggi terukur di DKI1 Bundaran HI pada bulan Januari dengan nilai > 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO₂ di DKI3 Jagakarsa bulan Februari meningkat tajam pada tanggal 2-6 Februari dan selanjutnya stabil. Secara umum, konsentrasi SO₂ di semua SPKUA stabil kecuali ada beberapa hari terjadi peningkatan di DKI1 Bundaran HI pada bulan Januari, DKI2 Kelapa Gading pada bulan Februari-September, serta di DKI3 Jagakarsa pada bulan Februari. Kondisi fluktuatif ini sangat berkaitan dengan kondisi sumber emisi. Namun tampak ada kecenderungan nilai minimum yang konsisten di setiap SPKU, dan berbeda antar SPKU tersebut. Mulai bulan Maret, fluktuasi terbesar tercatat di SPKUA DKI2 Kelapa Gading.



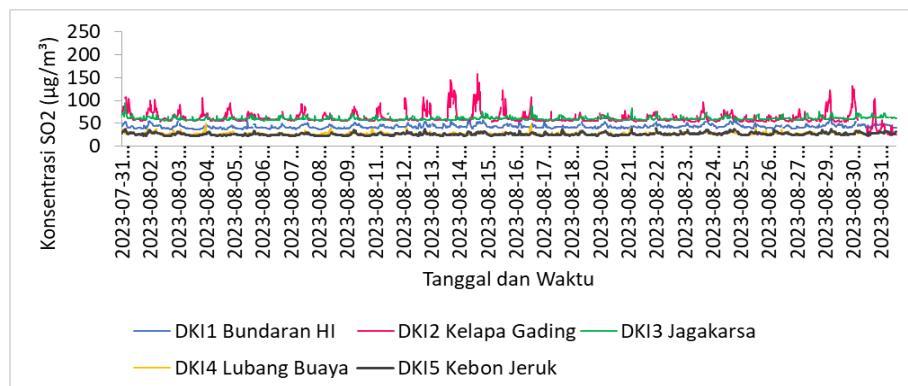
Gambar 40 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2023



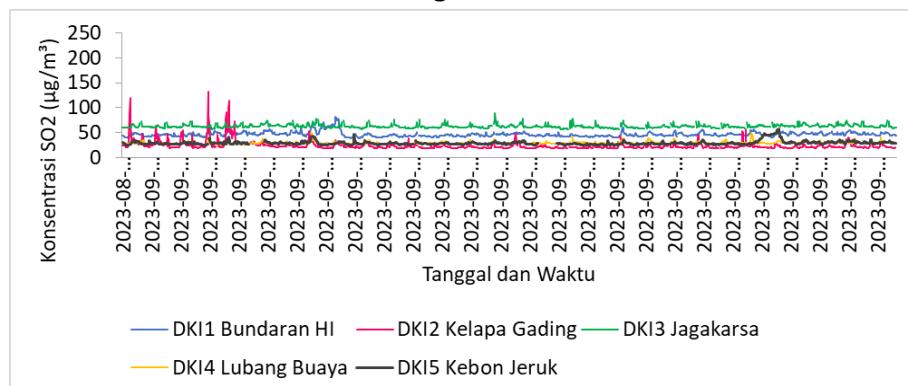
Gambar 40 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2023



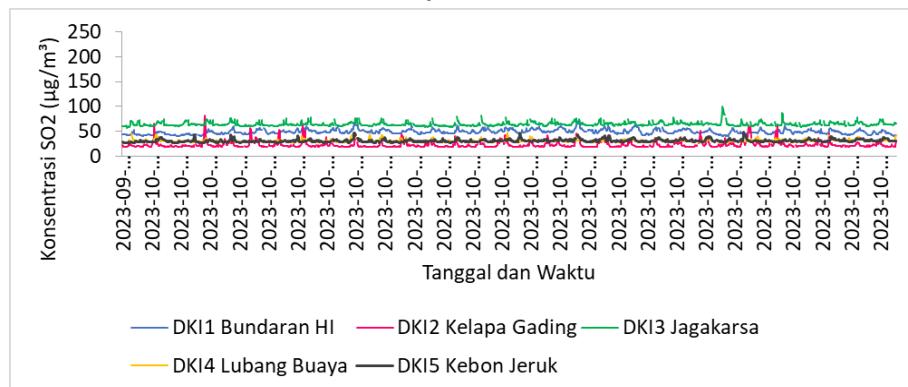
Juli



Agustus

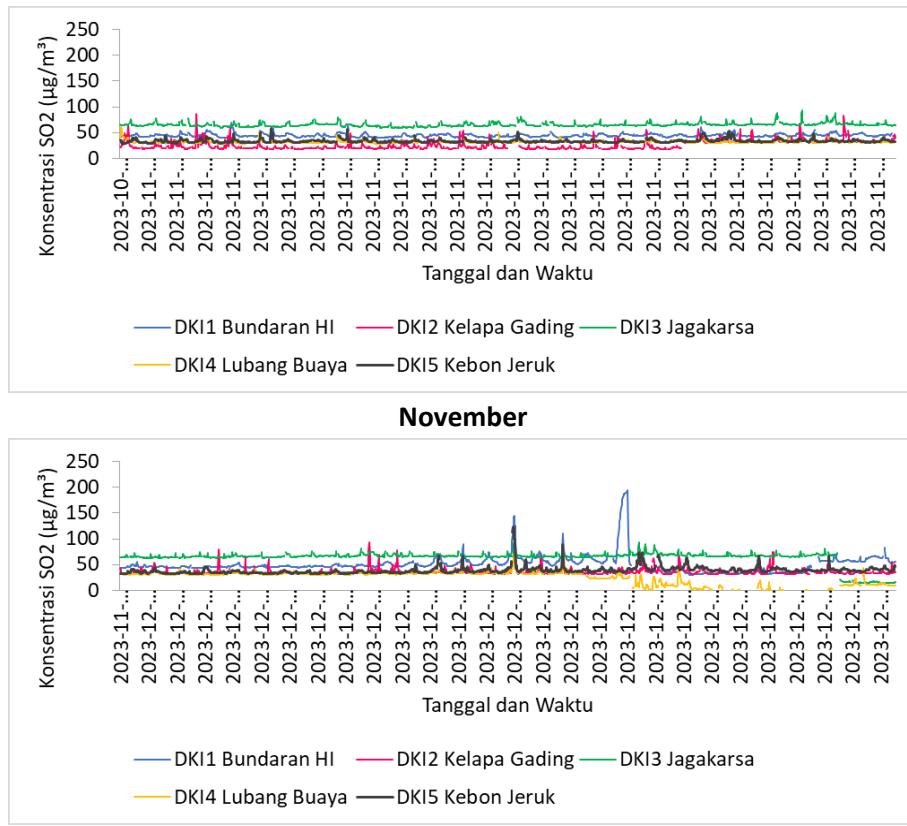


September



Okttober

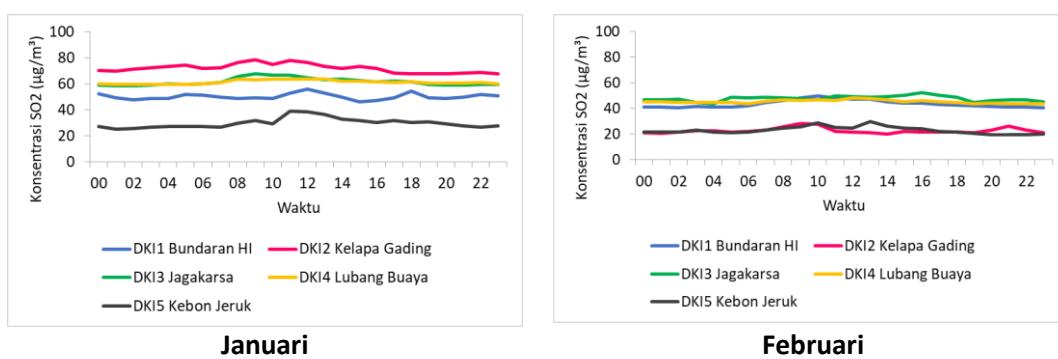
Gambar 40 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2023



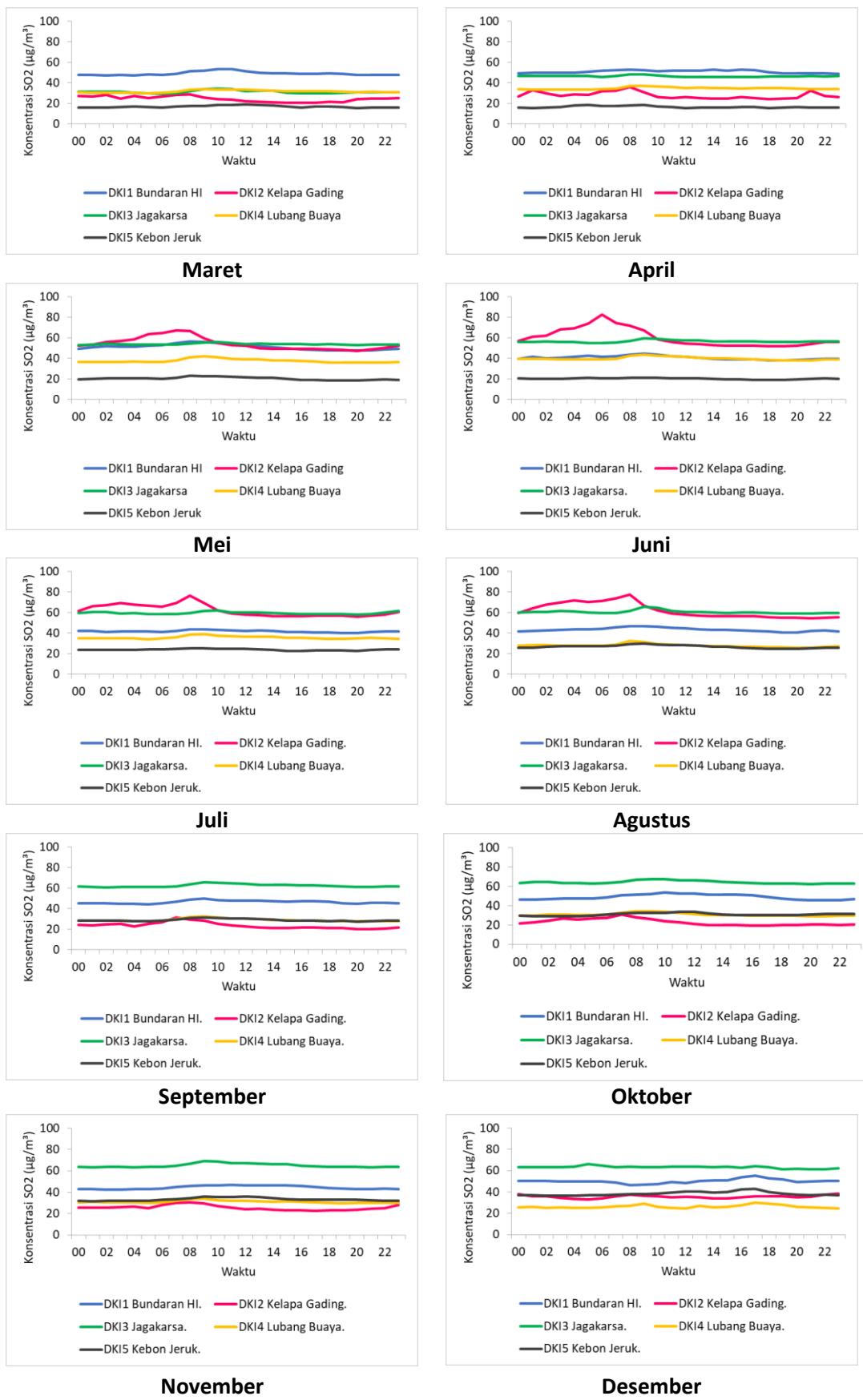
Gambar 40 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2023

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 09.00-10.00 WIB kecuali di DKI2 Kelapa Gading peningkatan konsentrasi terjadi sebelum jam tersebut (Gambar 41). Secara umum konsentrasi SO₂ paling rendah terukur di DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Januari-Agustus dan di DKI2 Kelapa Gading pada bulan September-Okttober. Sementara itu, konsentrasi SO₂ paling tinggi bervariasi antar bulan kecuali bulan September-Okttober dimana terukur di DKI3 Jagakarsa.



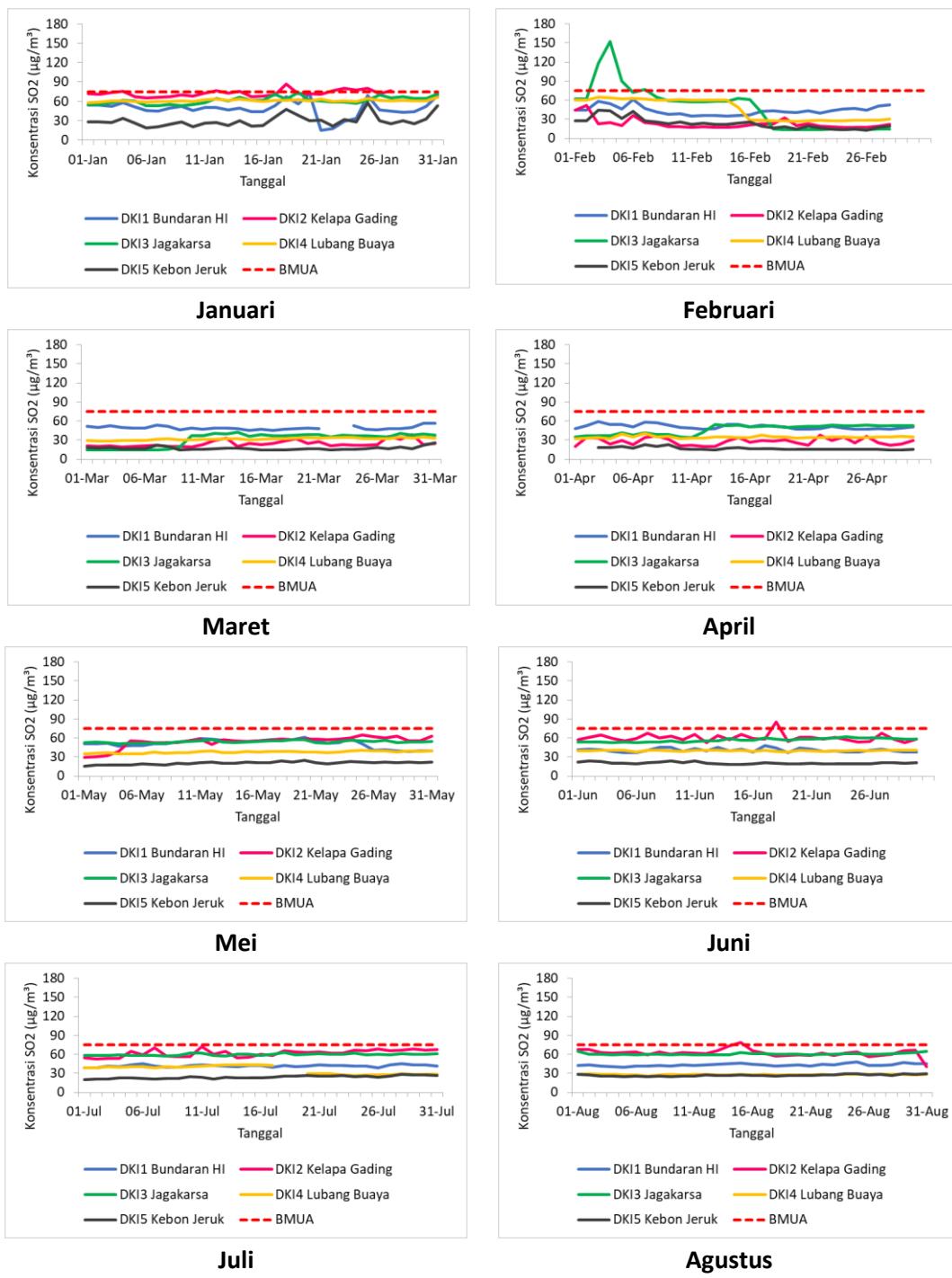
Gambar 41 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ Januari-Desember tahun 2023



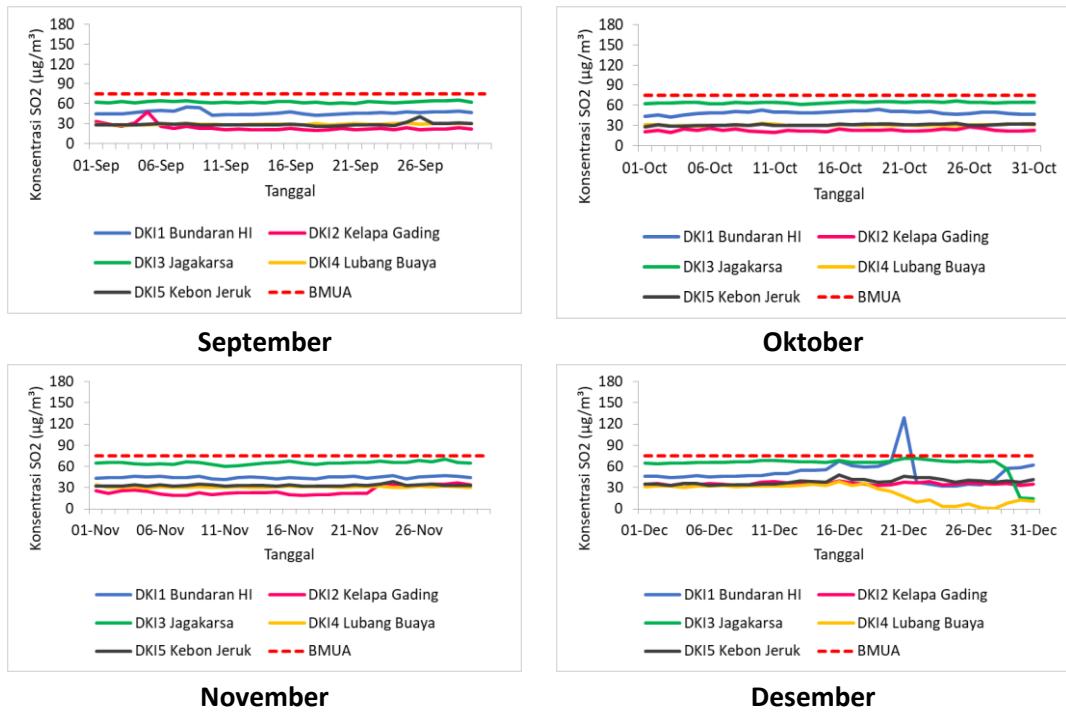
Gambar 41 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ Januari-Desember tahun 2023

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 untuk SO₂ sebesar 75 µg/m³, kecuali pada bulan Januari, Juni dan Agustus di DKI2 Kelapa Gading serta Februari di DKI3 Jagakarsa (Gambar 42). Nilai rata-rata harian secara umum tertinggi di DKI3 Jagakarsa di bulan Februari mencapai 150 µg/m³.

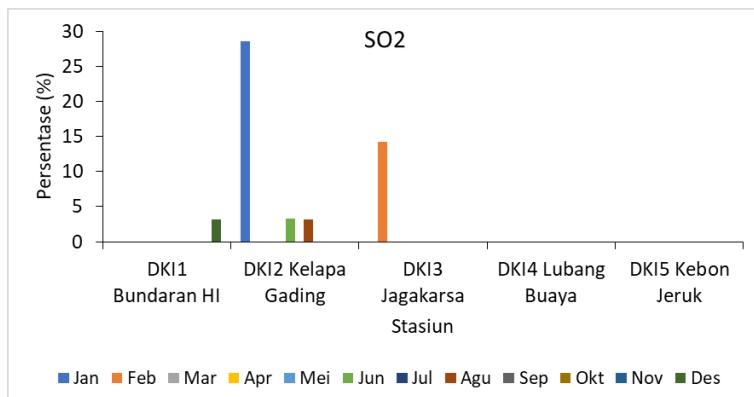


Gambar 42 Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian per bulan tahun 2023

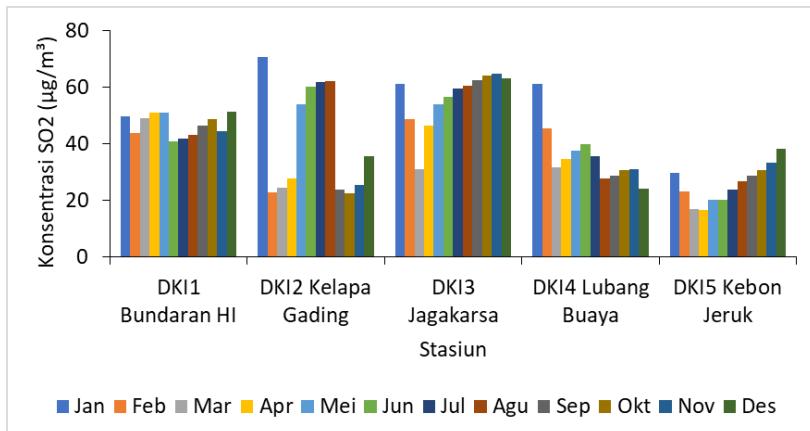


Gambar 42 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian per bulan tahun 2023

Secara umum konsentrasi SO₂ tidak ada yang melebihi BMUA nasional sebesar 75 µg/m³ kecuali di DKI2 Kelapa Gading pada bulan Januari sebesar hampir 30%, bulan Juni dan Agustus kurang dari 5%, serta di DKI3 Jagakarsa bulan Februari sebesar 15% (Gambar 43). Konsentrasi SO₂ pada bulan Januari di tiap lokasi tertinggi dibandingkan bulan-bulan lainnya (Gambar 44). Sementara itu konsentrasi terendah berbeda-beda tiap lokasi. Terjadi peningkatan yang konsisten dari bulan Maret-Desember di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk.



Gambar 43 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi SO₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m³)



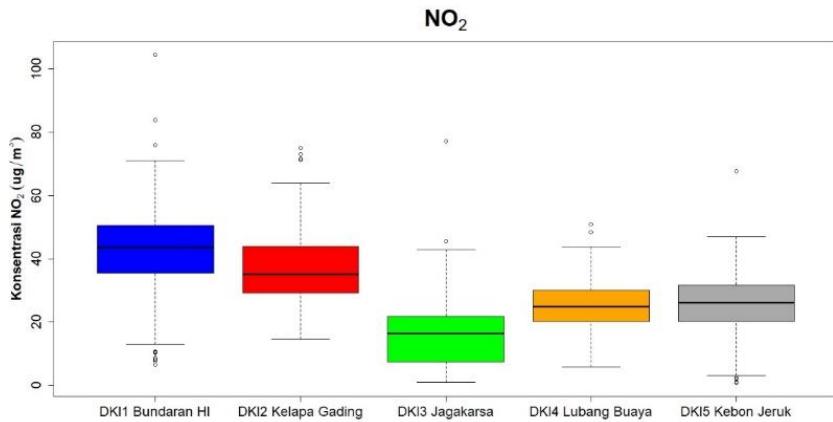
Gambar 44 Konsentrasi rata-rata harian SO₂ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU

2.1.4. Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida dikenal sebagai gas yang berwarna cokelat kemerahan, dengan bau asam menyengat, dan sangat reaktif, serta larut dalam air (USEPA 2016; WHO 2000). Dampak NO₂ terhadap kesehatan, antara lain meningkatkan reaktifitas *bronchial*, baik pada subjek normal maupun menderita 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 *precursor* 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.

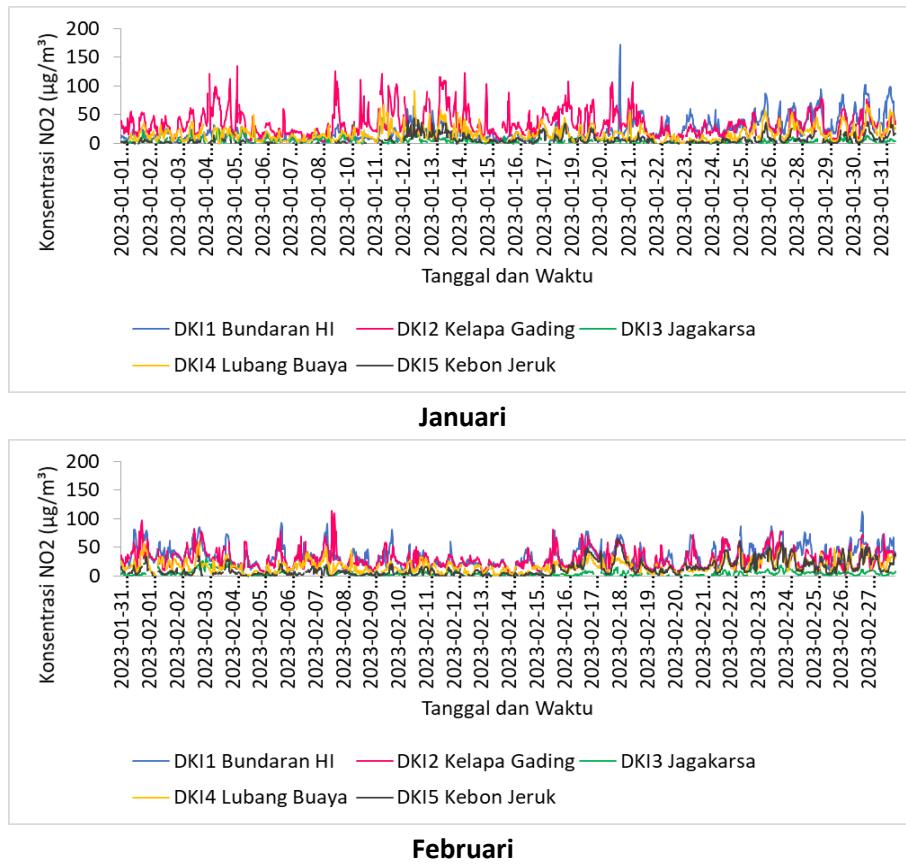
Hasil pemantauan pada 5 SPKUA DLH DKI Jakarta menunjukkan nilai kisaran konsentrasi NO₂ pada bulan Januari-Desember 2023 terukur sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Nilai median konsentrasi rata-rata terendah di DKI3 Jagakarsa dan tertinggi di DKI1 Bundaran HI. Kisaran nilai konsentrasi NO₂ di DKI1 Bundaran HI memiliki rentang nilai yang lebar, hal ini menunjukkan nilai konsentrasi NO₂ beragam dari nilai terendah hingga tertinggi. Sedangkan di DKI4 Lubang Buaya memiliki rentang nilai lebih sempit yang menunjukkan nilai konsentrasi terukur lebih stabil pada nilai tertentu (Gambar 45).



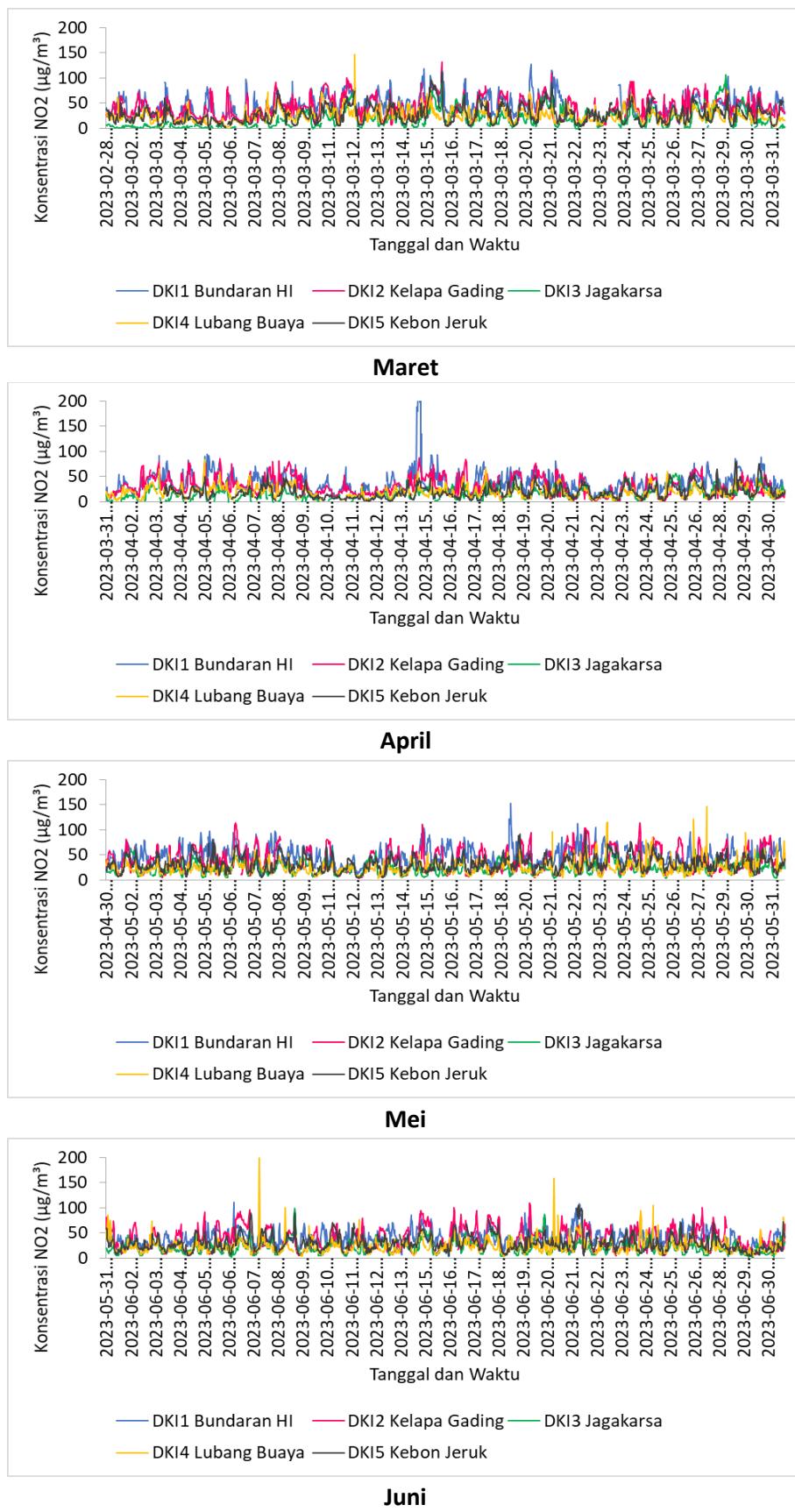
Gambar 45 Kisaran konsentrasi NO_2 harian antar lokasi pemantau tahun 2023

Fluktuasi konsentrasi NO_2 per 30 menit

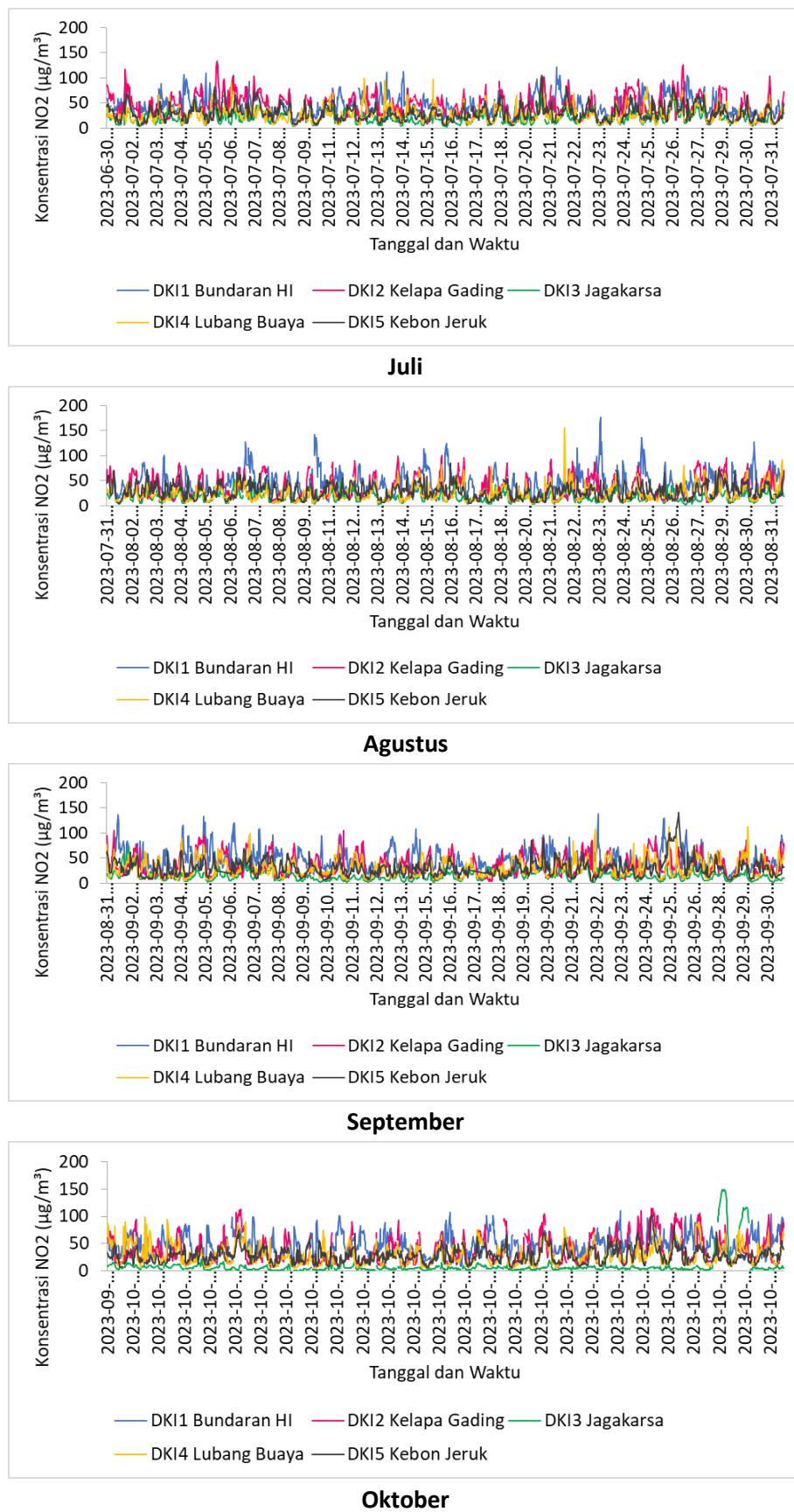
Fluktuasi konsentrasi NO_2 per 30 menit di 5 SPKUA DKI Jakarta sangat bervariasi (Gambar 46). Secara umum konsentrasi NO_2 pada bulan Januari-Desember terukur lebih tinggi di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading dibandingkan lokasi lainnya. Namun demikian, konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan Juni sebesar $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI4 Lubang Buaya.



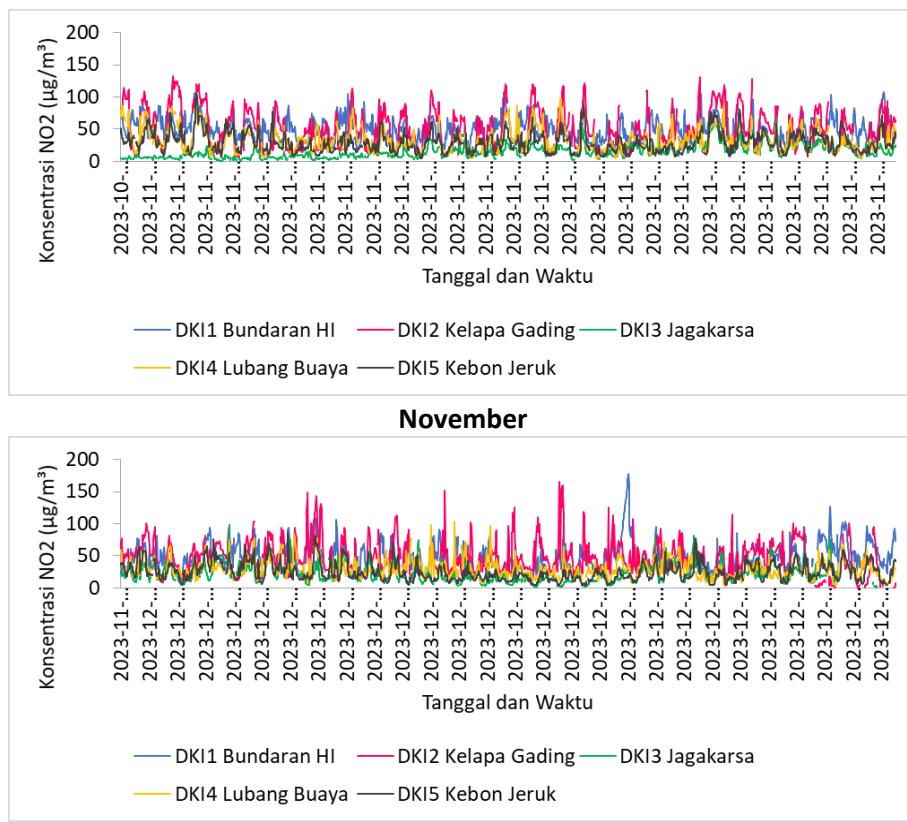
Gambar 46 Fluktuasi konsentrasi NO_2 per 30 menit tahun 2023



Gambar 46 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit tahun 2023



Gambar 46 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit tahun 2023

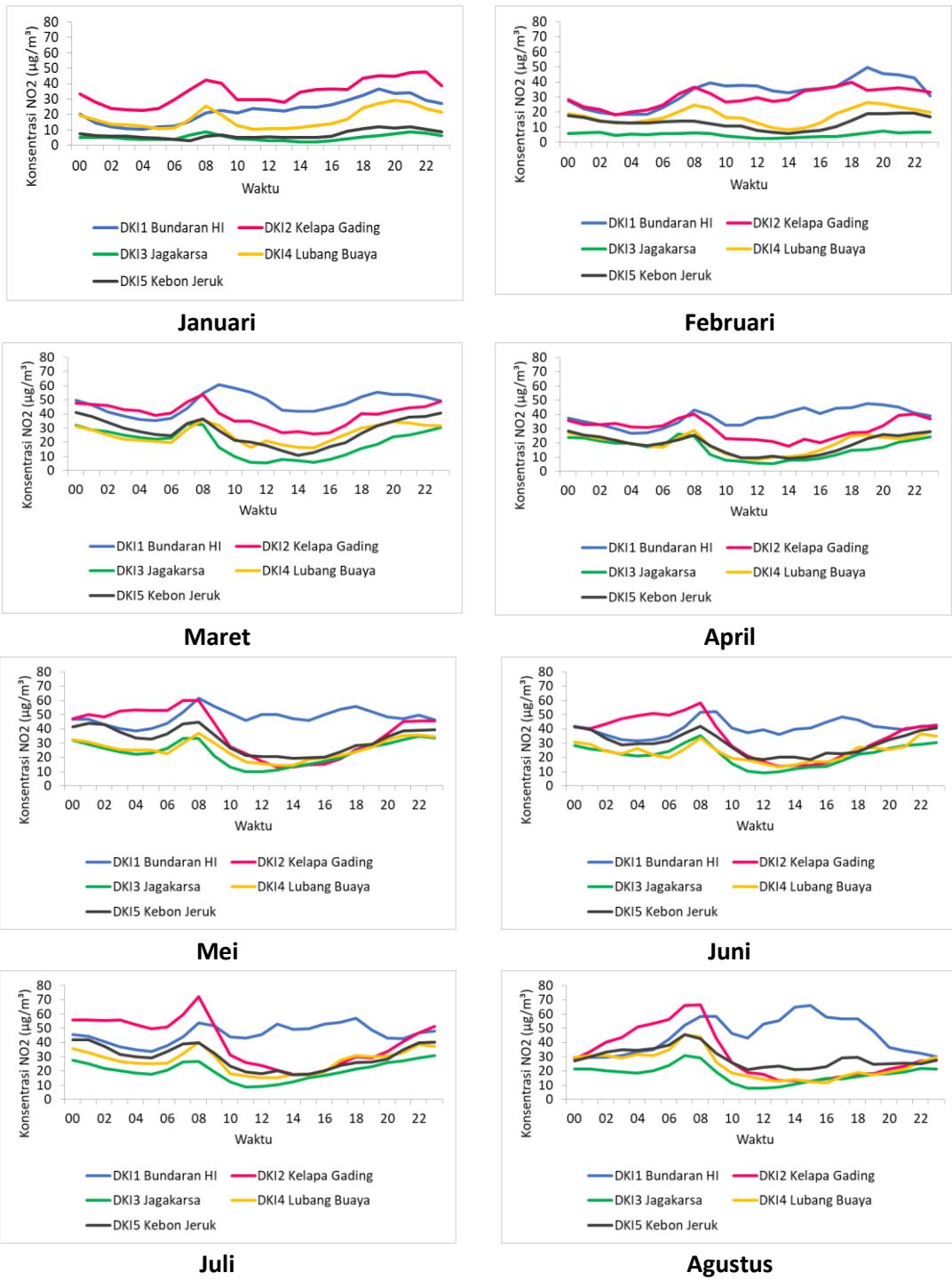


Gambar 46 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit tahun 2023

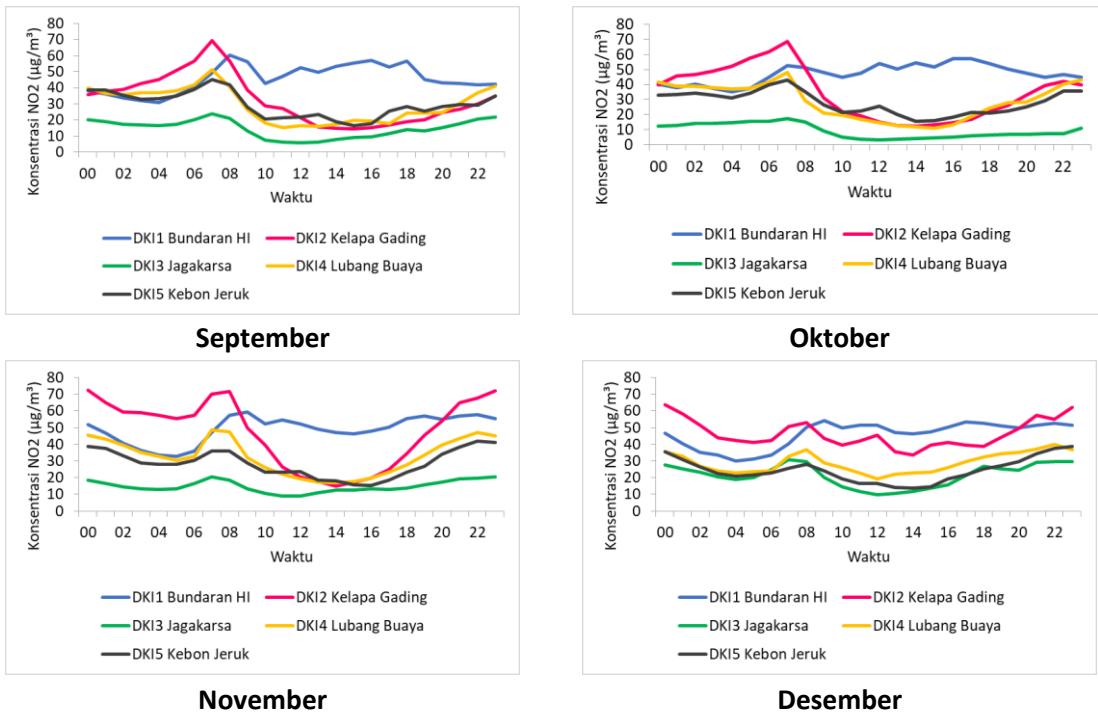
Fluktuasi konsentrasi NO₂ diurnal (rata-rata per jam)

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 dan maksimum pada malam hari, menurun pada siang hari, dan terdapat peningkatan sesaat pada pagi hari sekitar pukul 08.00 di setiap lokasi (Gambar 47). Konsentrasi NO₂ jam 00.00-08.00 WIB tertinggi terjadi di DKI2 Kelapa Gading, selanjutnya konsentrasi NO₂ setelah jam 08.00 WIB tertinggi terjadi di DKI1 Bundaran HI, kecuali di bulan Januari DKI2 Kelapa Gading memiliki konsentrasi tertinggi sepanjang hari.

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 DKI3 Jagakarsa merupakan yang terendah dibandingkan lokasi lainnya selama tahun 2023. 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.



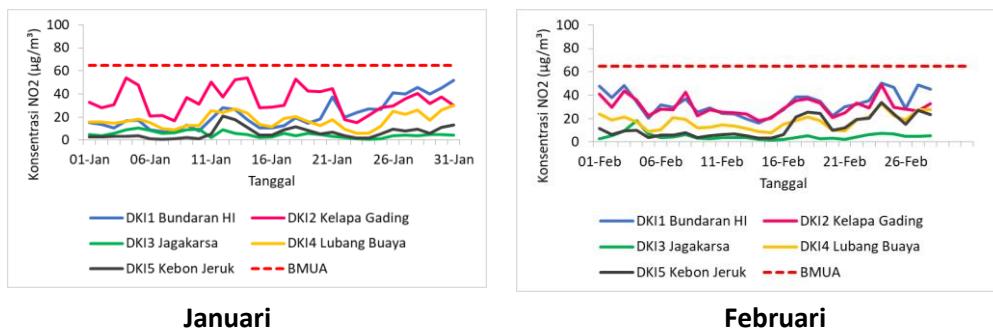
Gambar 47 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ per bulan tahun 2023



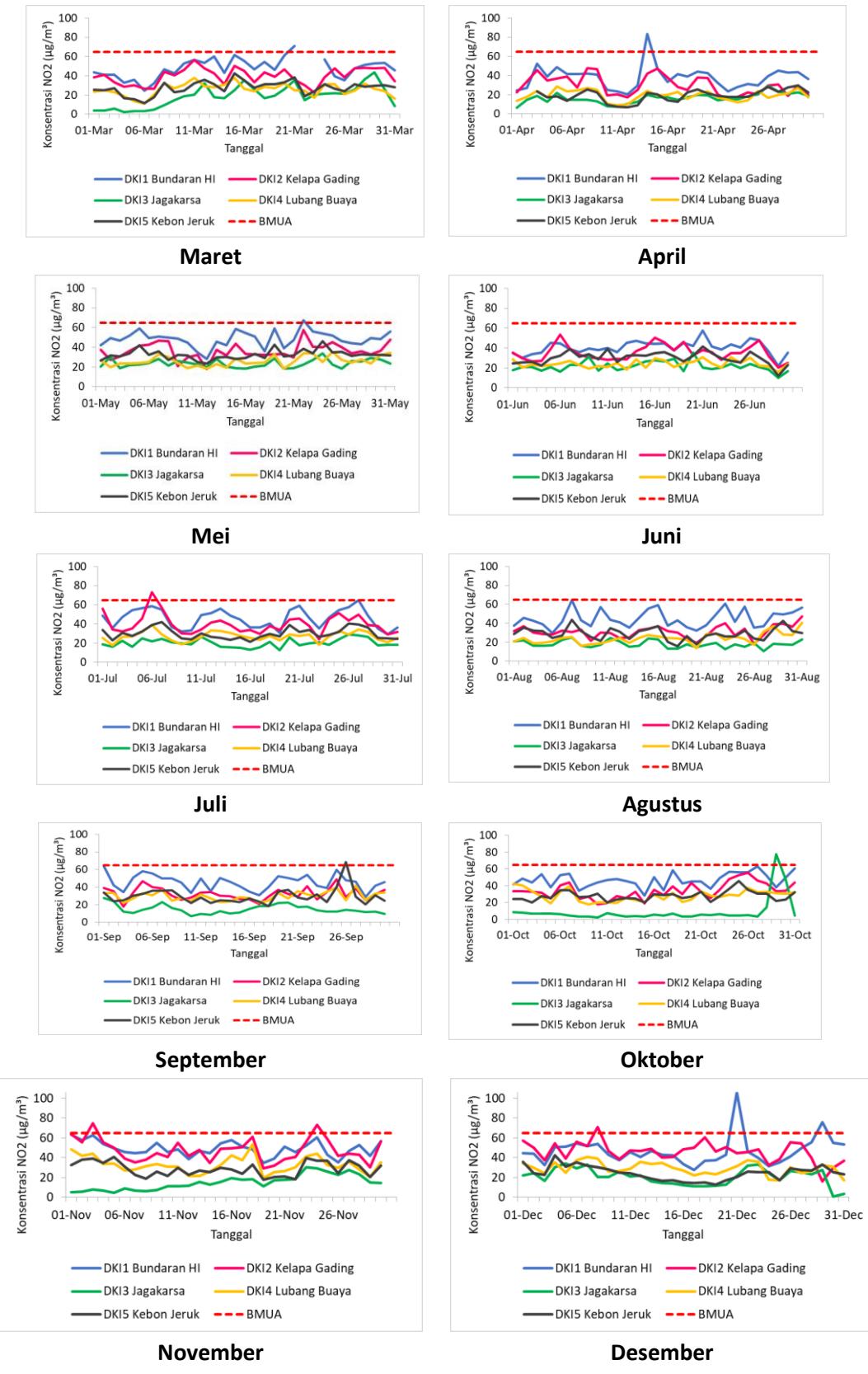
Gambar 47 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ per bulan tahun 2023

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 µg/m³. Konsentrasi rata-rata harian NO₂ yang melampaui BMUA nasional tercatat pada beberapa hari saja sebagaimana terlihat pada Gambar 48. Konsentrasi rata-rata NO₂ tertinggi terjadi di DKI1 Bundaran HI kecuali pada bulan Januari, November dan Desember konsentrasi rata-rata NO₂ di DKI2 Kelapa Gading juga meningkat. Sedangkan konsentrasi rata-rata harian NO₂ terendah pada bulan Januari-Desember terjadi di DKI3 Jagakarsa, kecuali pada akhir Oktober terjadi peningkatan.



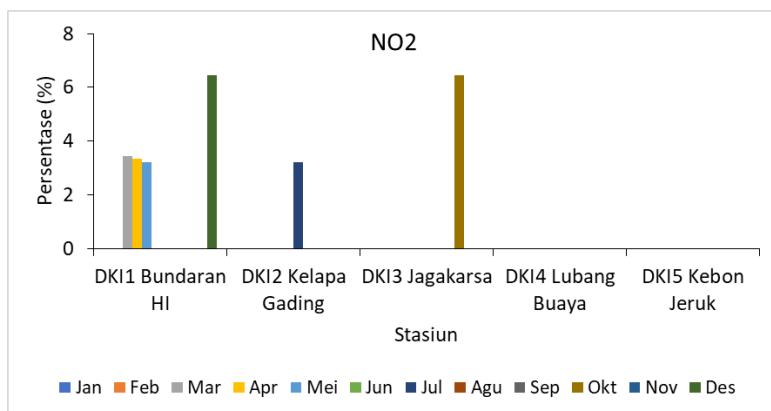
Gambar 48 Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian tahun 2023



Gambar 48 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian tahun 2023

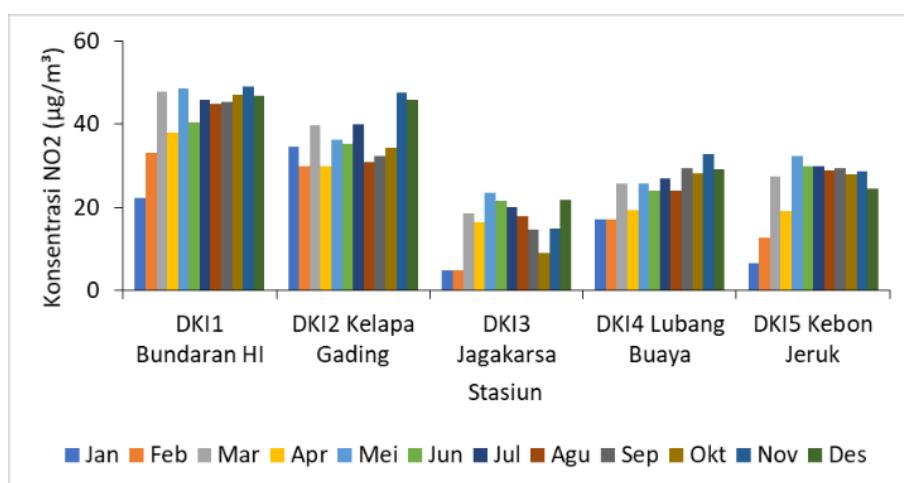
Jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata harian NO₂ melebihi nilai BMUA terdapat di DKI1 Bundaran HI pada bulan Maret-Mei dengan persentase tertinggi sebesar 3%, di DKI

Kelapa Gading pada bulan Juli sebesar 3% serta DKI3 Jagakarsa pada bulan Oktober sebesar 7% (Gambar 49). 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 NO₂ di wilayah tersebut seperti aktivitas pembakaran sampah maupun merokok.



Gambar 49 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 µg/m³)

Berdasar rata-rata harian antar bulan, di setiap SPKUA DLH DKI, konsentrasi rata-rata harian bulan Januari-Oktober cukup berfluktuasi (Gambar 50). Secara umum pola konsentrasi NO₂ rata-rata harian di DKI1 Bundaran HI sama dengan di DKI5 Kebon Jeruk, meningkat dari bulan Januari hingga Maret kemudian turun pada bulan April dan naik kembali di bulan Mei kemudian turun di Juni, dan naik di bulan Juli kemudian turun sampai bulan Oktober. Konsentrasi rata-rata harian NO₂ tertinggi terukur di DKI1 Bundaran HI sedangkan terendah di DKI3 Jagakarsa. Hal ini disebabkan oleh lokasi DKI1 Bundaran HI dekat dengan jalan raya dan sumber utama NO₂ memang dari kendaraan bermotor.



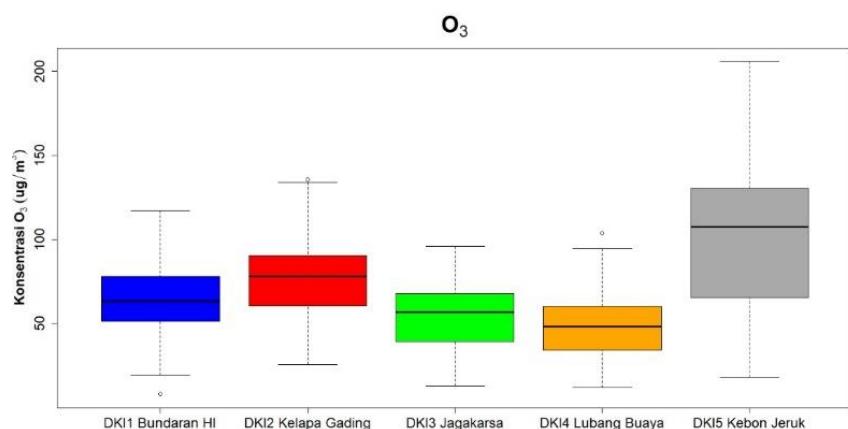
Gambar 50 Konsentrasi rata-rata harian NO₂ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU

2.1.5. Ozon (O_3)

Ozon merupakan gas pencemar yang tidak berwarna pada kondisi standar, namun akan menjadi keunguan jika *mixing* rasinya meningkat dan pada *mixing* rasio > 0.02 ppmv akan menimbulkan bau (Jacobson 2012). Dampak O_3 di permukaan membahayakan mahluk 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 CH₄ (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 (C₅H₈). 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 (Gambar 51). Nilai median dan kisaran terkecil terdapat pada DKI4 Lubang Buaya. Begitu juga dengan kisaran data, kisaran terbesar terdapat pada DKI5 Kebon Jeruk dan terendah terdapat pada DKI4 Lubang Buaya. Di lokasi DKI5 Kebon Jeruk yang terbuka menyebabkan kelimpahan radiasi matahari terukur dan tidak terhalang vegetasi ataupun bangunan.

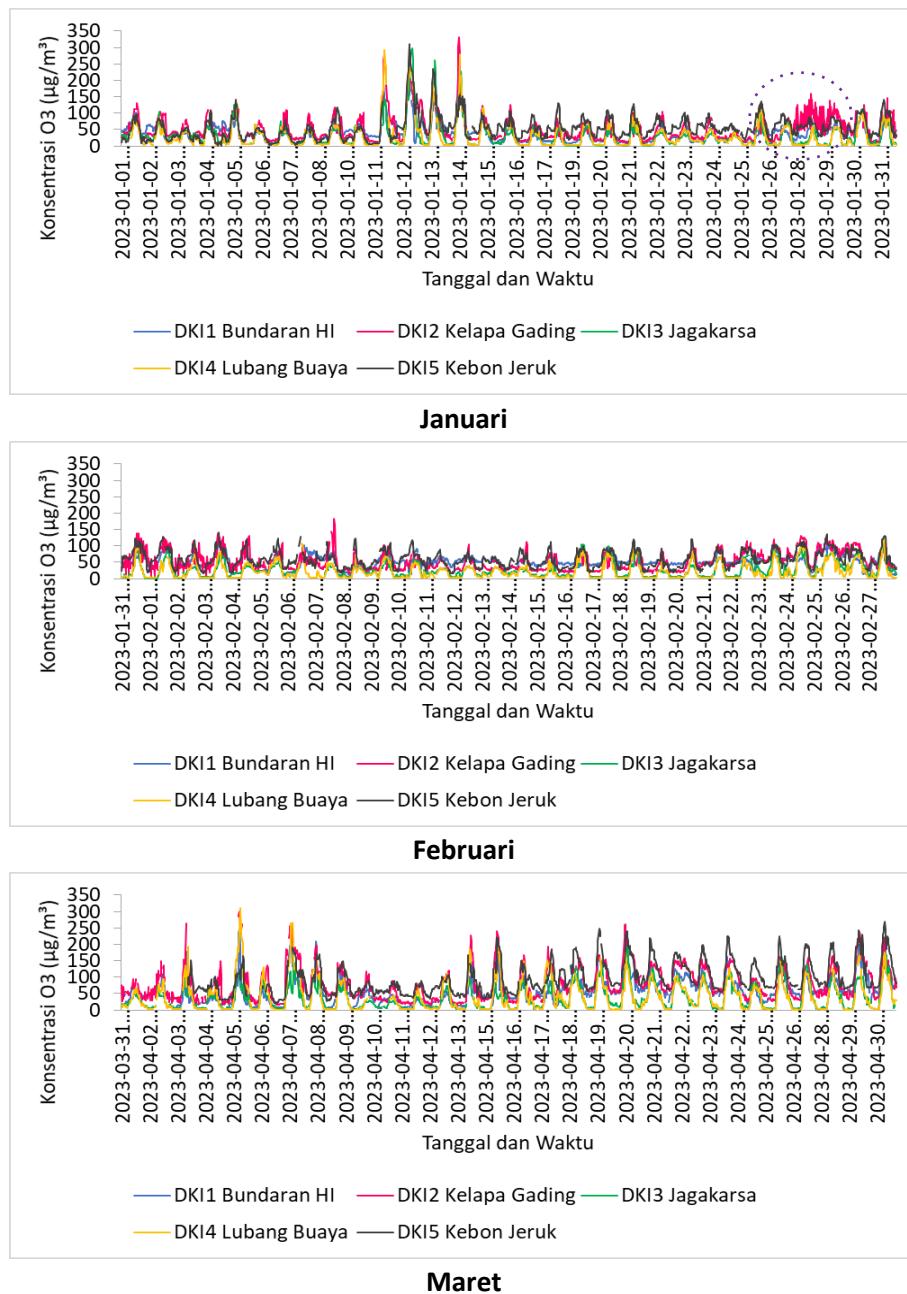


Gambar 51 Kisaran konsentrasi O_3 harian antar lokasi pemantau Januari-Desember tahun 2023

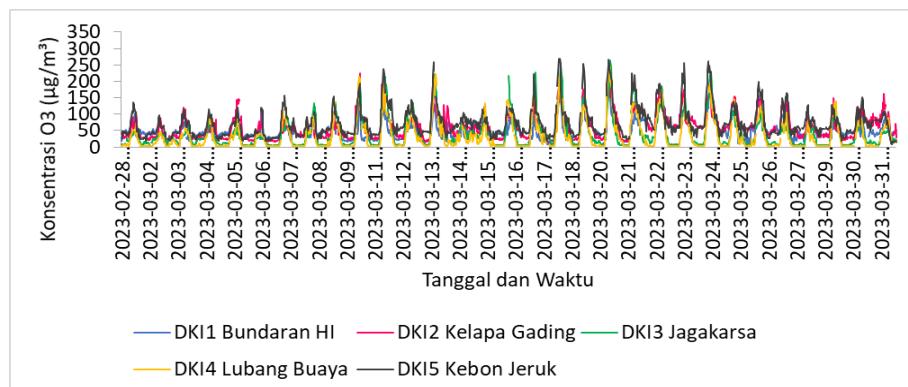
Fluktuasi konsentrasi O_3 per 30 menit

Konsentrasi O_3 hasil pengukuran bulan Januari-Desember 2023 menunjukkan nilai yang fluktuatif, terutama mengikuti waktu siang dan malam. Fluktuasi tinggi terjadi pada bulan Mei-Oktober. Sementara itu, fluktuasi terendah pada bulan Februari (Gambar 52), hal ini berkaitan dengan tingkat keawanan yang tinggi pada musim hujan. Konsentrasi Ozon tertinggi yang tercatat di DKI5 Kebon Jeruk hampir mendekati 354 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada tanggal 6 September. Terdapat pola fluktuasi yang berbeda di DKI2 Kelapa Gading pada akhir Januari 2023.

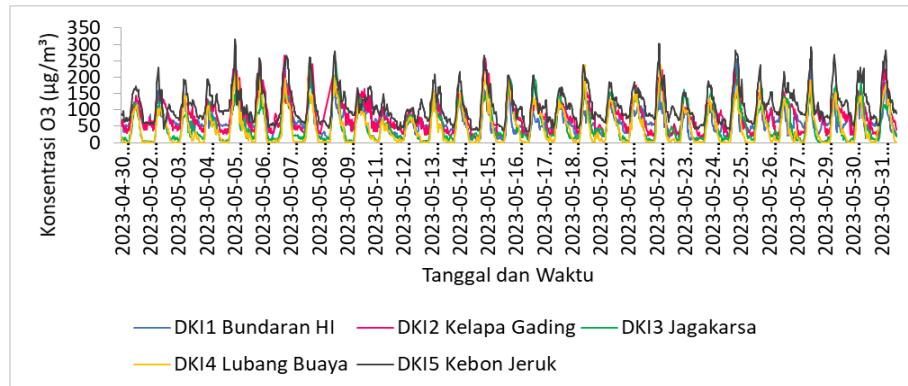
Pada bulan Februari curah hujan cukup tinggi, sehingga pembentukan O₃ terganggu oleh tingkat keawanahan tinggi, radiasi terhalang oleh awan. Pada bulan Maret-Oktober terdapat peningkatan pembentukan O₃, yang dipengaruhi keberlimpahan radiasi matahari, di wilayah DKI Jakarta, dengan posisi di 6° Lintang Selatan.



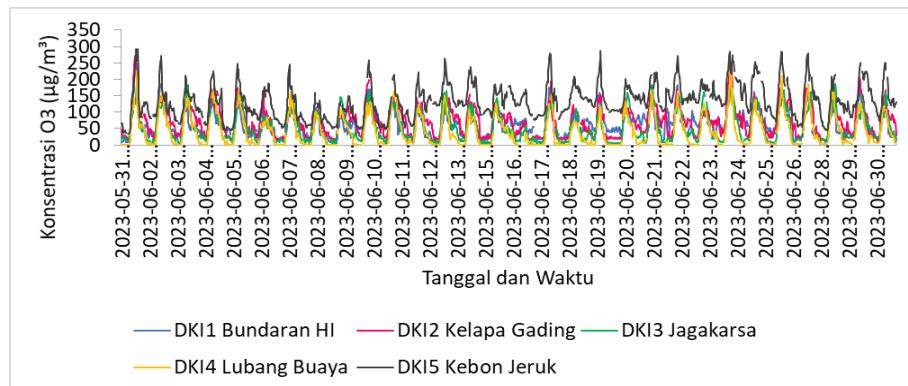
Gambar 52 Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit Januari-Oktober tahun 2023



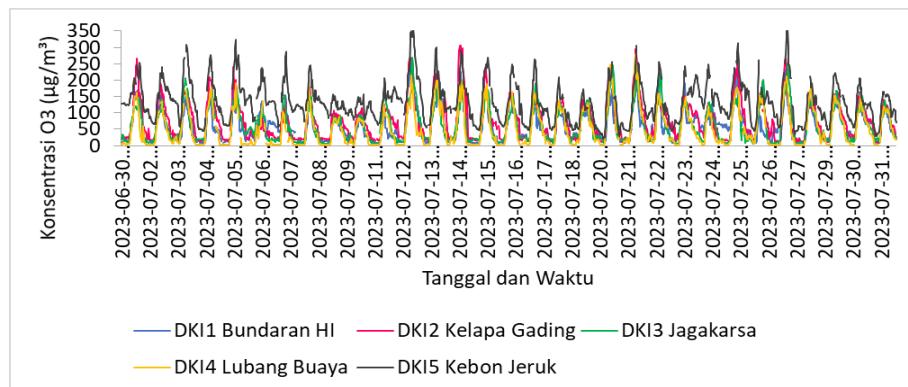
April



Mei

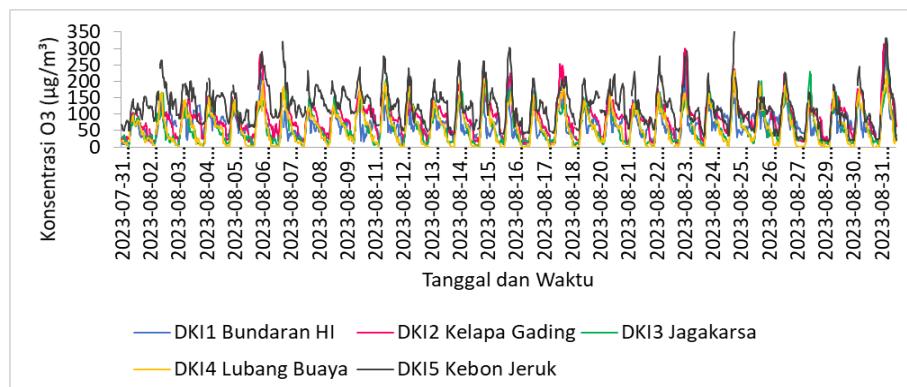


Juni

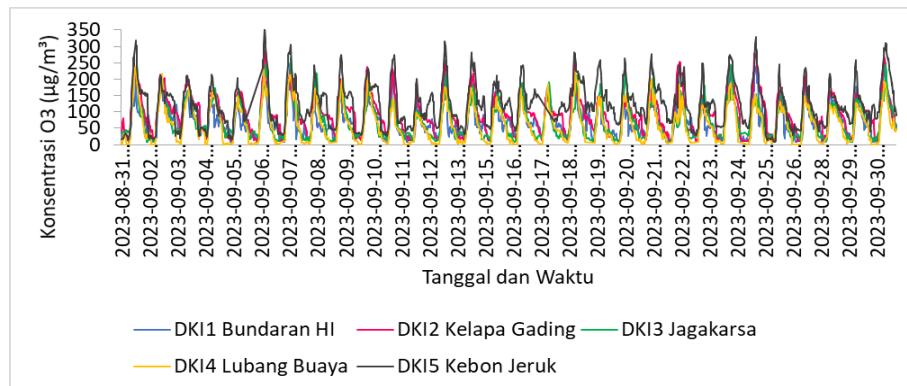


Juli

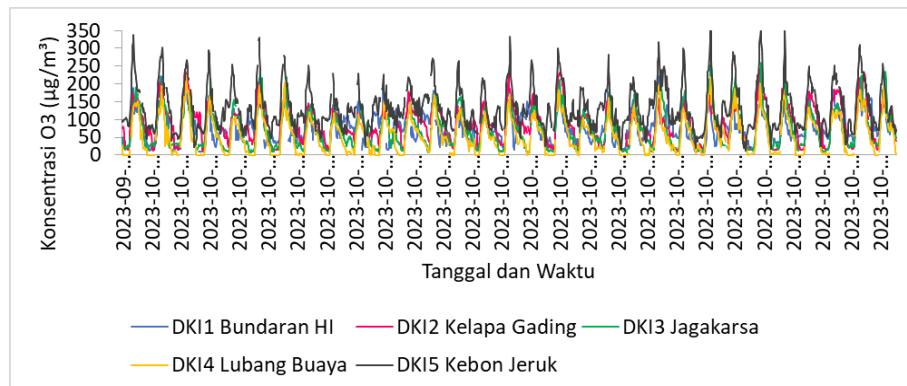
Gambar 52 lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2023



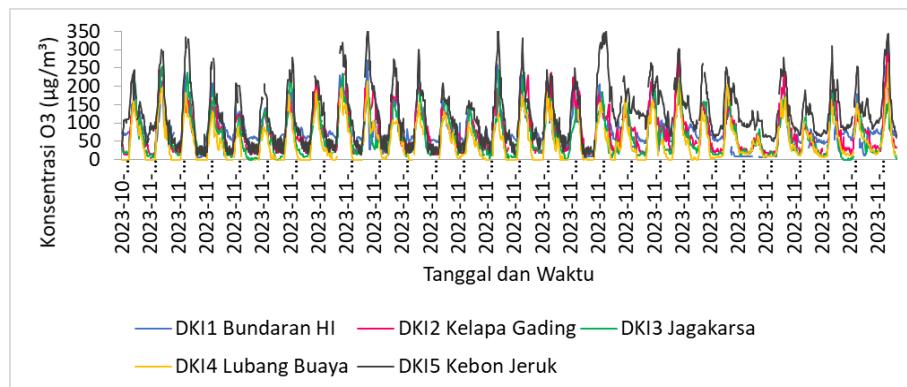
Agustus



September

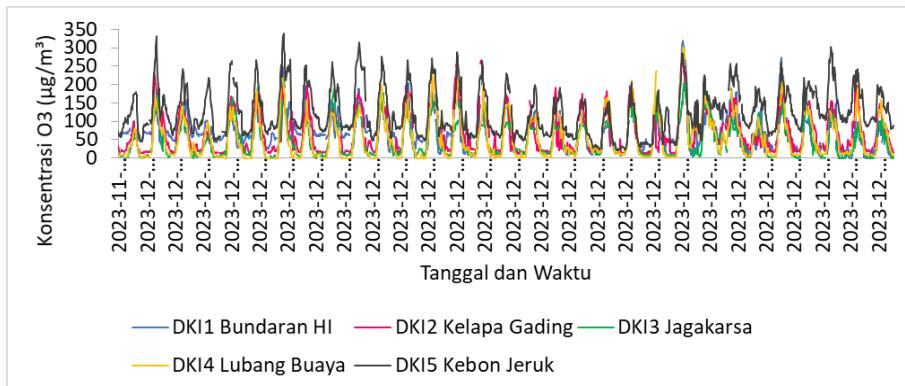


Okttober



November

Gambar 52 lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2023



Desember

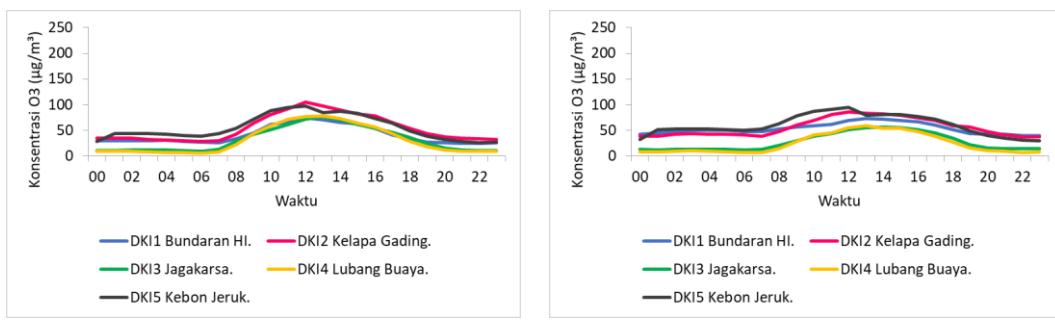
Gambar 52 lanjutan Fluktuasi konsentrasi O_3 per 30 menit tahun 2023

Fluktuasi konsentrasi O_3 diurnal rata-rata per jam

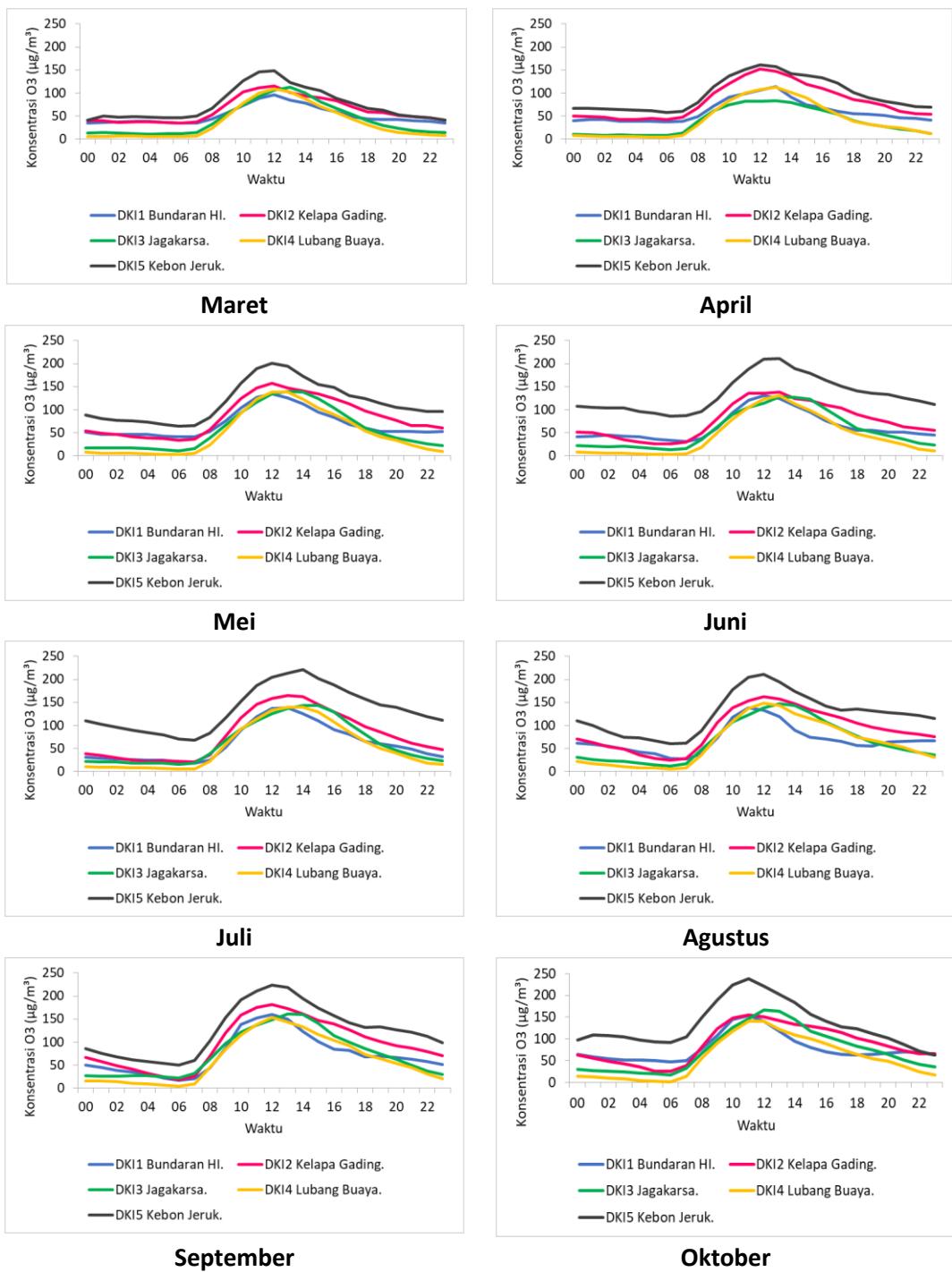
Pola fluktuasi diurnal konsentrasi O_3 ditunjukkan pada Gambar 53. Di seluruh SPKUA polanya sama, maksimum pada siang hari dan minimum pada malam hari. Konsentrasi tertinggi untuk fluktuasi diurnal terdapat di DKI5 Kebon Jeruk, dengan konsentrasi rata-rata maksimum pada jam 11.00 WIB, sebesar $238 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Menjelang malam terjadi penurunan seiring dengan tenggelamnya matahari dan radiasi mencapai 0, konsentrasi O_3 juga mendekati 0, terutama di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Namun konsentrasi O_3 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 0.

Ozon sangat berkaitan erat dengan radiasi matahari, sehingga penurunan akan sangat jelas pada malam hari, namun pada beberapa kasus terjadi keterlambatan penguraian O_3 pada malam hari karena sebab-sebab tertentu. Menurut Plocoste *et al.* (2018), konsentrasi O_3 menurun akibat adanya efek titrasi oleh NO dan NO_2 . Konsentrasi O_3 pada malam hari tidak turun hingga nol, tetapi stabil hingga pagi hari, karena efek titrasi berkurang akibat tercapainya fase ekuilibrium O_3 , NO dan NO_2 . Konsentrasi O_3 terendah malam hari tercatat di DKI4 Lubang Buaya, sedangkan tertinggi di Kebon Jeruk.

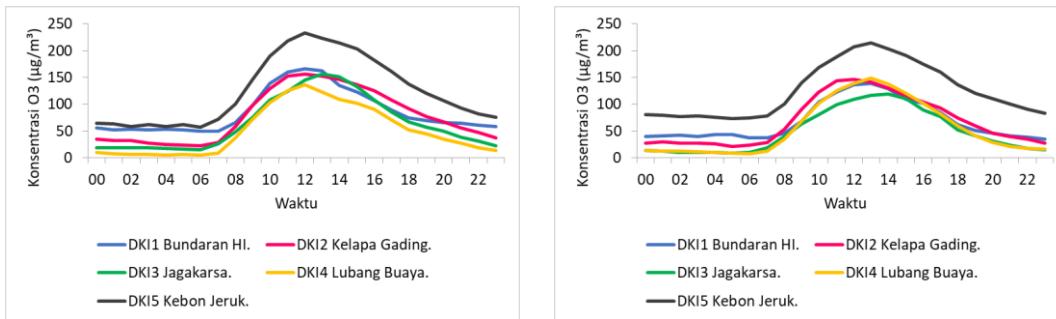
Nilai BMUA untuk 1 jam adalah sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Secara umum tidak ada yang melebihi BMUA 1 Jam di semua lokasi kecuali di DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Maret-Oktober pada siang hari sudah melebihi nilai BMUA tersebut. Nilai konsentrasi meningkat di siang hari mulai pukul 10 pagi, yaitu berkisar di atas $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari keseluruhan SPKUA, konsentrasi tertinggi berada pada pukul 12 siang kecuali bulan Juli sekitar pukul 14 siang.



Gambar 53 Fluktuasi diurnal konsentrasi O_3 Januari - Desember tahun 2023



Gambar 53 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi O_3 Januari - Desember tahun 2023



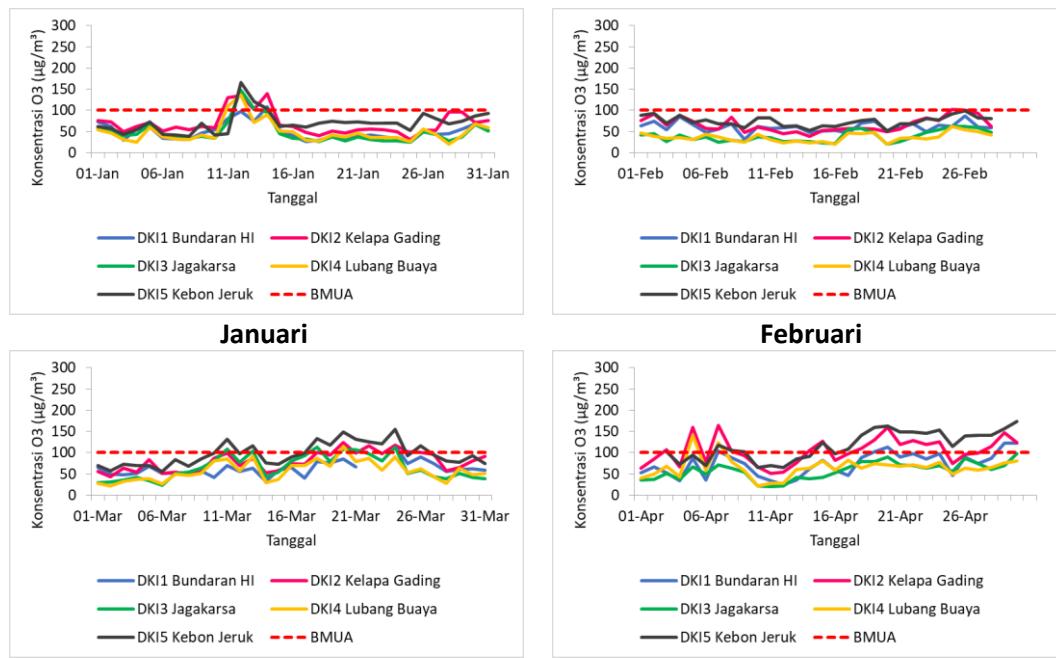
November

Desember

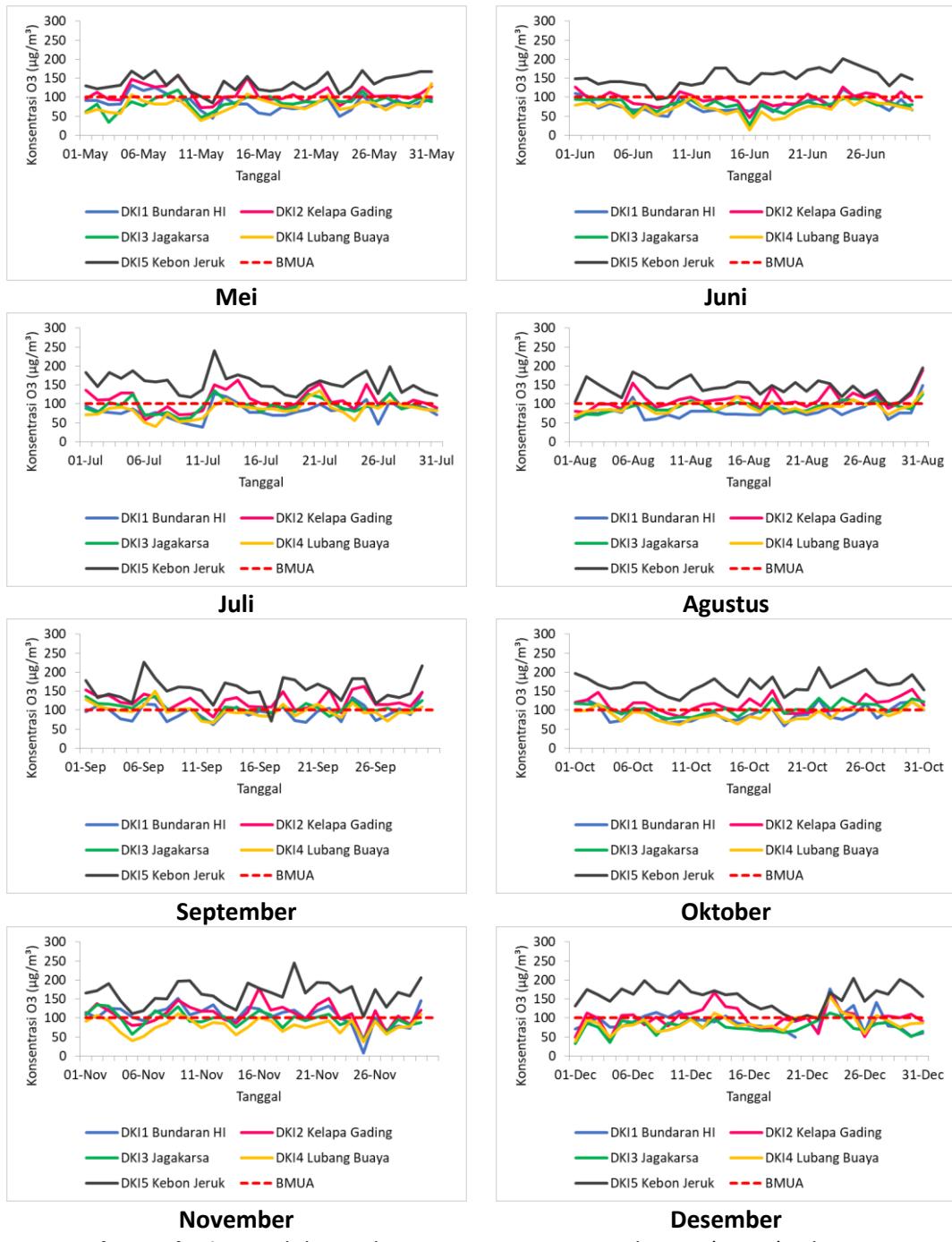
Gambar 53 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi O₃ Januari - Desember tahun 2023

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 peningkatan nilai O₃ pada bulan Maret - Mei. Data rata-rata harian di semua lokasi SPKUA tiap bulan terdapat hari yang melampaui nilai BMUA 8 jam sebesar 100 µg/m³ kecuali pada bulan Februari semua lokasi SPKUA tidak ada yang melebihi nilai BMUA 8 jam, hanya saja di DKI2 Kelapa Gading pada tanggal 25 - 26 melebihi BMUA pada bulan tersebut. Konsentrasi O₃ tertinggi pada bulan Januari - Desember terukur di DKI5 Kebon Jeruk dan terendah di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 54).

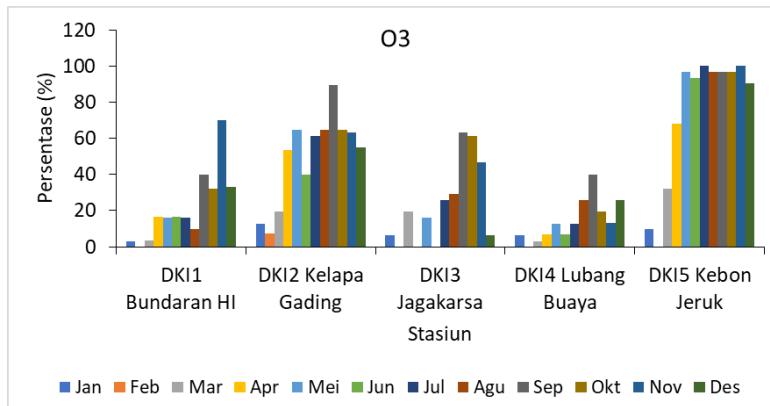


Gambar 54 Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata harian (8 jam) tahun 2023



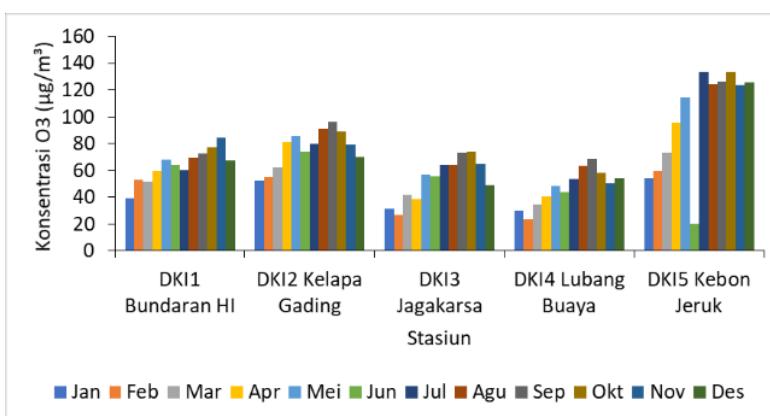
Gambar 54 lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata harian (8 jam) tahun 2023

Persentase hari yang memiliki nilai rata-rata melebihi nilai BMUA selama Januari-Desember 2023 ditampilkan pada Gambar 55. Secara umum pada bulan Januari-Desember semua lokasi terdapat hari yang melebihi BMUA nasional kecuali pada bulan Februari. Persentase jumlah hari yang melebihi BMUA tertinggi terjadi pada bulan Juli dan November di DKI5 Kebon Jeruk mencapai 100%. Persentase hari yang melampaui nilai BMUA O₃ harian (8 jam) per bulan, rendah di DKI4 Lubang Buaya.



Gambar 55 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 8 jam (PP 22 tahun 2021; 100 µg/m³)

Secara umum berdasar data rata-rata harian pada semua lokasi SPKUA menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi pada bulan Januari-Okttober/November. Memasuki bulan Desember konsentrasi O₃ yang terukur menurun, terkait dengan kondisi memasuki musim hujan. Konsentrasi O₃ per bulan tertinggi terjadi pada bulan September di semua lokasi SPKUA dan terendah terjadi pada bulan Januari di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading, bulan Juni di DKI5 Kebon Jeruk serta bulan Februari di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi rata-rata harian O₃ tertinggi terjadi di DKI5 Kebon Jeruk dan terendah di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 56).



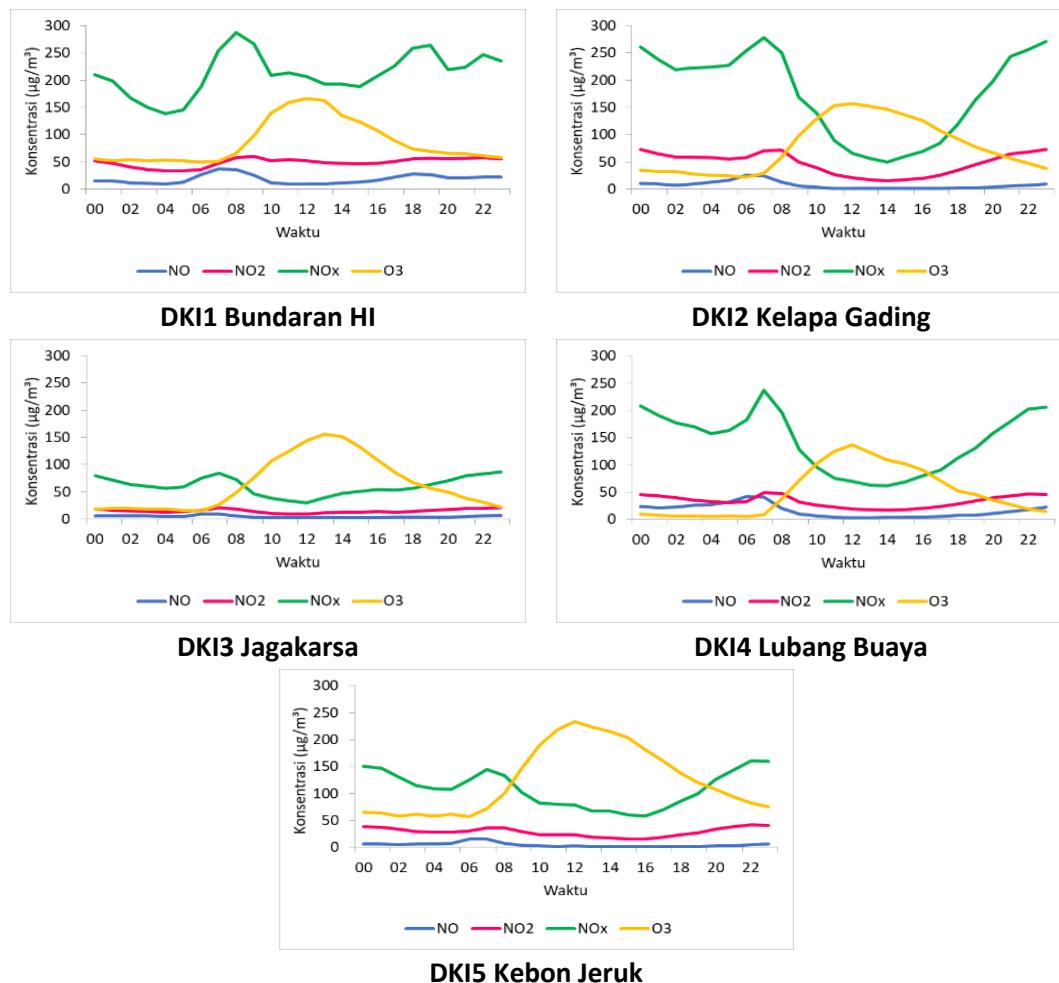
Gambar 56 Konsentrasi rata-rata harian O₃ per bulan tahun 2023 pada tiap SPKU

Pembentukan Ozon dengan precursor *biogenic* VOC (BVOC) perlu juga dipertimbangkan memberi kontribusi terhadap pembentukan O₃. Namun pada data yang diukur di SPKUA parameter VOC tidak lengkap sehingga keterkaitannya dengan fluktuasi O₃ belum dianalisis.

Ozon merupakan pencemar sekunder yang dapat terbentuk oleh zat lain maka perlu dilihat hubungan dengan prekursoranya. Beberapa prekursor Ozon diantaranya NO, NO₂, dan NOx. Berdasar fluktasi diurnal selama tahun 2023 (Gambar 57), bahwa pola Ozon berbanding terbalik dengan prekursornya dalam hal ini NO, NO₂, dan NOx. Namun, jika terdapat data yang lengkap dapat dilakukan analisis lanjut hubungan O₃ dan hidrokarbon maupun VOC.

Berdasar fluktuasi konsentrasi pada Gambar 58, pada siang hari saat terjadi kenaikan O₃ bersamaan dengan konsentrasi NO, NO₂ dan NOx menurun. Hal ini dimungkinkan karena NO, NO₂ dan NOx sebagai prekursor pembentukan O₃. Sementara jika dibandingkan antara lokasi, ketika

perbedaan NO dan NO₂ besar, maka O₃ yang terukur lebih tinggi, hal ini terlihat dari data di DKI2 Kelapa Gading. Kondisi ini dipengaruhi oleh efek titrasi (Palomera *et al.* 2016, Balamurugan *et al.* 2022, Wang *et al.* 2022).



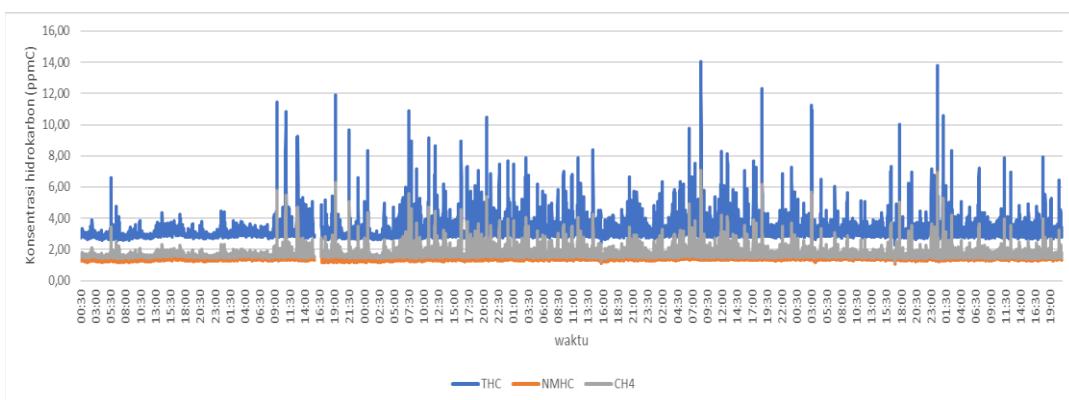
Gambar 57 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO₂, NOx, dan O₃ selama tahun 2023

2.1.6. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon adalah senyawa yang terdiri dari *hydrogen* 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 asthma 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

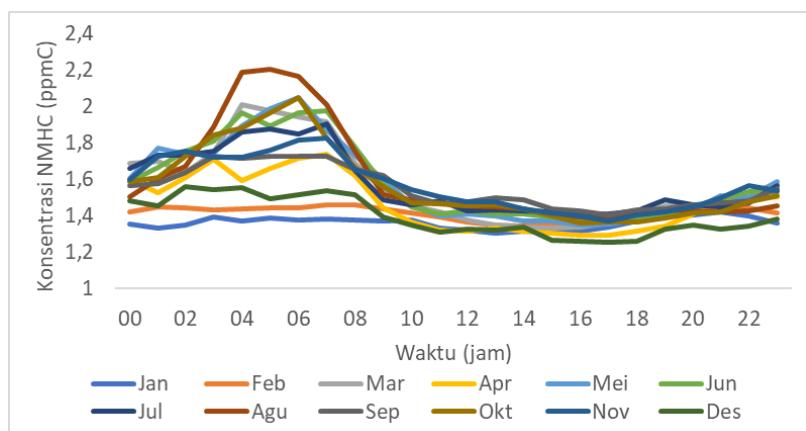
Pengukuran hidrokarbon (HC) di DKI Jakarta tercatat hanya di SPKUA DKI1 Bundaran HI. Konsentrasi per 30 menit tertinggi tercatat pada bulan Agustus tanggal 1 sebesar 7.02 ppmC untuk NMHC, 14 ppmC untuk THC dan. Hal ini berkaitan dengan aktivitas transportasi yang lebih tinggi di sekitar DKI1 Bundaran HI. Pada dasarnya rata-rata nilai HC yang terukur relatif stabil antar bulan kecuali pada bulan Maret-Mei dan Agustus-Oktober terdapat peningkatan nilai HC pada hari-hari tertentu hingga mencapai lebih dari 5 ppmC. Pada akhir Desember terjadi penurunan nilai NMHC menjadi sangat rendah, hal ini dapat berkaitan dengan libur akhir tahun menjelang tahun baru 2024 yang jatuh pada hari Senin. Hal ini mendorong libur panjang dan aktivitas transportasi sekitar Bundaran HI yang dikelilingi perkantoran menjadi lebih rendah aktivitas transportasinya.



Gambar 58 Fluktuasi konsentrasi hidrokarbon per 30 menit di Bundaran HI

Fluktuasi konsentrasi diurnal NMHC

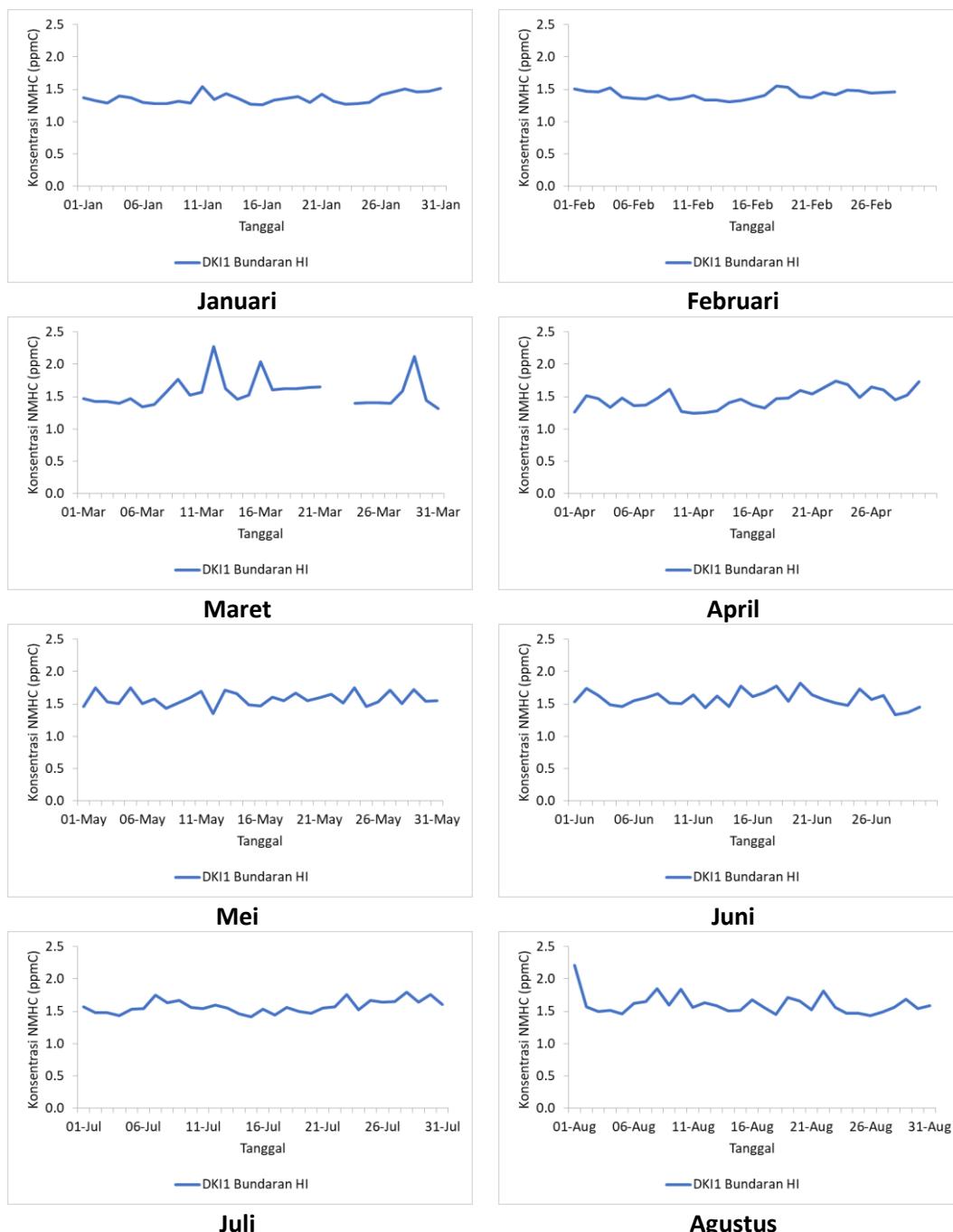
Pola diurnal hidrokarbon dalam hal ini diwakili oleh NMHC cenderung konstan pada bulan Januari dan Februari, pada bulan Maret-November tampak peningkatan pada pagi hari pukul 04.00-07.00 WIB pagi. Konsentrasi NMHC menurun menjelang siang hari, relatif konstan hingga naik kembali menjelang malam hingga puncak pada dini hari (Gambar 59). Puncak konsentrasi tertinggi NMHC terukur pada bulan Agustus, dengan konsentrasi rata-rata per jam tertinggi di mencapai 2.5 ppmC. Memasuki bulan September menurun kembali hingga Desember.

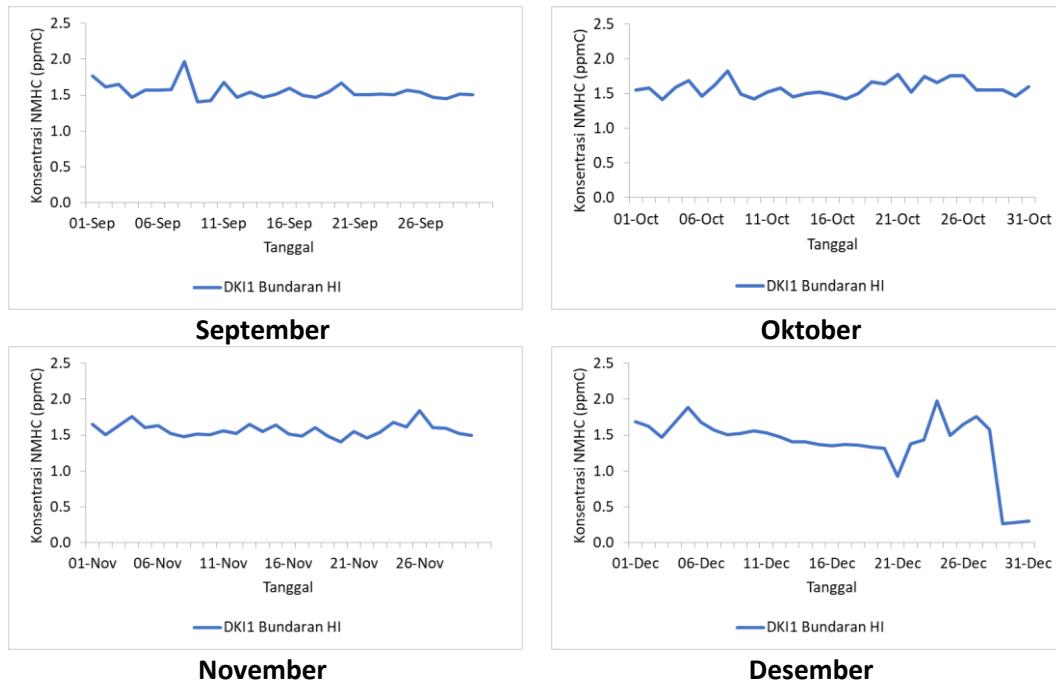


Gambar 59 Fluktuasi diurnal hidrokarbon (NMHC)

Fluktuasi konsentrasi harian NMHC

Fluktuasi harian tidak berbeda jauh dengan fluktuasi diurnal, pada bulan Januari dan Februari relatif konstan, dibandingkan bulan-bulan lain yang lebih berfluktuasi (Gambar 60). Rata-rata harian berkisar antara 1.2 hingga 2.3 ppmC, agak tinggi pada awal bulan Juni, namun menurun drastis pada akhir Desember.





Gambar 60 Konsentrasi harian NMHC Januari-Desember tahun 2023

2.2. 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.

Pada umumnya konsentrasi PM_{2.5} fluktuatif secara diurnal dalam sepekan, namun terdapat peningkatan pada hari Senin-Kamis serta Sabtu malam hingga Minggu pagi terutama di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 61). Konsentrasi PM_{2.5} di DKI4 Lubang Buaya lebih fluktuatif dibanding lokasi lain dan sedikit menurun pada hari Jumat. Secara umum, konsentrasi PM_{2.5} menurun setelah pukul 18 di semua SPKUA dan meningkat di siang hari.

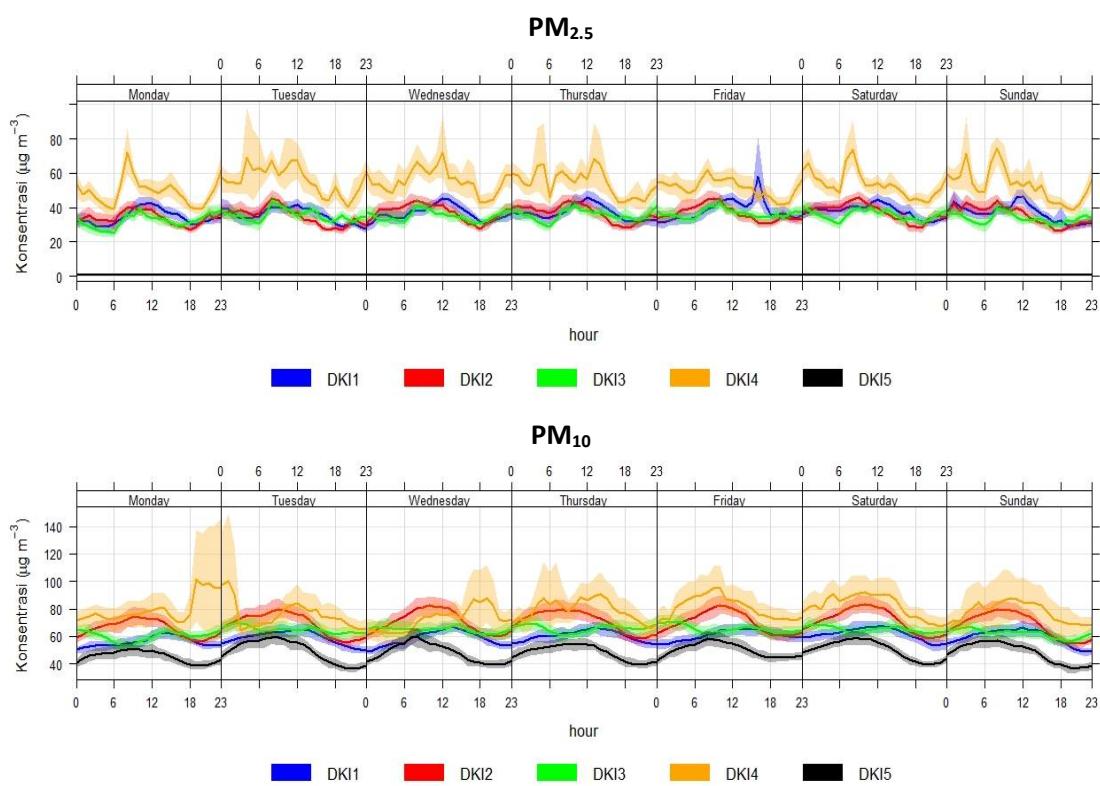
Konsentrasi PM₁₀ tertinggi terukur di DKI2 Kelapa Gading kecuali Rabu Malam, Kamis dan Jumat pagi konsentrasi PM₁₀ tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 61). Sementara itu, konsentrasi PM₁₀ terendah terukur di DKI5 Kebon Jeruk secara diurnal dalam sepekan. Pola konsentrasi CO relatif sama di semua SPKUA (Gambar 61). Konsentrasi CO secara diurnal dalam sepekan tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya diikuti DKI5 Kebon Jeruk. Secara umum konsentrasi CO menurun saat siang hari dan naik saat malam sampai pagi hari. Sedangkan **pola fluktasi selama 24 jam** relatif stabil dari Senin-Minggu, kecuali di DKI 1 Bundaran HI, Sabtu dan Minggu terjadi penurunan konsentrasi CO.

Konsentrasi SO₂ antar hari selama sepekan tidak terlalu berfluktuasi kecuali di DKI2 Kelapa Gading (Gambar 61). Konsentrasi SO₂ di DKI2 Kelapa Gading terlihat naik dari tengah malam sampai jam 12 siang dan menurun setelahnya. Konsentrasi SO₂ tertinggi di Jagakarsa, dan terukur lebih dari 35 µg/m³ di DKI2 Kelapa Gading, DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Sementara itu, di

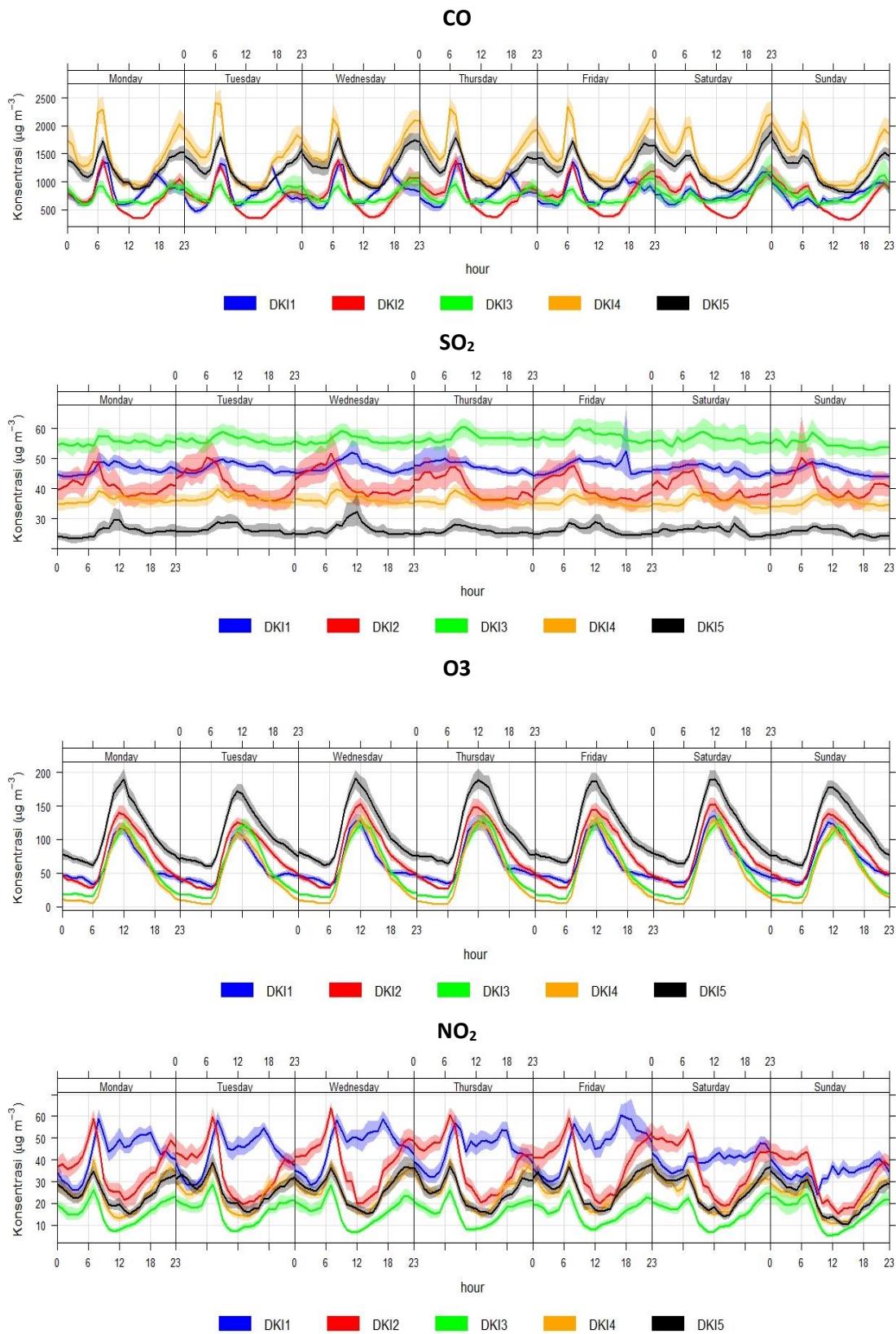
DKI5 Kebon Jeruk konsentrasi terukur di bawah $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan merupakan terendah diantara SPKUA lainnya.

Konsentrasi O_3 sangat fluktuatif dan polanya sama dari hari Senin-Minggu. Konsentrasi O_3 tinggi pada siang hari (jam 6 sampai 18) dan rendah pada malam hari, hal ini berkaitan dengan radiasi matahari. Ozon merupakan polutan sekunder yang pembentukannya membutuhkan bantuan cahaya matahari melalui reaksi fotokimia. 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 $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Konsentrasi NO_2 cukup fluktuatif, dimana konsentrasi terendah terukur di DKI3 Jagakarsa yakni di bawah $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi NO_2 diurnal dalam sepekan tertinggi dari tengah malam sampai jam 6 pagi terukur di DKI2 Kelapa Gading, namun dari jam 6 pagi sampai tengah malam konsentrasi NO_2 tertinggi terukur di DKI1 Bundaran HI. Hal ini menunjukkan emisi NO_2 berasal dari kendaraan bermotor, maka di DKI3 Jagakarsa menjadi terendah karena lokasi SPKUanya berada di dalam kebun pembibitan. 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, sejalan dengan pelaksanaan HBKB sehingga tidak ada kendaraan yang melintas di lokasi tersebut.



Gambar 61 Konsentrasi diurnal bulan Januari-Desember per pekan pada 5 stasiun



Gambar 61 lanjutan Konsentrasi bulan Januari-Desember per pekan pada 5 stasiun

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

Pengukuran pencemar di SPKUA non DLH Provinsi DKI Jakarta dilakukan oleh Kedutaan Amerika Serikat (US Embassy Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan) dan KLHK (Gelora Bung Karno, Jakarta Pusat) serta 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 mengukur PM_{2.5} dan O₃, sedangkan di 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 62).

Nilai rata-rata harian PM_{2.5} relatif mirip antar lokasi, tertinggi di bulan Oktober di US Embassy Jakarta Pusat dan bulan Agustus di GBK KLHK, US Embassy Jakarta Selatan dan BMKG (Gambar 62). Sementara itu, nilai rata-rata harian PM_{2.5} terendah terukur pada bulan Februari kecuali di GBK KLHK, terendah pada bulan Januari. Konsentrasi tertinggi nilai rata-rata harian PM_{2.5} tiap bulan terukur di lokasi yang berbeda beda sebagai contoh bulan Agustus tertinggi data dari BMKG, bulan Maret tertinggi data dari GBK KLHK. Jika dibandingkan dengan SPKUA DLH, konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} SPKUA non DLH relatif lebih tinggi kecuali di DKI4 Lubang Buaya.

Konsentrasi PM₁₀ di GBK menunjukkan nilai tertinggi pada bulan Oktober sebesar 59.4 µg/m³ (Gambar 62), yang masih jauh dibawah SPKUA DLH dimana Konsentrasi PM₁₀ tertinggi terdapat di DKI4 Lubang Buaya pada bulan September hampir mencapai 300 µg/m³. Konsentrasi SO₂ di GBK tertinggi terdapat pada bulan Maret sebesar 29 µg/m³, masih dibawah SPKUA DLH, kecuali DKI5 Kebon Jeruk dan DKI2 Kelapa Gading pada bulan September-Oktober. Konsentrasi SO₂ tertinggi di SPKUA DLH tidak terjadi pada bulan Maret melainkan Oktober kecuali DKI2 Kelapa Gading dimana konsentrasi tertinggi pada bulan Agustus. Konsentrasi CO bulan Januari-Oktober pada SPKUA DLH dan GBK tidak berbeda signifikan, di GBK berkisar antara 728 – 1756 µg/m³ dan pada SPKUA DLH 446 – 2027 µg/m³.

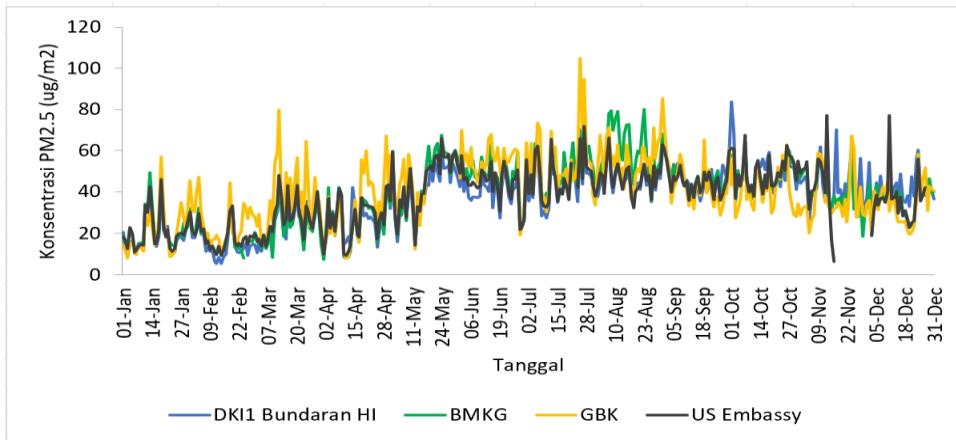
Secara umum konsentrasi O₃ bulanan yang terukur di GBK lebih tinggi daripada US Embassy Jakarta Pusat (Gambar 62). Sementara dibandingkan dengan SPKUA DLH, konsentrasi O₃ bulanan yang terukur di US Embassy Jakarta Pusat lebih rendah dari SPKUA DLH. Selain itu, konsentrasi O₃ bulanan yang terukur di GBK KLHK lebih rendah dari SPKUA DLH kecuali di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Dengan kata lain, konsentrasi O₃ bulanan yang terukur di US Embassy Jakarta Pusat terendah diantara lokasi lainnya dan konsentrasi di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk tertinggi diantara lokasi lainnya.

Konsentrasi NO₂ bulanan di GBK KLHK tertinggi pada bulan Juli sebesar 86 µg/m³ dan terendah bulan September sebesar 21 µg/m³ (Gambar 62). Konsentrasi NO₂ bulanan di GBK KLHK menunjukkan nilai relatif lebih tinggi daripada SPKUA DLH. Konsentrasi HC tertinggi di GBK pada bulan Mei sebesar 50 µg/m³ dan terendah bulan Agustus sebesar 3 µg/m³ (Gambar 62)

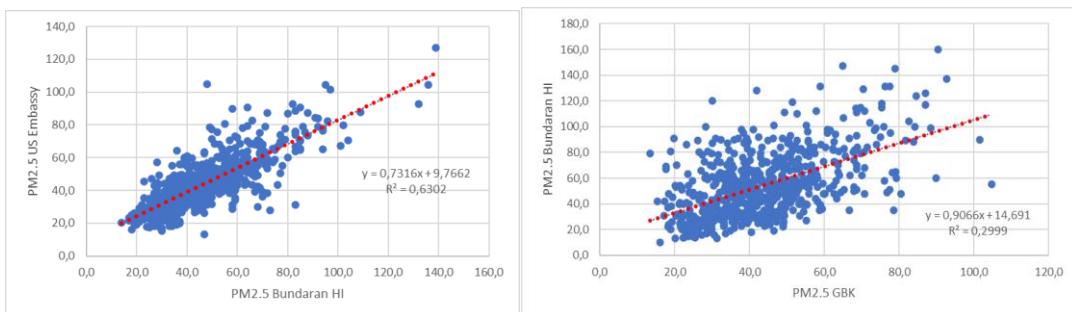


Gambar 62 Konsentrasi bulanan US Embassy dan KLHK Januari-Desember tahun 2023

Data PM_{2.5} yang terukur di US Embassy Jakarta Pusat memiliki fluktuasi data harian yang mendekati data GBK maupun KLHK, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 63. Data PM_{2.5} di GBK lebih tinggi pada awal tahun, namun menjelang akhir tahun lebih rendah dibanding yang lain. Hasil korelasi data per jam (Gambar 64) menunjukkan nilai korelasi lebih besar antara data US Embassy dengan Bundaran HI ($R^2 = 0.6$), dan nilai korelasi lebih rendah antara GBK dengan Bundaran HI ($R^2 = 0.3$). Hal ini dapat dipengaruhi jarak lokasi dan karakter lingkungan sekitar SPKUA.

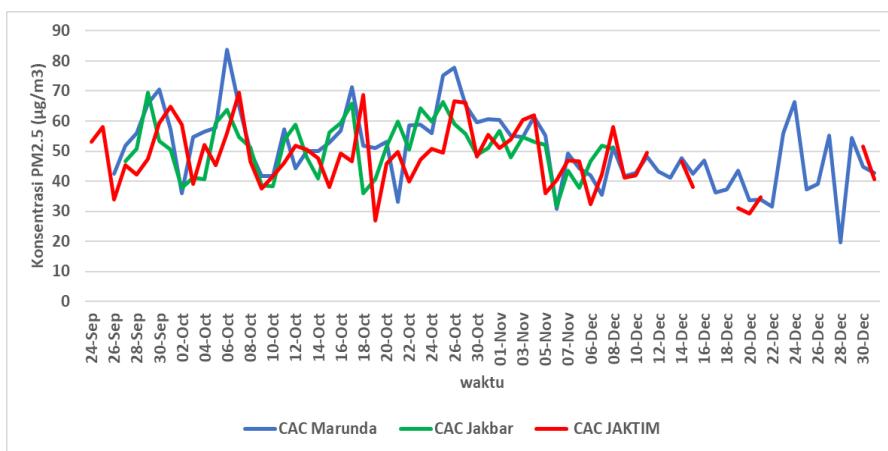


Gambar 63 Pola Fluktuasi data PM_{2.5} SPKUA non DLH DKI di Jakarta Pusat dibandingkan dengan SPKUA DLH DKI1 Bundaran HI



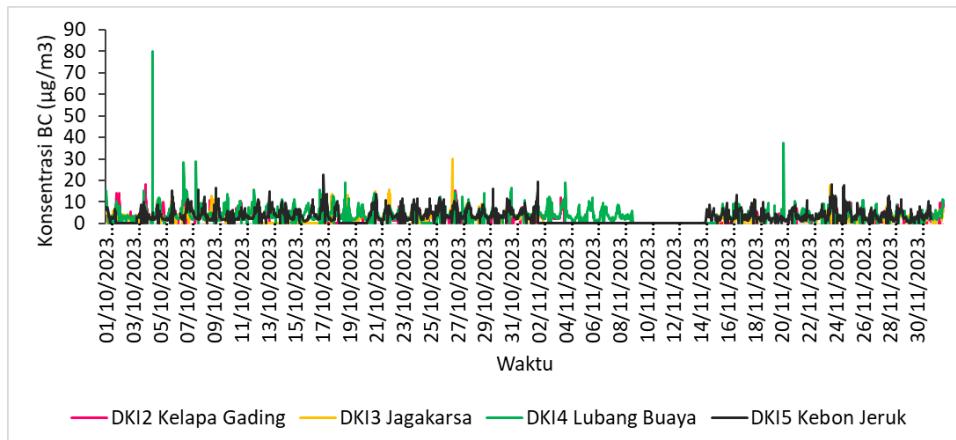
Gambar 64 Analisis scatterplot data PM_{2.5} Bundaran HI dengan GBK dan US Embassy

Hasil pemantauan PM_{2.5} dengan menggunakan alat SPKU milik mitra WRI, ditunjukkan oleh Gambar 65. Data pemantauan mulai terukur pada bulan September hingga Desember 2023. Pola rata-rata harian PM_{2.5} memiliki pola umum yang hampir sama, Marunda dan Jakarta Barat relative lebih tinggi dibanding di Jakarta Timur.



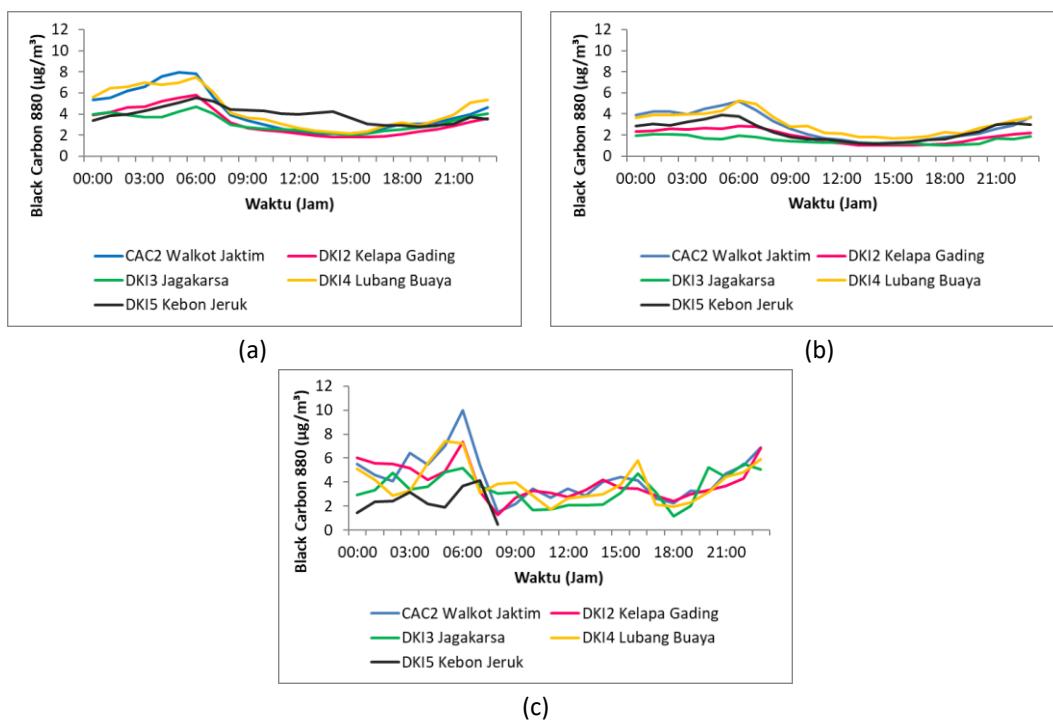
Gambar 65 Konsentrasi PM_{2.5} SPKU WRI Marunda, Jakarta Barat, dan Jakarta Timur

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 66). Konsentrasi per jam menunjukkan besaran yang hampir sama antar lokasi, kecuali di Lubang Buaya pada tanggal 4 Oktober terdapat konsentrasi yang sangat tinggi hingga 80 µg/m³.



Gambar 66 Fluktuasi konsentrasi BC di 5 lokasi pemantauan bulan Oktober-Desember

Konsentrasi BC diurnal bulan Oktober dan November pada Gambar 67 menunjukkan pola mirip dengan pola polutan lainnya, yaitu menurun pada siang hari, meningkat pada malam hari hingga dini hari menjelang pagi. Pola ini mirip dengan pola fluktuasi diurnal partikulat. Namun pola pada bulan Desember relatif tidak beraturan, walaupun secara umum polanya menurun pada siang hari, dengan konsentrasi tertinggi pada sekitar pukul 5-6 pagi. Konsentrasi tertinggi BC terukur di Jakarta Timur (CAC, DKI4), terendah di DKI3 Jagakarsa.



Gambar 67 Konsentrasi Black Carbon diurnal per jam pada 5 lokasi pemantauan per bulan (a) Oktober; (b) November; (c) Desember

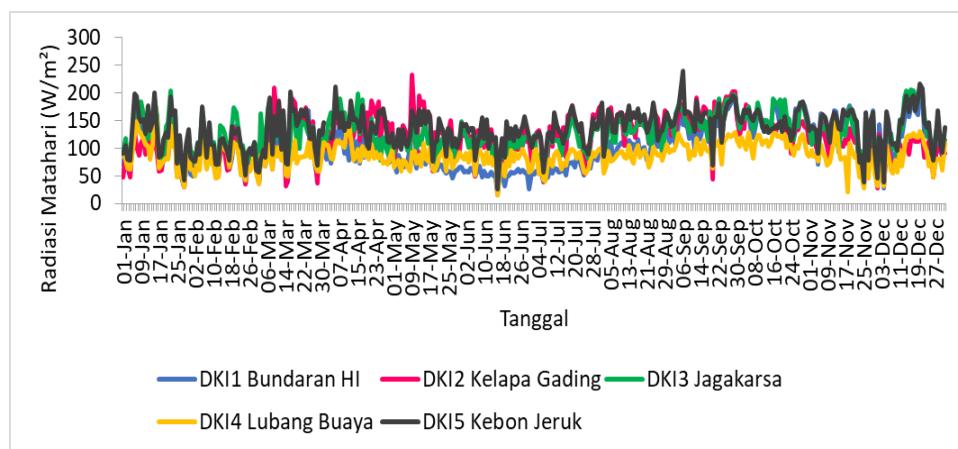
2.4. Analisis Kondisi Meteorologi

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 bulan Januari-Desember tahun 2023 dipaparkan pada sub-sub bab selanjutnya.

2.4.1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan sumber energi di muka bumi, yang selanjutnya dapat mempengaruhi pemanasan permukaan bumi, mempengaruhi suhu udara, yang kemudian mempengaruhi tekanan udara serta proses pergerakan massa udara. Di wilayah DKI Jakarta berdasar data dari SPKUA, fluktuasi radiasi rata-rata harian selama bulan Januari-Desember 2023, maksimum sekitar 239 W/m^2 . 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 68, 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. Pada bulan Mei-Juli, rata-rata radiasi harian relatif menurun, bersamaan dengan posisi matahari di Utara. Paling rendah tercatat di DKI1 Bundaran HI.



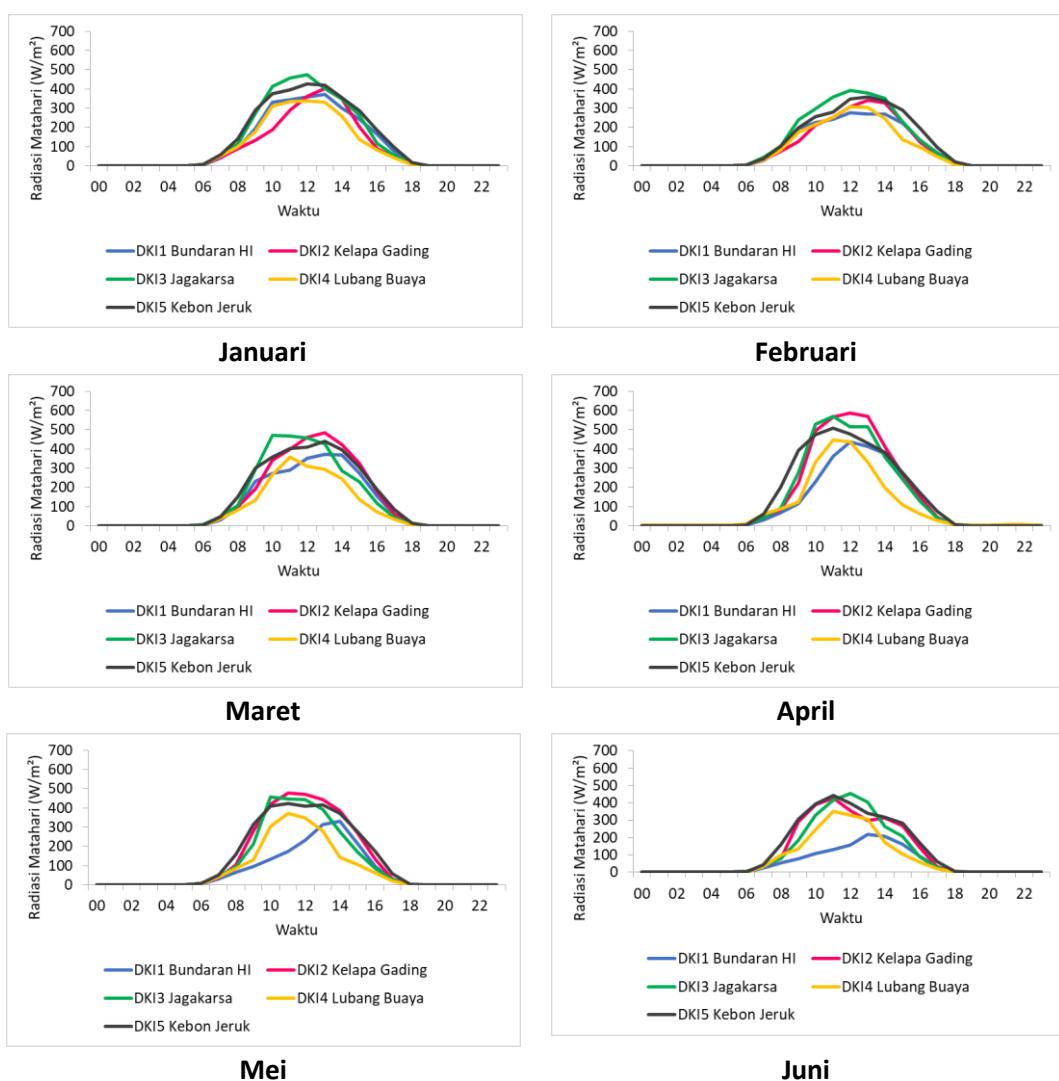
Gambar 68 Fluktuasi radiasi global rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023

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 69. Nilai radiasi maksimum umumnya berkisar jam 11.00 sampai 14.00 WIB.

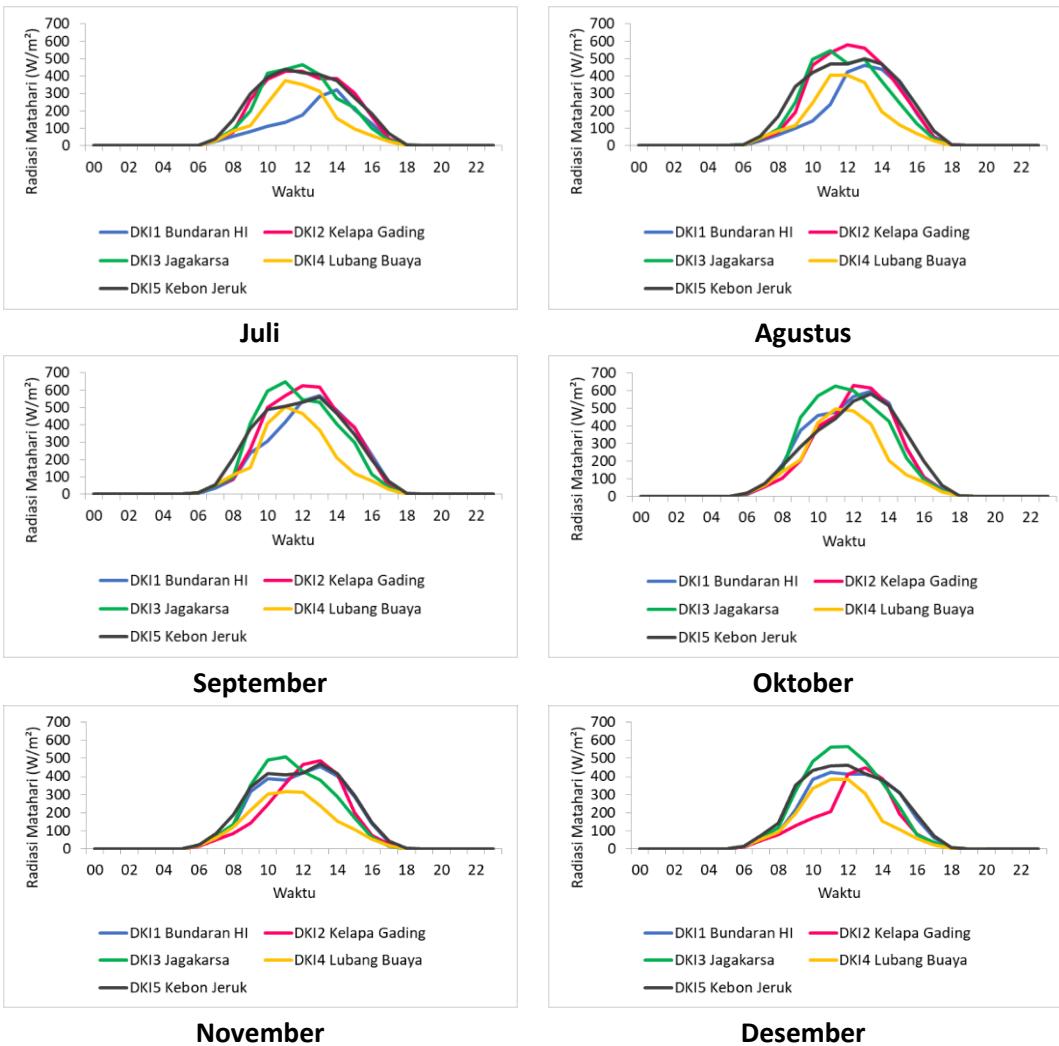
Intensitas radiasi rata-rata pada siang hari mencapai maksimum sekitar 648 W/m^2 pada bulan September. Hal ini dikarenakan posisi matahari berada di ekuator menuju ke belahan bumi selatan pada bulan tersebut. Kondisi keawanan dan juga hujan dapat mempengaruhi perbedaan penerimaan radiasi, sehingga tampak 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 di DKI3 Jagakarsa. Sementara di 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 rata-rata pada siang hari meningkat pada bulan April dan menurun kembali pada bulan Mei kemudian meningkat kembali bulan Agustus-Oktober. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa pergerakan semu matahari mempengaruhi radiasi yang sampai di permukaan bumi, dan pada bulan Maret hingga April sedang melintas di sekitar ekuator, menuju ke arah belahan bumi Utara. Sedangkan bulan September-Oktober matahari melintasi ekuator menuju ke arah belahan bumi selatan, dan Jakarta berada di belahan bumi selatan. Radiasi global rata-rata siang hari terendah tercatat di DKI4 Lubang Buaya dan pada waktu atau bulan tertentu di DKI1 Bundaran HI.



Gambar 69 Konsentrasi diurnal bulan Januari-Desember per pekan pada 5 stasiun



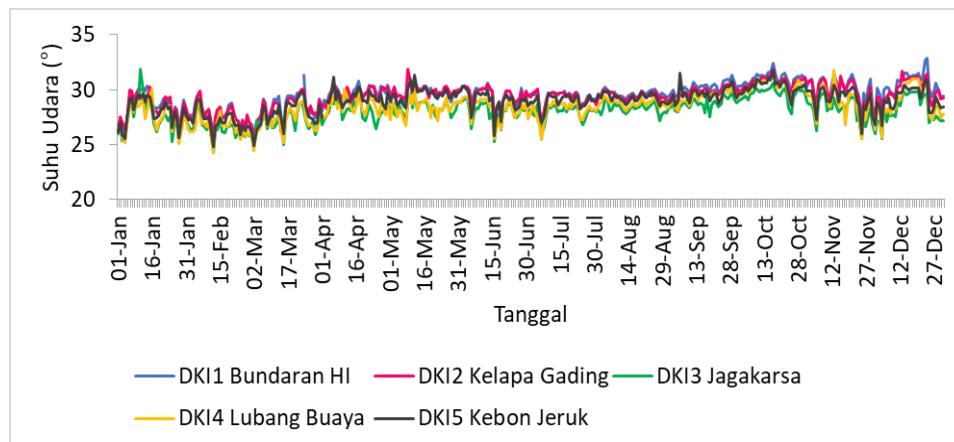
Gambar 69 lanjutan Fluktuasi radiasi global diurnal Januari-Desember tahun 2023

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.

2.4.2. Suhu

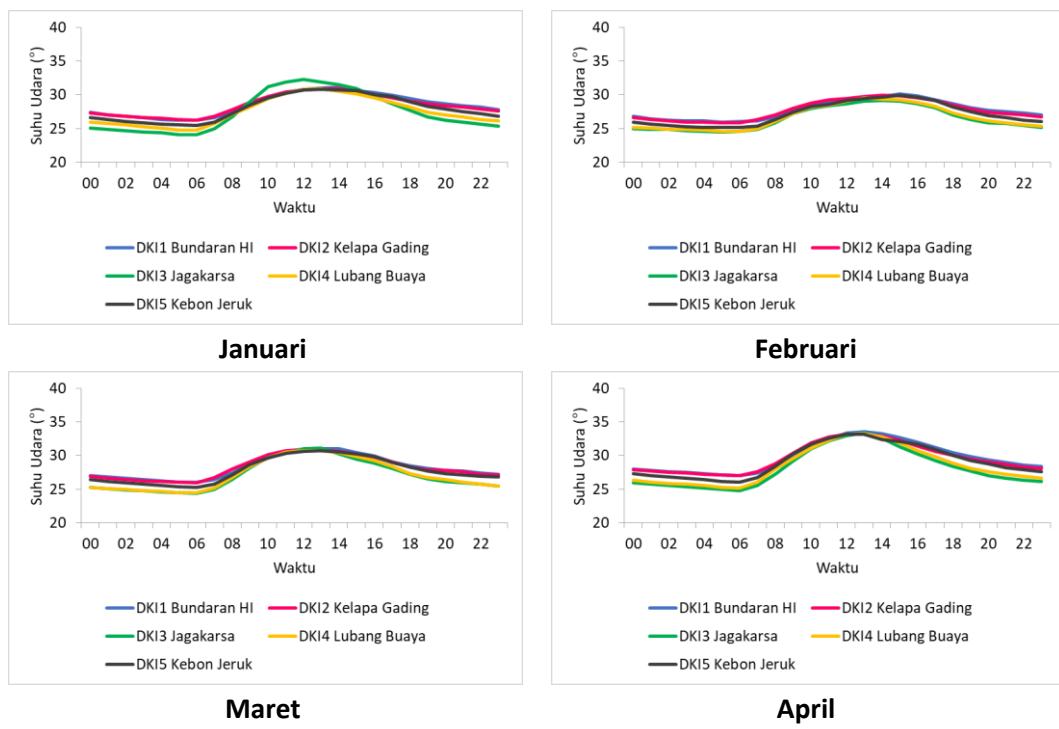
Suhu udara pada umumnya merepresentasikan fluktuasi radiasi, sehingga pola fluktuasi suhu rata-rata per hari maupun diurnal akan mirip dengan fluktuasi radiasi. Suhu udara rata-rata harian bulan Januari-Desember di DKI Jakarta berkisar 24-32 °C (Gambar 70). Suhu udara juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan 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.

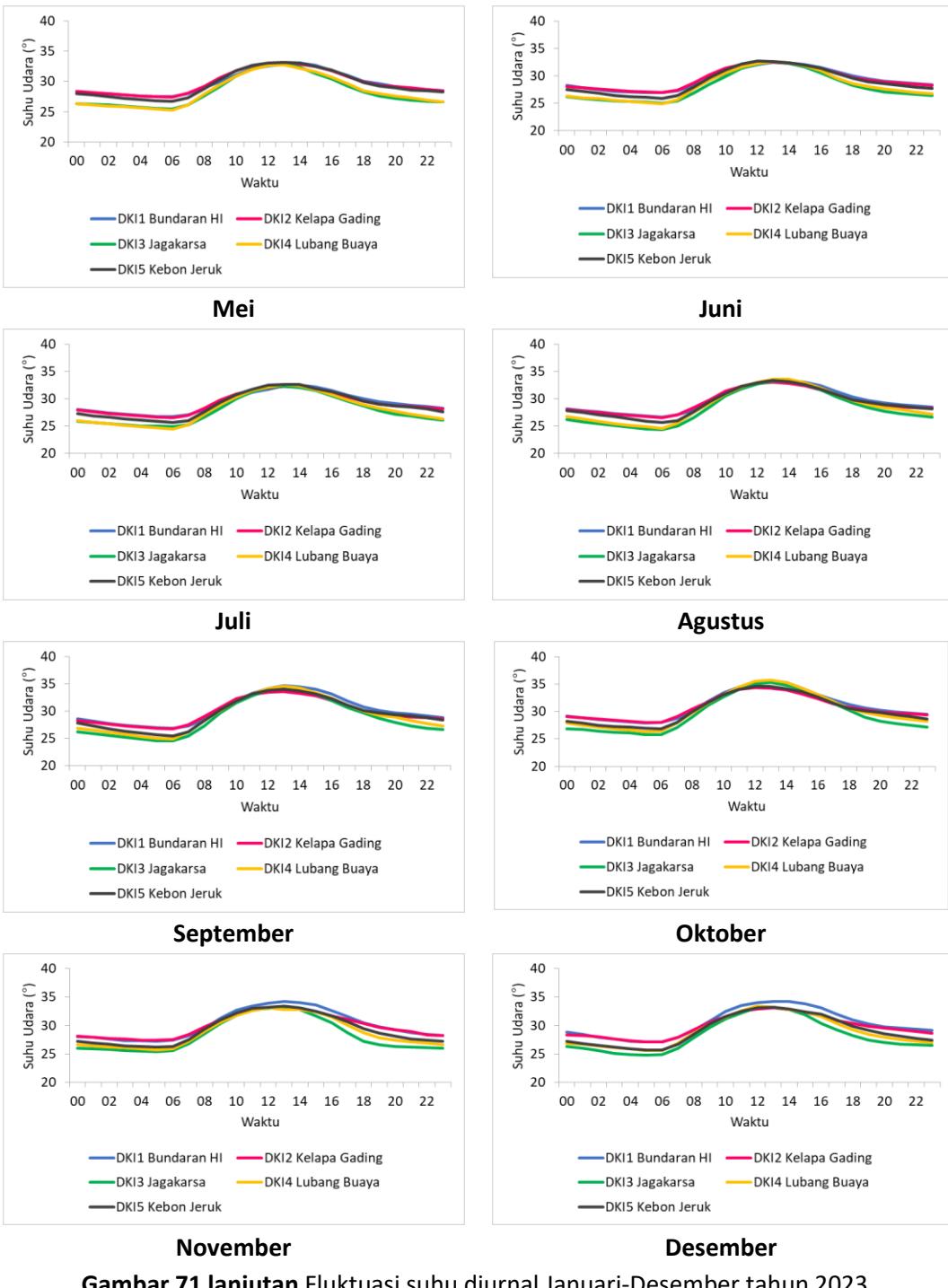


Gambar 70 Fluktuasi suhu rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023

Fluktuasi suhu udara diurnal menunjukkan suhu udara maksimum pada siang hari rata-rata mencapai 32 - 36°C, terjadi sedikit menurun pada bulan Februari (Gambar 71), lalu mengalami peningkatan lagi pada bulan April dan naik kembali pada bulan Agustus. 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 71 Fluktuasi suhu diurnal Januari-Desember tahun 2023



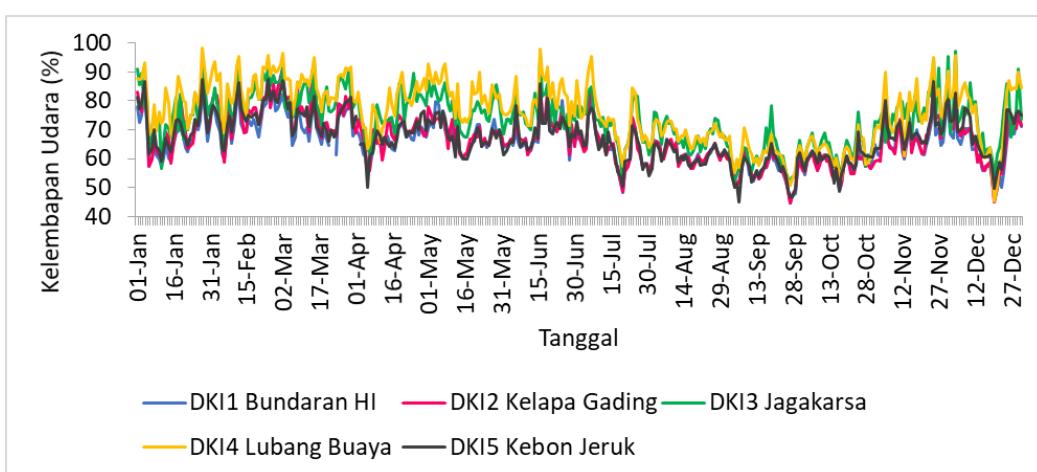
Gambar 71 lanjutan Fluktiasi suhu diurnal Januari-Desember tahun 2023

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 fluktiasi 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.

2.4.3. Kelembapan Udara

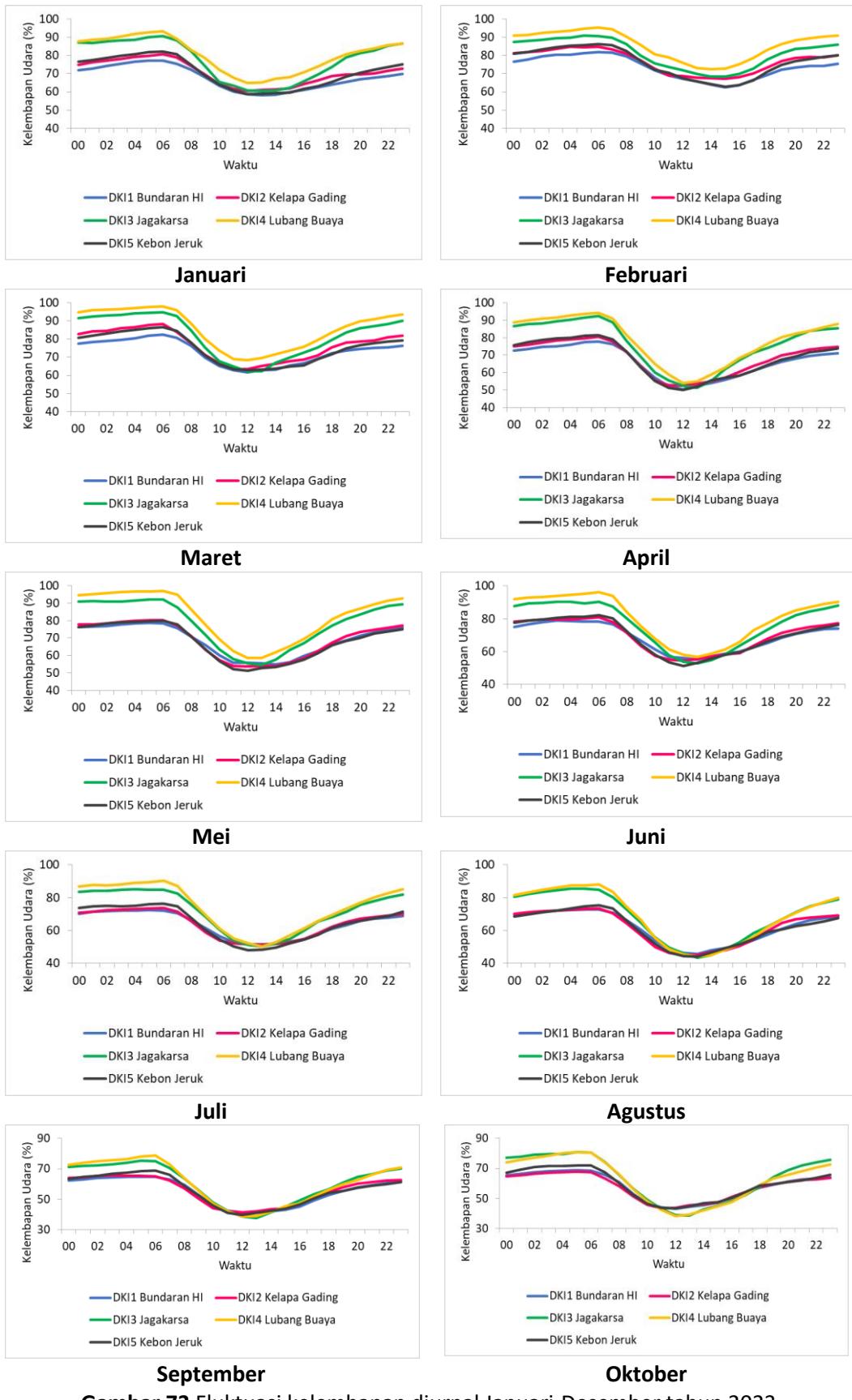
Kelembapan udara merupakan gambaran kandungan uap air di udara. Kandungan uap air di udara sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, curah hujan dan juga suhu udara. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan kelembapan udara meningkat, radiasi dan suhu udara akan memiliki pengaruh yang terbalik, sehingga pada saat radiasi tinggi, suhu tinggi, kelembapan udara menurun. Pola fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian di DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 72, tertinggi mencapai lebih dari 98%, sangat lembab, kelembapan terendah < 45%, tercatat pada tanggal 20 Desember, bahkan data per 30 menit menunjukkan kelembaban terendah hingga 26%. Kelembaban udara harian tertinggi maupun terendah tercatat di DKI4 Lubang Buaya.



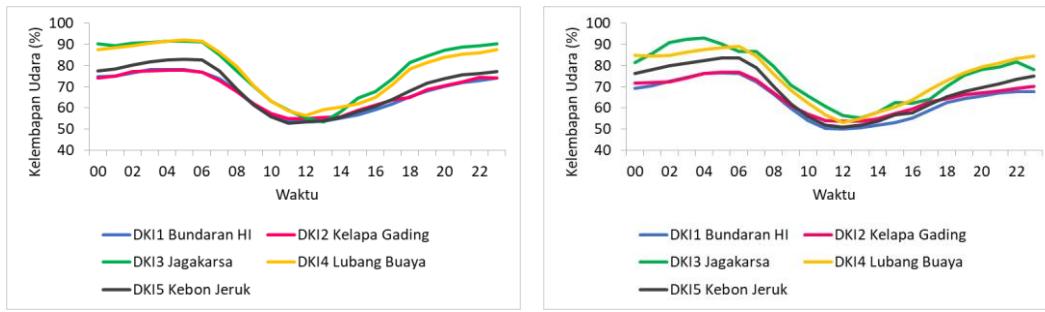
Gambar 72 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023

Fluktuasi diurnal kelembapan udara berkebalikan dengan radiasi dan suhu udara, rendah pada siang hari (Gambar 73). 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 Januari hingga Oktober, kemudian meningkat lagi memasuki musim hujan bulan Desember. Kelembapan maksimum pada pagi hari untuk DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya relatif tetap sepanjang bulan Januari-Juni, yaitu lebih dari 90%, menurun pada bulan Juli-Oktober yakni sekitar 80-90%. Kelembapan udara tertinggi terukur di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya, kondisi sekitar SPKUA masih cukup banyak vegetasi.



Gambar 73 Fluktuasi kelembapan diurnal Januari-Desember tahun 2023



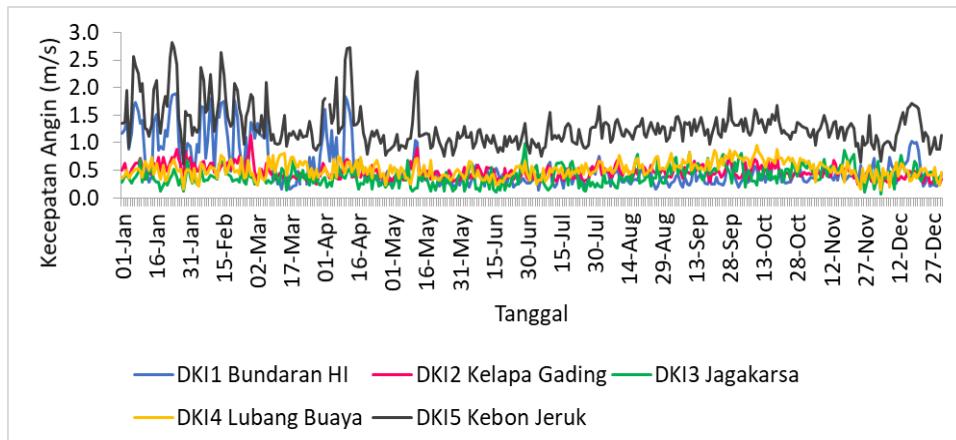
Gambar 73 lanjutan Fluktuasi kelembapan diurnal Januari-Desember tahun 2023

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}.

2.4.4. 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.

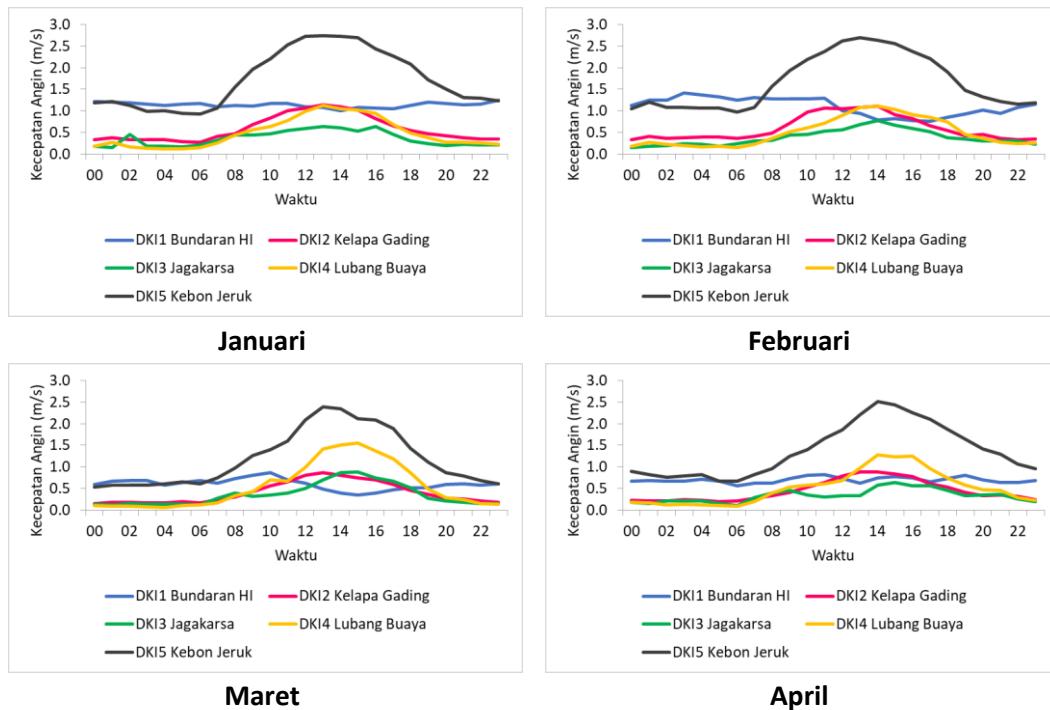
Kecepatan angin hasil pengukuran per 30 menit menunjukkan kecepatan angin maksimum terukur hingga sebesar 12 m/detik pada bulan Mei di DKI4 Lubang Buaya. Fluktuasi rata-rata kecepatan angin harian ditunjukkan pada Gambar 74, yang memberi gambaran bahwa kecepatan angin rata-rata harian di DKI5 Kebon Jeruk tercatat paling tinggi sekitar 2,8 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.



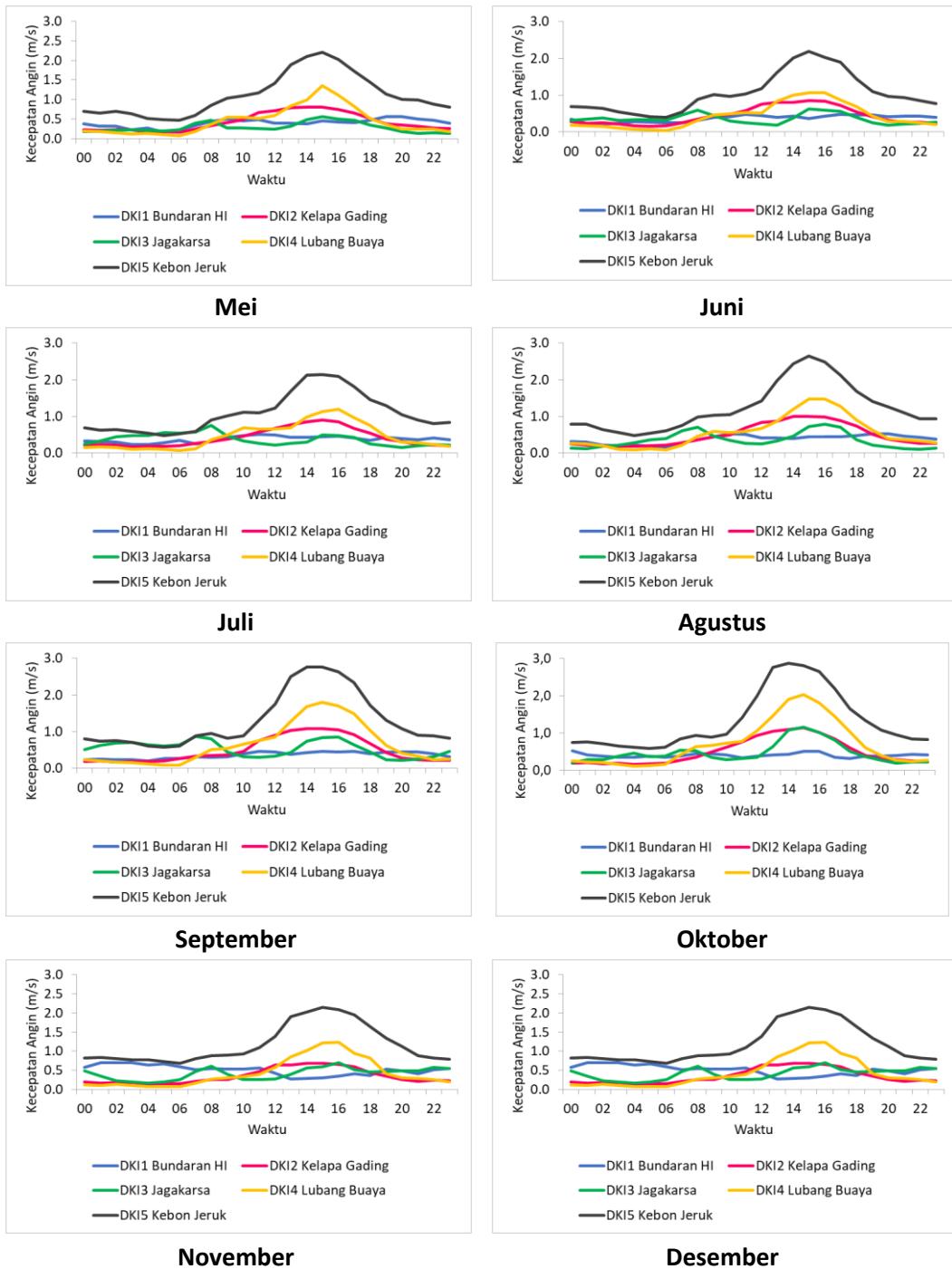
Gambar 74 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian Januari-Desember tahun 2023

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 sebesar 2,8 m/detik pada bulan Oktober, tercatat di DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 75). 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.



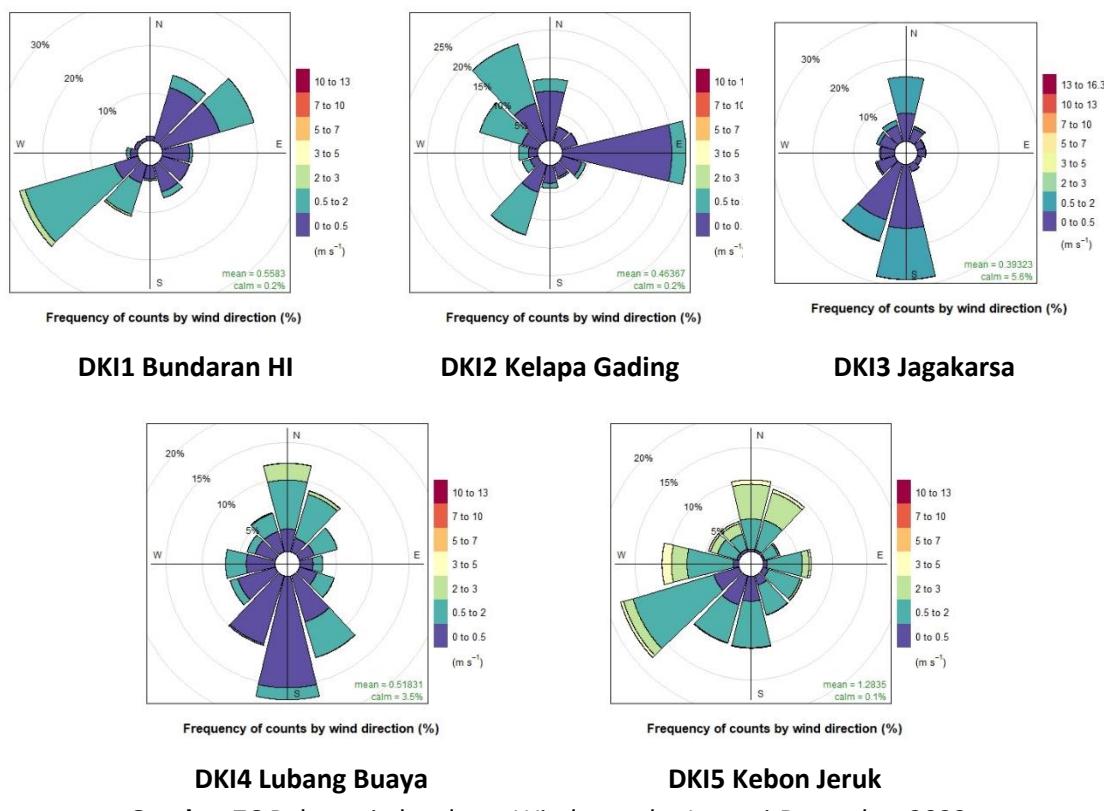
Gambar 75 Fluktuasi kecepatan angin diurnal Januari-Desember tahun 2023



Gambar 75 lanjutan Fluktuasi kecepatan angin diurnal Januari-Desember tahun 2023

Arah angin akan mempengaruhi dispersi pencemar udara secara horizontal. Hasil pemantauan menunjukkan angin dominan bulan Januari-Desember di Jakarta berbeda antar lokasi SPKUA. Arah angin dominan per bulan per SPKUA terlampir (Lampiran 3). Di DKI1 Bundaran HI angin dominan bertiup dari Timur Laut dan Barat Daya dengan kecepatan < 3 m/detik. Di DKI2 Kelapa Gading angin dominan dari Barat Laut dan Timur, dengan kecepatan angin dominan lebih rendah < 2 m/detik. Arah angin dominan di DKI3 Jagakarsa adalah dari Barat Daya-Selatan kecepatan angin dominan < 2 m/detik, dan di DKI4 Lubang Buaya lebih dominan dari Utara dan Selatan dengan kecepatan < 3 m/detik. Di DKI5 Kebon Jeruk kecepatan angin lebih tinggi dan didominasi

dari arah Barat-Barat Daya, namun kecepatan yang lebih tinggi terukur dari arah Barat (Gambar 76). Arah angin dominan juga dapat menjadi indikasi potensi lokasi sumber emisi yang berkontribusi terhadap kualitas udara di wilayah tersebut.

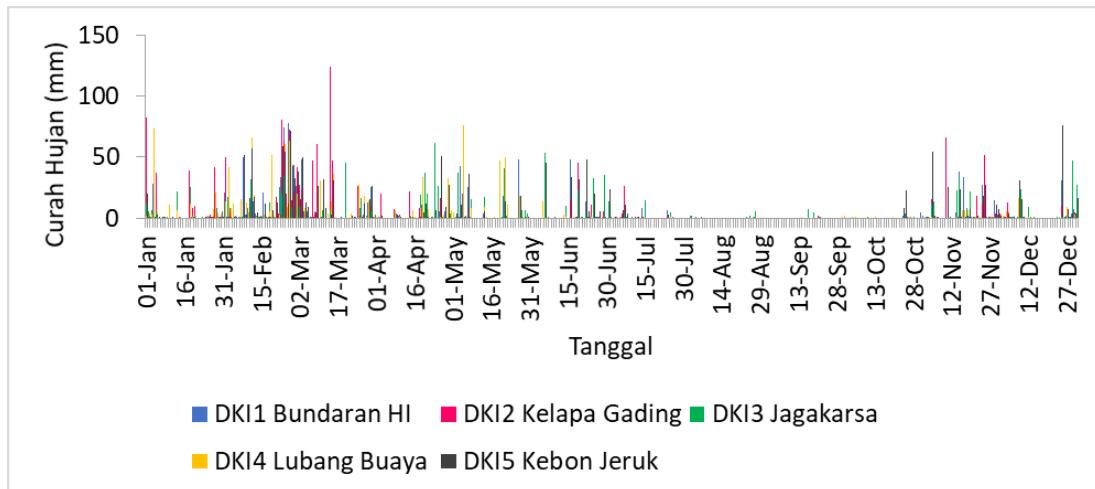


Gambar 76 Pola angin berdasar *Windrose plot* Januari-Desember 2023

2.4.5. Curah Hujan

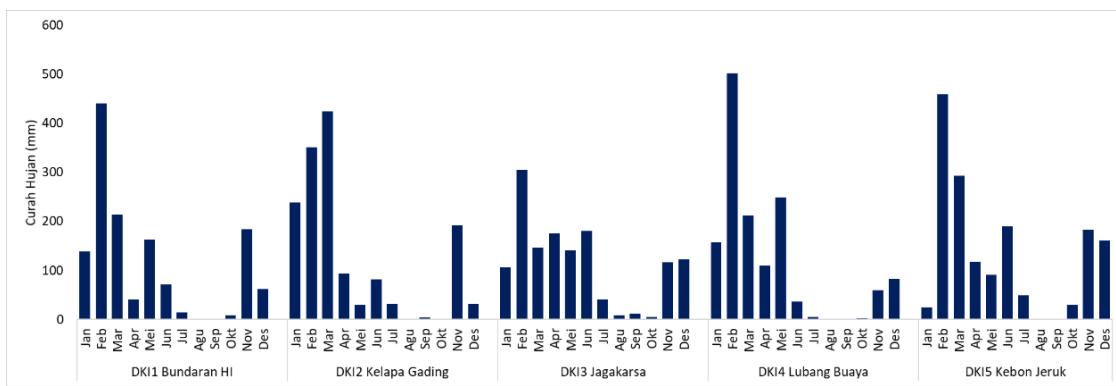
Curah hujan merupakan faktor meteorologi yang sangat penting mempengaruhi kualitas udara. Sudah menjadi pemahaman umum bahwa curah hujan dapat menjadi pencuci (*wash out*) bagi polutan di udara, sehingga menurunkan konsentrasi pencemar di udara. Menurut Chen *et al.* (2020), presipitasi dapat mempengaruhi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

Fluktuasi curah hujan di DKI Jakarta berdasar pemantauan bulan Januari-Desember tahun 2023 menunjukkan kejadian hujan harian berbeda-beda antar lokasi SPKUA, baik waktu maupun besarnya. Curah hujan harian tertinggi tercatat mencapai 123.9 mm di DKI2 Kelapa Gading pada bulan Maret (Gambar 77). Grafik data curah hujan harian per bulan dilampirkan (Lampiran 4).



Gambar 77 Fluktuasi curah hujan harian bulan Januari-Desember tahun 2023

Data curah hujan bulanan juga menunjukkan curah hujan bulanan sangat berbeda antar stasiun. Curah hujan tertinggi tiap SPKUA berada pada bulan Februari, kecuali di DKI2 Kelapa Gading tertinggi pada bulan Maret. Curah hujan bulanan tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Februari sebesar 503.6 mm. Pada bulan Maret curah hujan menurun di semua SPKUA kemudian bervariasi antar SPKUA ada yang naik dan turun, selanjutnya menurun dari bulan Juni-Oktober, dan meningkat kembali pada bulan November dan Desember. Berdasarkan data curah hujan tersebut, secara umum musim kemarau di DKI Jakarta terjadi pada periode Juli-Oktober. Musim hujan berlangsung mulai bulan November hingga Maret, walaupun tidak sama antar SPKUA. Rata-rata curah hujan bulan Februari > 300 mm, kecuali di SPKUA Lubang Buaya.



Gambar 78 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2023

2.5. 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.

2.5.1. 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 kelembaban berpengaruh negatif. Nilai koefisien korelasi juga besarnya beragam antar lokasi.

Pengaruh ketiga parameter meteorologi tersebut terhadap Ozon ditunjukkan pada Tabel 4. Koefisien korelasi (r) bulan Januari-Desember tahun 2023 antara Ozon dengan radiasi, suhu, kelembapan (RH) >0.5 disemua lokasi kecuali Ozon dengan RH di DKI1 Bundaran HI. Koefisien korelasi Ozon dengan radiasi, tertinggi sebesar 0.66 di DKI4 Lubang Buaya dan terendah 0.55 di DKI5 Kebon Jeruk. Korelasi Ozon dengan suhu, tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya sebesar 0.82 dan terendah di DKI1 Bundaran HI 0.61. Sementara koefisien korelasi negatif antara Ozon dengan kelembapan relatif, tertinggi di DKI4 Lubang Buaya sebesar -0.75 dan terendah di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.44. Koefisien korelasi bulanan Ozon dengan radiasi, suhu, dan RH terdapat di Lampiran 5.

Tabel 4 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembapan udara (RH)

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	0.57	0.64	0.63	0.66	0.55
Suhu	0.61	0.74	0.81	0.82	0.69
RH	-0.44	-0.58	-0.73	-0.75	-0.54

Pengaruh radiasi, suhu dan kelembapan terhadap pencemar partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dan SO_2 kecil, koefisien korelasi r kurang dari 0.4. SO_2 lebih banyak dipengaruhi oleh emisi lokal maupun adveksi dari lokasi lain (Tabel 5). 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 dan didukung oleh kelembaban yang 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 pencemar (PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan SO_2), relatif lebih tinggi pada koefisien korelasi suhu, radiasi, RH dengan $PM_{2.5}$. Begitu pun dengan koefisien korelasi bulanannya (Lampiran 5). Koefisien korelasi radiasi dengan $PM_{2.5}$, tertinggi sebesar -0.18 di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kelapa Gading. Sementara suhu dengan $PM_{2.5}$, tertinggi sebesar 0.33 di DKI1 Bundaran HI. Korelasi RH dengan $PM_{2.5}$, tertinggi di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.31. Koefisien korelasi radiasi dengan PM_{10} , tertinggi sebesar 0.24 di DKI2 Kelapa Gading. Sementara suhu dengan PM_{10} , tertinggi sebesar 0.35 di DKI1 Bundaran HI. Korelasi RH dengan PM_{10} , tertinggi di DKI2 Kelapa Gading sebesar -0.35. Koefisien korelasi radiasi dengan SO_2 , tertinggi sebesar 0.11 di DKI5 Kebon Jeruk. Sementara suhu dengan SO_2 , tertinggi sebesar 0.16 di DKI3 Jagakarsa. Korelasi RH dengan SO_2 , tertinggi di DKI3 Jagakarsa sebesar -0.23. 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 5 Korelasi antara partikulat dan SO₂ dengan radiasi, suhu, dan RH

Faktor	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	PM ₁₀	0.18	0.24	0.00	0.09	0.15
	PM _{2.5}	0.18	0.12	0.06	0.09	0.18
	SO ₂	0.10	-0.05	0.06	0.05	0.11
Suhu	PM ₁₀	0.35	0.30	0.11	0.25	0.17
	PM _{2.5}	0.33	0.21	0.14	0.15	0.10
	SO ₂	0.10	-0.09	0.16	-0.08	0.15
RH	PM ₁₀	-0.33	-0.35	-0.09	-0.29	-0.12
	PM _{2.5}	-0.31	-0.24	-0.07	-0.18	-0.03
	SO ₂	-0.10	0.04	-0.23	0.13	-0.19

Hasil koefisien korelasi radiasi dan suhu terhadap CO berkorelasi negatif sedangkan kelembapan udara berkorelasi positif (Tabel 6). Koefisien korelasi tertinggi terdapat pada DKI2 Kelapa Gading, pada Suhu dengan CO sebesar -0.43, sementara radiasi dengan CO -0.31. Koefisien korelasi kelembapan dengan CO tertinggi di DKI2 Kelapa Gading sebesar 0.40. Pengaruh kelembaban udara dan suhu terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar akan tergantung pada musim (Jayamurugan *et al.* 2013), hal ini juga terlihat pada Lampiran 5, nilai koefisien tertinggi antara RH dan CO adalah 0.6 pada bulan Juni, pada bulan lain lebih rendah. Peningkatan kelembapan pada musim kemarau dapat meningkatkan konsentrasi CO, demikian pula dengan suhu udara r terbesar -0.6 pada bulan Juni.

Tabel 6 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	-0.12	-0.31	-0.11	-0.26	-0.27
Suhu	-0.07	-0.43	-0.13	-0.28	-0.29
RH	0.07	0.40	0.20	0.27	0.26

Pengaruh suhu dan radiasi terhadap NO₂ menunjukkan korelasi negatif, kecuali di DKI1 Bundaran HI. Korelasi terbesar didapatkan di DKI2 Kelapa Gading dengan nilai r terbesar -0.33 untuk radiasi, dan -0.39 untuk suhu (Tabel 7). Kelembaban memiliki korelasi positif dengan konsentrasi NO (kecuali di DKI1 Bundaran HI), terbesar di DKI3 Jagakarsa, yaitu sebesar 0.35. Koefisien korelasi bulanan NO₂ dengan radiasi, suhu, dan RH terdapat di Lampiran 5.

Tabel 7 Korelasi antara NO₂ dengan radiasi, suhu, dan RH

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Radiasi	0.08	-0.33	-0.31	-0.31	-0.29
Suhu	0.20	-0.39	-0.31	-0.32	-0.27
RH	-0.11	0.33	0.35	0.27	0.25

2.5.2. 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 8), artinya semakin tinggi kecepatan angin, konsentrasi yang terukur semakin rendah.

Koefisien korelasi kecepatan angin dengan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ bernilai negatif, kecuali di DKI4 Lubang Buaya dengan nilai tertinggi di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.40 dan -0.34. Kecepatan angin dengan SO_2 berkorelasi negatif di DKI2 Kelapa Gading, sementara korelasi tertinggi terdapat pada DKI1 Bundaran HI yang berkorelasi positif sebesar 0.10. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan CO bernilai negatif di semua lokasi, dengan nilai tertinggi sebesar -0.50 di DKI5 Kebon Jeruk. Kecepatan angin dengan O_3 berkorelasi positif kecuali pada DKI1 Bundaran HI, tertinggi sebesar 0.57 di DKI4 Lubang Buaya. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan NO_2 bernilai negatif disemua lokasi, korelasi tertinggi di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk sebesar -0.44 dan -0.49. Rincian koefisien korelasi bulanan kecepatan angin dengan pencemar udara terdapat pada Lampiran 5.

Tabel 8 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin

Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
PM_{10}	-0.40	-0.03	-0.02	0.13	-0.17
PM_{25}	-0.34	-0.12	-0.12	0.05	-0.07
SO_2	0.10	-0.08	0.04	0.00	0.06
CO	-0.06	-0.40	-0.11	-0.31	-0.50
O_3	-0.21	0.45	0.21	0.57	0.23
NO_2	-0.30	-0.44	-0.16	-0.28	-0.49

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.

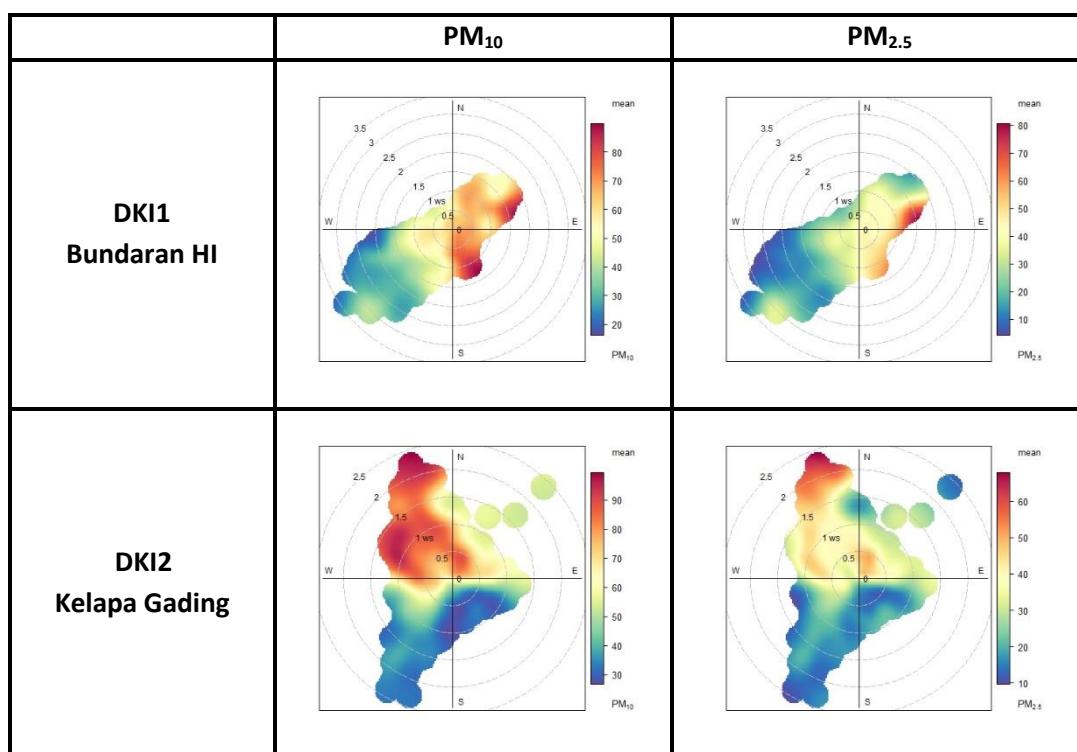
Partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$)

Polar plot menunjukkan konsentrasi tertentu pencemar bersamaan bertiupnya angin dengan 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 PM_{10} , dengan kecepatan 0 – 1 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

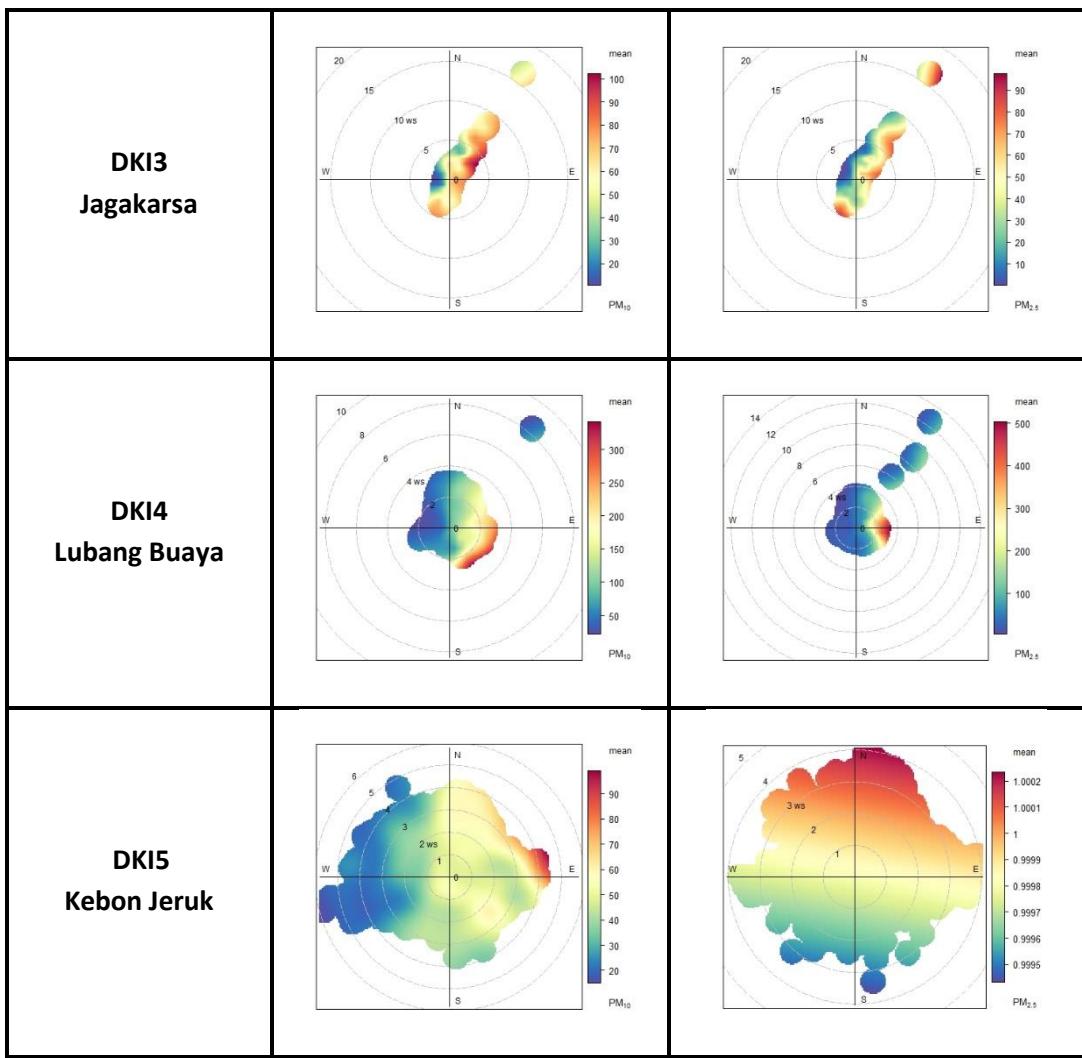
dengan Pos Polisi sektor Thamrin. Konsentrasi partikulat baik PM_{2.5} maupun PM₁₀ dengan konsentrasi lebih rendah terukur bersamaan dengan angin berkecepatan tinggi dari Barat Daya hingga 3.5 m/detik (Gambar 79). Angin dari Barat Daya merupakan arah angin dominan di sekitar Bundaran HI pada bulan Januari-Desember 2023.

Hasil pemantauan partikulat di DKI2 Kelapa Gading, konsentrasi tertinggi PM₁₀ dan PM_{2.5} bersamaan dengan arah angin dari Barat Laut dengan kecepatan hingga 2.5 m/detik. Sementara untuk DKI3 Jagakarsa, konsentrasi partikulat yang tinggi bersamaan dengan arah angin dari Timur. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi tertinggi PM₁₀ bersamaan dengan angin Tenggara. Sementara untuk PM_{2.5} konsentrasi tertinggi bersamaan dengan angin dari Timur dengan kecepatan < 4 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 Barat. Sehingga konsentrasi tinggi bersamaan dengan kecepatan angin yang tinggi hingga 4 m/detik. *Polar plot* PM_{2.5} di DKI5 Kebon Jeruk kurang merepresentasikan sebaran PM_{2.5} karena data konsentrasi PM_{2.5} yang tidak lengkap akibat kerusakan alat ukur.



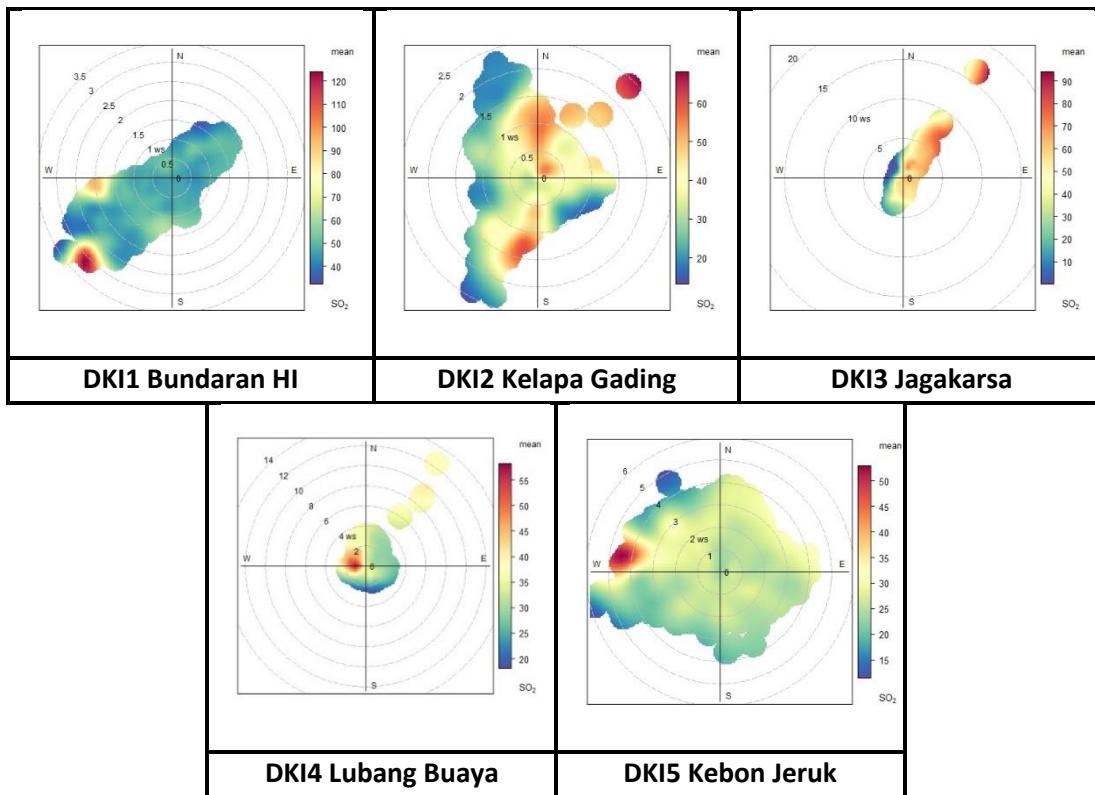
Gambar 79 *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta



Gambar 79 Lanjutan *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

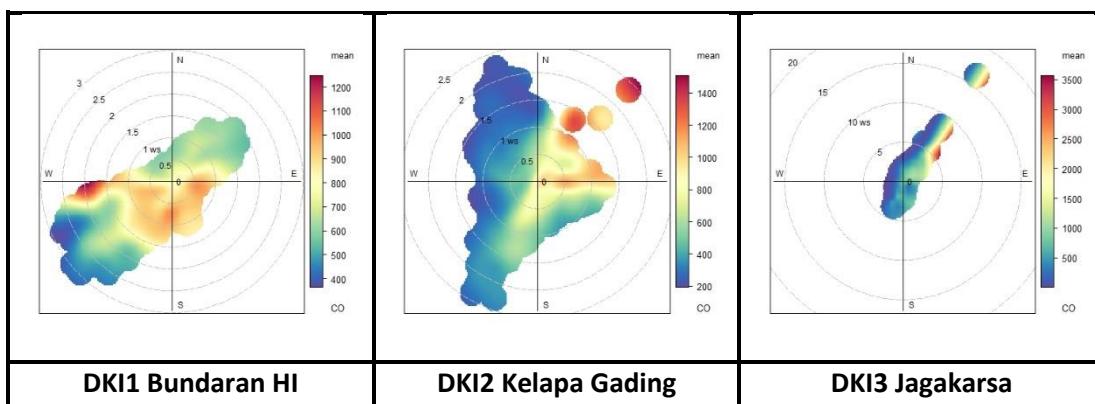
Sulfurdioksida (SO_2) dan Karbonmonoksida (CO)

Parameter pencemar SO_2 , 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 80). Di DKI2 Kelapa Gading SO_2 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. SO_2 di DKI3 Jagakarsa tinggi bersamaan dengan angin berkecepatan dari Timur Laut-Timur. Konsentrasi SO_2 tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya bersamaan dengan angin Barat 2 m/detik. Sementara konsentrasi SO_2 terendah di DKI5 Kebon Jeruk, dengan angin dominan dari Barat.

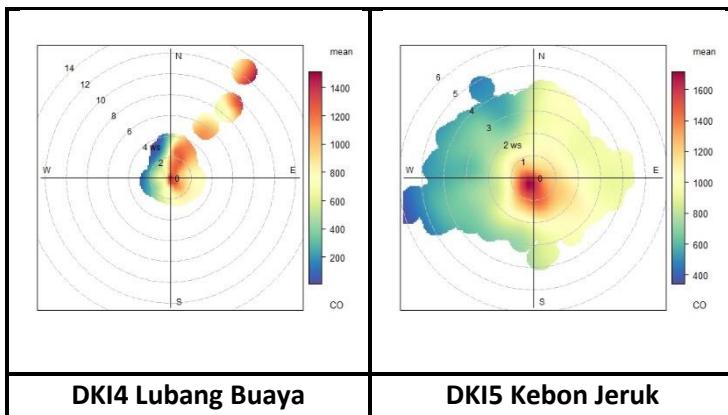


Gambar 80 Polar Plot SO₂ di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

Pencemar CO dari analisis *polar plot* menunjukkan kecenderungan sumber emisi lokal sekitar SPKUA, karena konsentrasi tinggi pada umumnya bersamaan dengan kecepatan angin rendah (*calm*), terutama di DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 81). Konsentrasi CO tertinggi di DKI1 Bundaran HI bersamaan dengan angin dari Barat yang rendah. Di DKI2, ada sedikit kontribusi dengan angin dari Timur-Timur Laut. Sedangkan di DKI3 Jagakarsa ada kecenderungan CO terukur tinggi bersamaan dengan angin dari arah Timur Laut, yang juga merupakan arah pintu utama masuk ke kebun bibit dinas pertamanan.



Gambar 81 Polar Plot CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

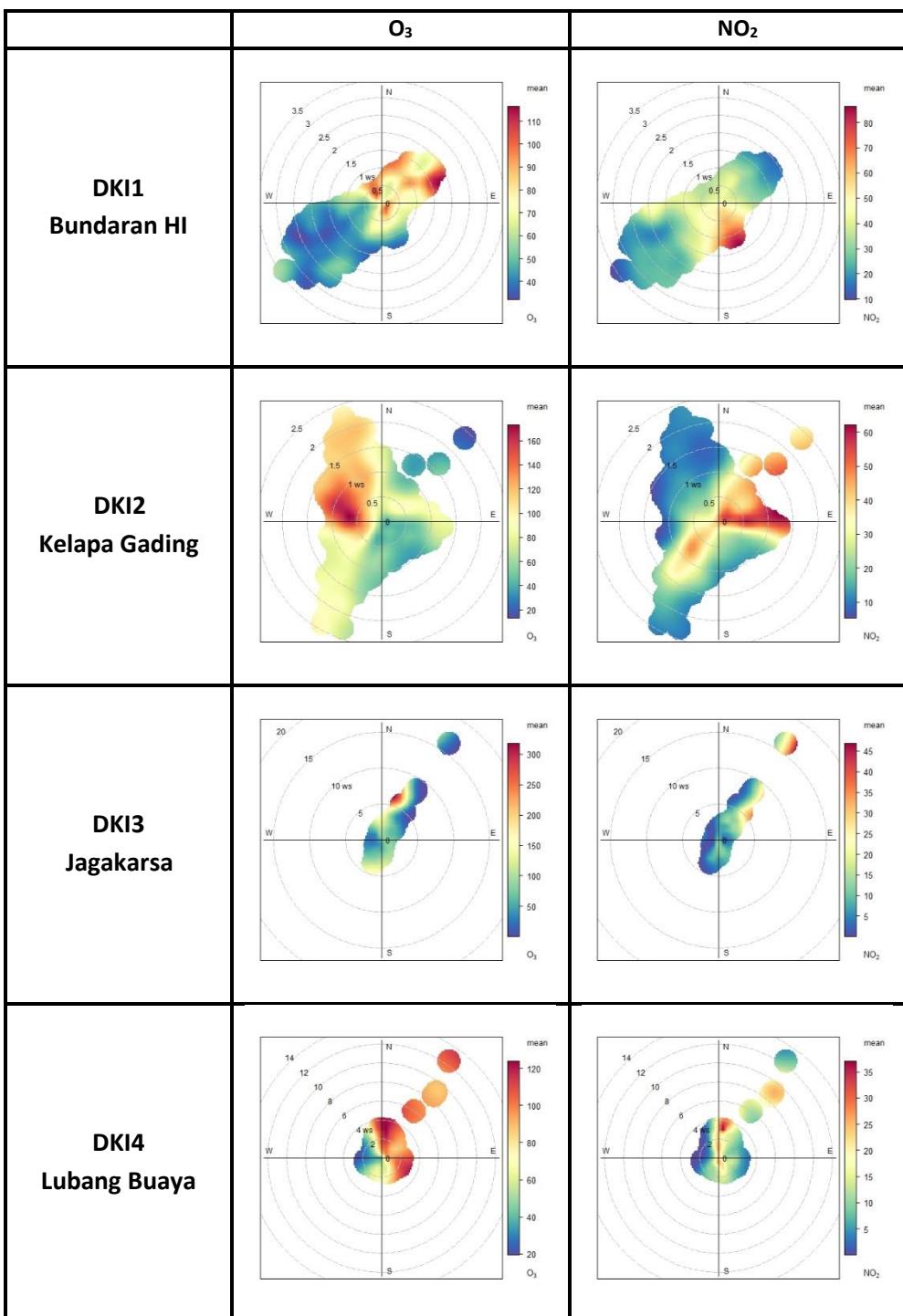


Gambar 81 lanjutan *Polar Plot* CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

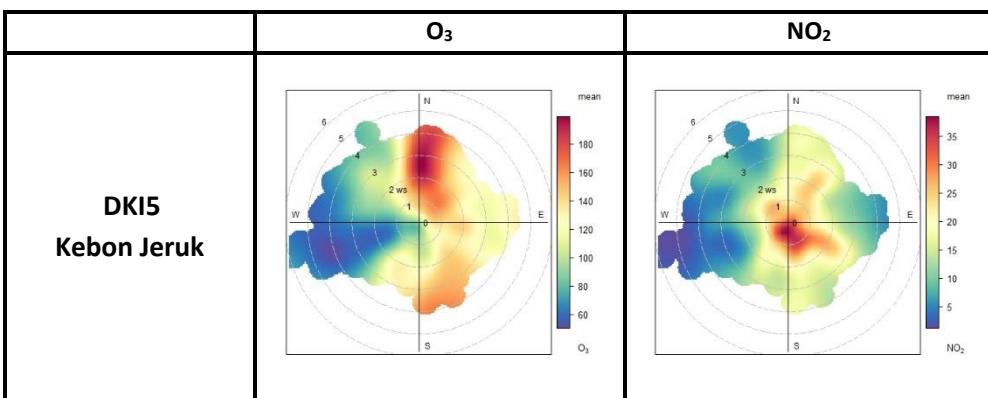
Ozon dan NO₂

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 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 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. Sebelah Timur dari posisi SPKUA adalah jalan raya Gading Asri, sehingga ada kontribusi dari emisi kendaraan bermotor yang melintas. Konsentrasi Ozon dan NO₂ di DKI3 Jagakarsa terdeteksi tinggi bersamaan dengan angin dari Timur Laut. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi O₃ tinggi bersamaan dengan angin dari Utara-Timur, sementara NO₂ lebih terkonsentrasi pada angin *calm* dan angin dari Timur Laut. 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 NO₂ berasal dari sumber emisi terdekat berupa jalan raya perumahan yang terdekat (Gambar 82).



Gambar 82 *Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta*



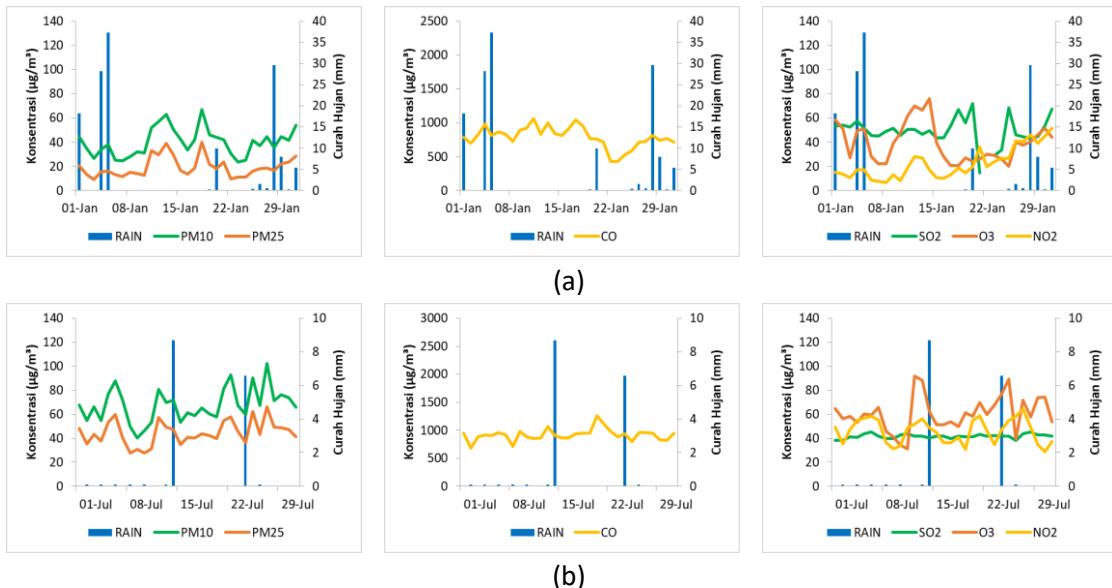
Gambar 82 lanjutan Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

2.5.3. 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 83). Grafik menunjukkan 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 Juli, kasus kualitas udara buruk di Jakarta menjadi isu nasional, terutama terjadi saat CH menurun selama beberapa hari. Kondisi tersebut digambarkan pada Gambar 83b.

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. Fluktuasi curah hujan dan konsentrasi pencemar secara lengkap terlampir (Lampiran 6).

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, sebagaimana digambarkan dengan lingkaran merah (curah hujan sedang) dan lingkaran hitam putus-putus (curah hujan intensitas besar). Selain itu di perkotaan, pengaruh faktor meteorologi seperti hujan terhadap fluktuasi pencemar akan dipengaruhi pula oleh kecepatan kendaraan bermotor dan kepadatan lalulintas 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.

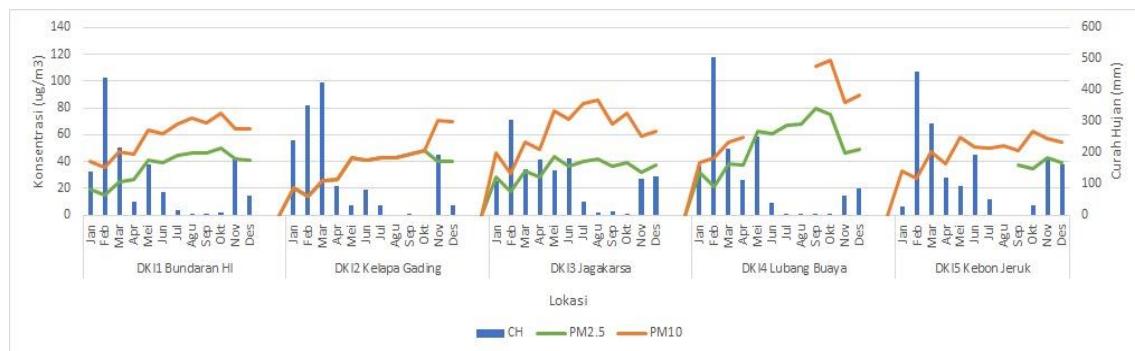


Gambar 83 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar di SPKUA DKI1 Bundaran HI (a) musim hujan (Januari), (b) musim kemarau (Juli)

Pengaruh curah hujan bulanan terhadap konsentrasi rata-rata partikulat terlihat lebih signifikan, ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi pada Tabel 9. 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 84).

Tabel 9 Korelasi curah hujan bulanan (CH) terhadap rata-rata konsentrasi partikulat (PM)

Hubungan CH dan PM		
Lokasi	CH dan PM10	CH dan PM2.5
DKI1 Bundaran HI	-0.75	-0.78
DKI2 Kelapa Gading	-0.84	-0.86
DKI3 Jagakarsa	-0.75	-0.73
DKI4 Lubang Buaya	-0.73	-0.78
DKI5 Kebon Jeruk	-0.52	



Gambar 84 Pola fluktuasi curah hujan bulanan dengan konsentrasi rata-rata partikulat

3. 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/SET-JEN/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.

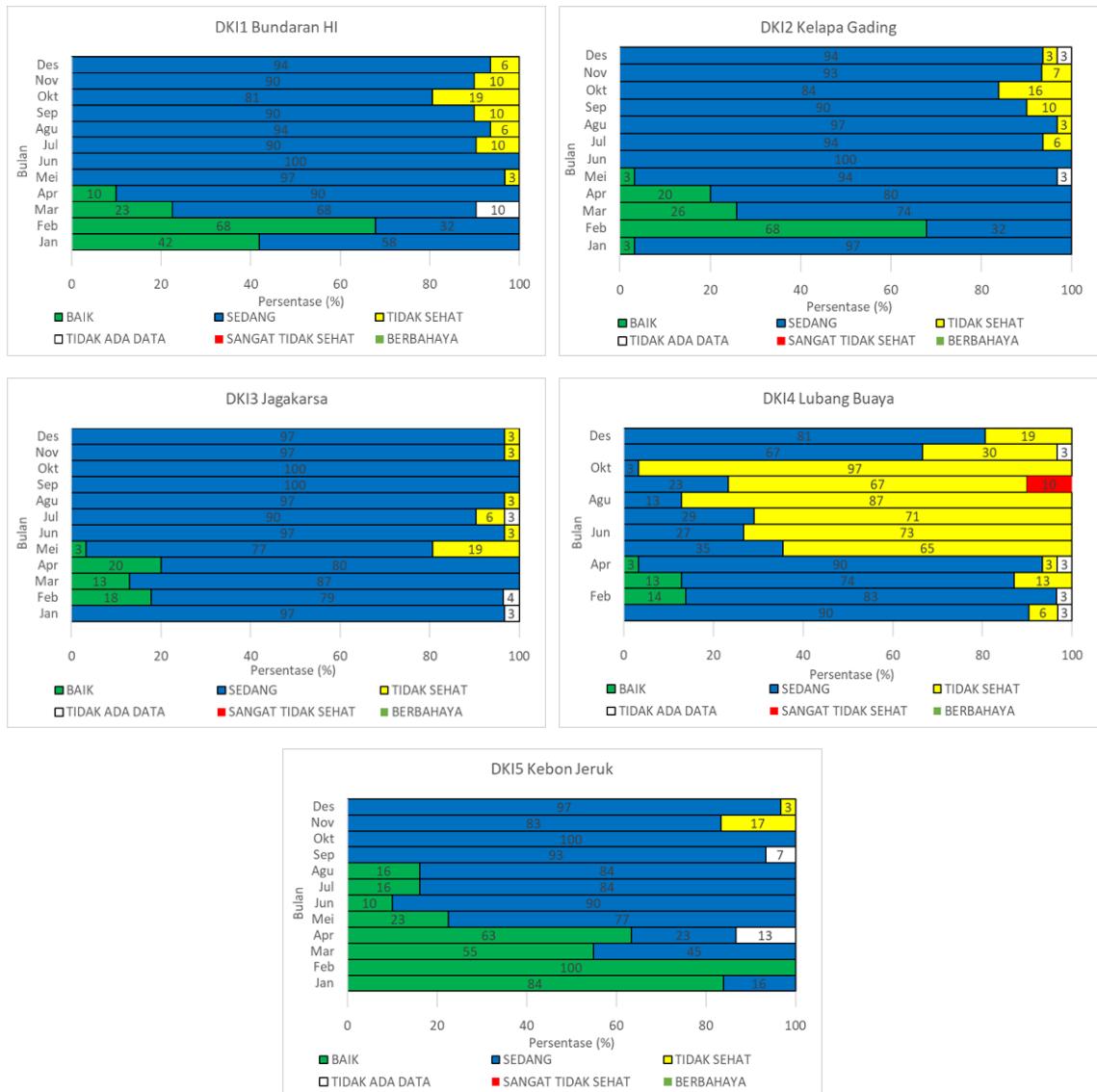
Evaluasi kualitas udara berdasar analisis ISPU selama Januari-Desember tahun 2023, jumlah hari baik tertinggi 90% di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk, hari tidak sehat tertinggi 97% di SPKUA DKI4 Lubang Buaya, dan hari kategori sedang 100% di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk. Selain itu terdapat hari kategori sangat tidak sehat 10% di DKI4 Lubang Buaya. Berdasar data per bulan terdapat peningkatan kualitas udara saat memasuki bulan Februari sedangkan bulan Mei-Oktober kualitas udara mulai mengalami penurunan di semua SPKUA. Secara keseluruhan, kategori hari di DKI Jakarta pada Januari-Desember tahun 2023 didominasi hari dengan kualitas udara sedang, yang menunjukkan tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan (Tabel 10). Namun demikian bagi kelompok sensitif disarankan untuk mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat, sedangkan masyarakat secara umum masih dapat beraktivitas di luar.

Tabel 10 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.

3.1. ISPU antar SPKUA

Secara umum nilai ISPU bulanan dari 5 SPKUA menunjukkan dominasi hari dengan kualitas udara berkategori “sedang”. Namun demikian di SPKUA DKI4 Lubang Buaya didominasi hari “tidak sehat” (Gambar 85). Parameter kritis di setiap lokasi adalah PM_{2,5}, dengan persentase hari tidak sehat mencapai 97% pada bulan Oktober. Memasuki musim hujan nilai ISPU menjadi dominan “sedang”.



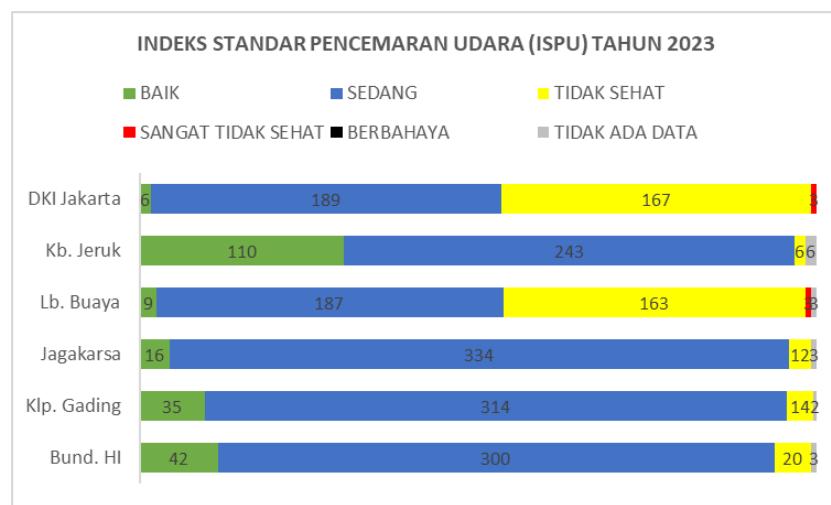
Gambar 85 Hasil analisis ISPU bulanan per SPKUA di DKI Jakarta tahun 2023

3.2. ISPU DKI Jakarta

Berdasar data keseluruhan di DKI Jakarta, 52% hari selama tahun 2023 berkategori “sedang”, 1.6% berkategori “baik”, 46% berkategori “tidak sehat”. Data ini diambil dengan memperhatikan kondisi nilai ISPU tertinggi dari hasil perhitungan 5 SPKUA. Tabel 11 menunjukkan jumlah hari dan persentase kategori ISPU di setiap SPKUA dan keseluruhan DKI Jakarta. Gambar 86 menunjukkan jumlah hari dalam bentuk grafik batang.

Tabel 11 Persentase ISPU setiap SPKUA dan keseluruhan DKI Jakarta

KATEGORI	Bund. HI	Klp. Gading	Jagakarsa	Lb. Buaya	Kb. Jeruk	DKI Jakarta	% DKI Jakarta
BAIK	42	35	16	9	110	6	1,64
SEDANG	300	314	334	187	243	189	51,78
TIDAK SEHAT	20	14	12	163	6	167	45,75
SANGAT TIDAK SEHAT				3		3	0,82
BERBAHAYA							0,00
TIDAK ADA DATA	3	2	3	3	6		0,00
TOTAL DATA	365	365	365	365	365	365	100,00



Gambar 86 Analisis ISPU DKI Jakarta tahun 2023

4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara

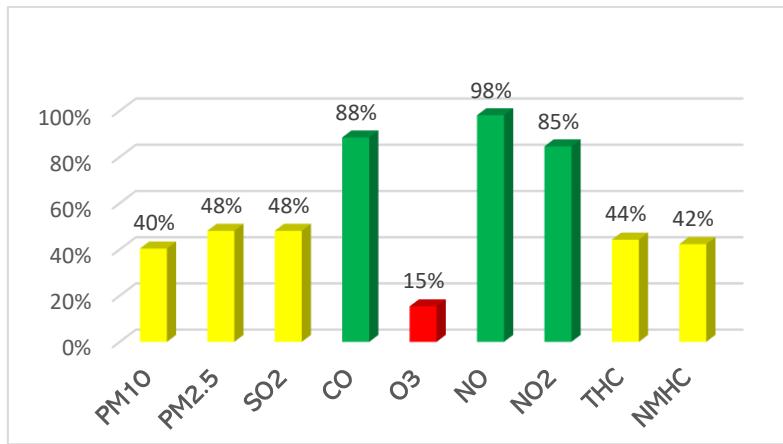
4.1. Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB)

Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) merupakan program kampanye terkait pengurangan penggunaan kendaraan bermotor pribadi di lokasi-lokasi tertentu, yang ditetapkan sesuai peraturan Pemerintah Daerah DKI Jakarta. Namun pada masa pandemi sempat dihentikan, dan baru pada bulan Mei 2022 diberlakukan lagi terutama untuk kawasan Sudirman-Thamrin. Kualitas udara saat HBKB dibandingkan dengan kualitas udara rata-rata hari kerja (Senin-Jum'at), terutama pada periode pelaksanaan HBKB pukul 06.00-10.00 WIB. Lokasi Bundaran HI selain merupakan bagian dari kegiatan HBKB wilayah Jakarta Pusat, juga merupakan lokasi kegiatan HBKB Provinsi DKI Jakarta. HBKB di Jakarta Pusat dilaksanakan setiap pekan.



Gambar 87 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB

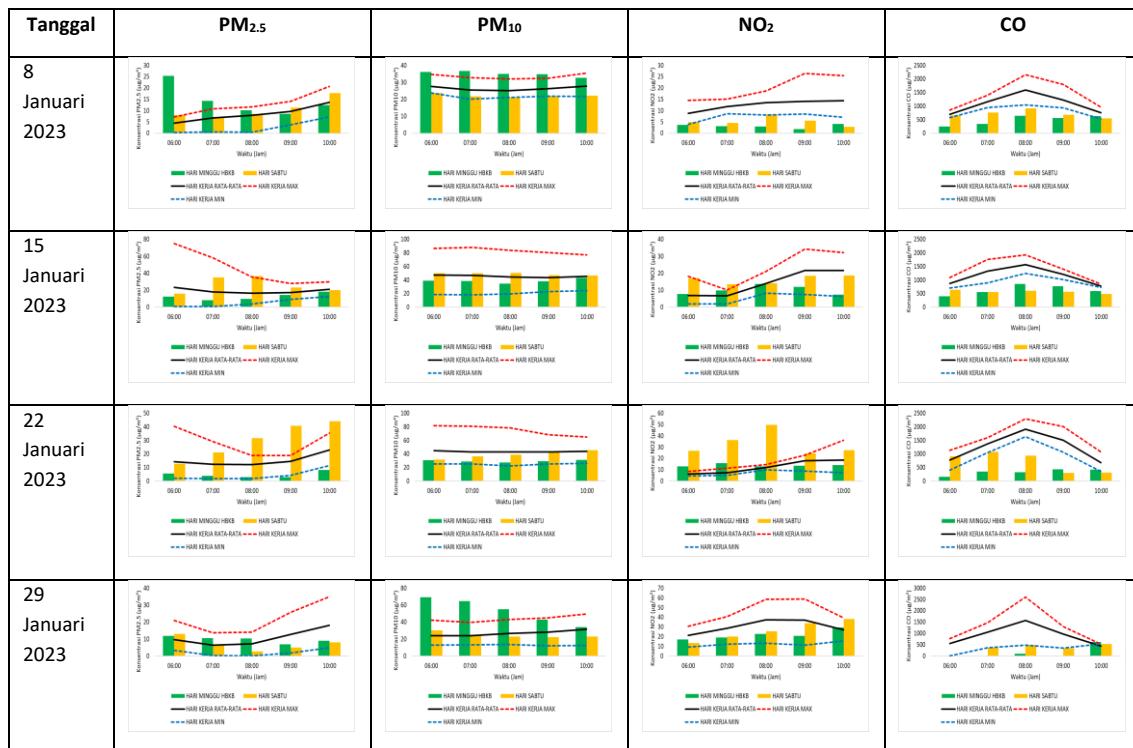
Secara umum, berdasarkan data bulan Januari-Desember, kegiatan HBKB efektif dalam menurunkan polutan CO, NO dan NO₂ (Gambar 88). Besar penurunan ketiga parameter polutan tersebut mencapai 88% untuk CO, 85% untuk NO, dan 98% untuk NO₂. Analisis terhadap Ozon menunjukkan HBKB tidak efektif menurunkan konsentrasi O₃ karena penurunan hanya mencapai 15%. Namun demikian HBKB kurang efektif menurunkan polutan partikulat, SO₂ dan hidrokarbon. Hasil perhitungan keseluruhan terlampir (Lampiran 10) dan grafik pada Gambar 88. Uraian hasil analisis HBKB per bulan disampaikan pada sub-sub bab selanjutnya.



Gambar 88 Persentase penurunan konsentrasi polutan saat HBKB dibandingkan rata-rata Hari Kerja

4.1.1 Januari

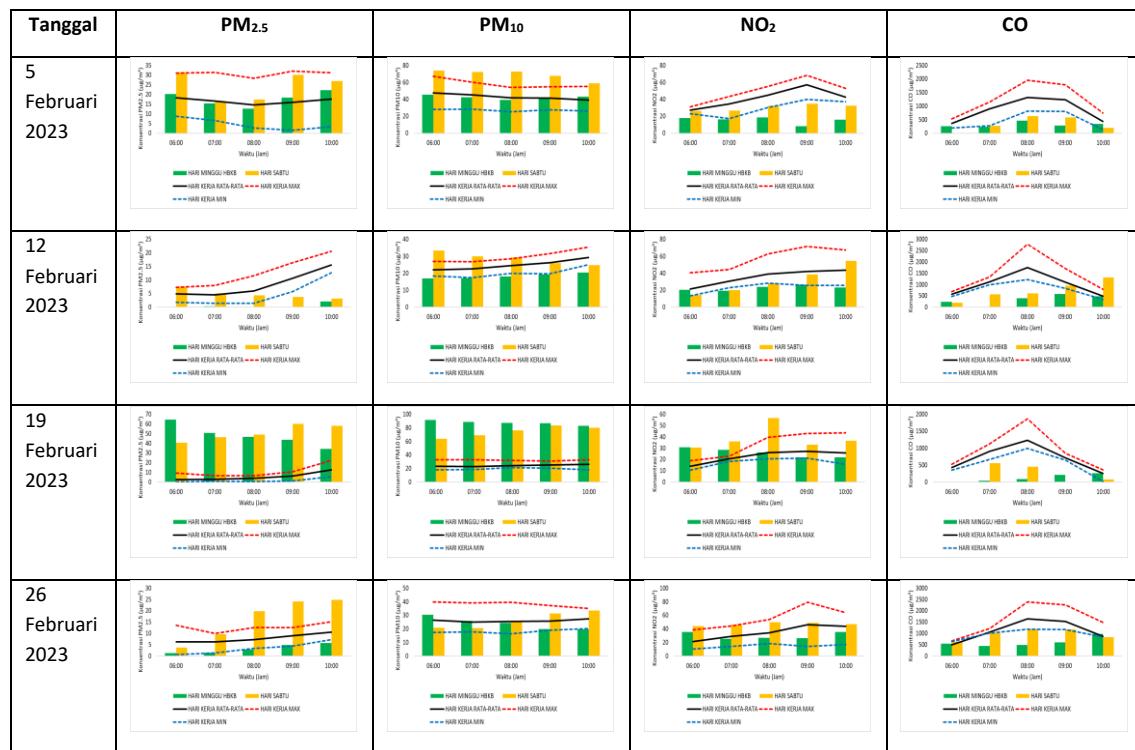
Kegiatan HBKB pada bulan Januari dilaksanakan pada tanggal 8, 15, 22, 29 Januari 2023 (Gambar 89). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu pada tanggal 15 dan 22 Januari 2023. Pada tanggal 8 dan 29 Januari 2023, konsentrasi partikulat lebih tinggi dibandingkan hari kerja dan hari Sabtu. Konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu terutama sebelum pukul 08.00 WIB. Secara umum, konsentrasi NO₂ menunjukkan penurunan cukup signifikan daripada hari kerja dan hari Sabtu bulan Januari. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 89 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Januari 2023

4.1.2 Februari

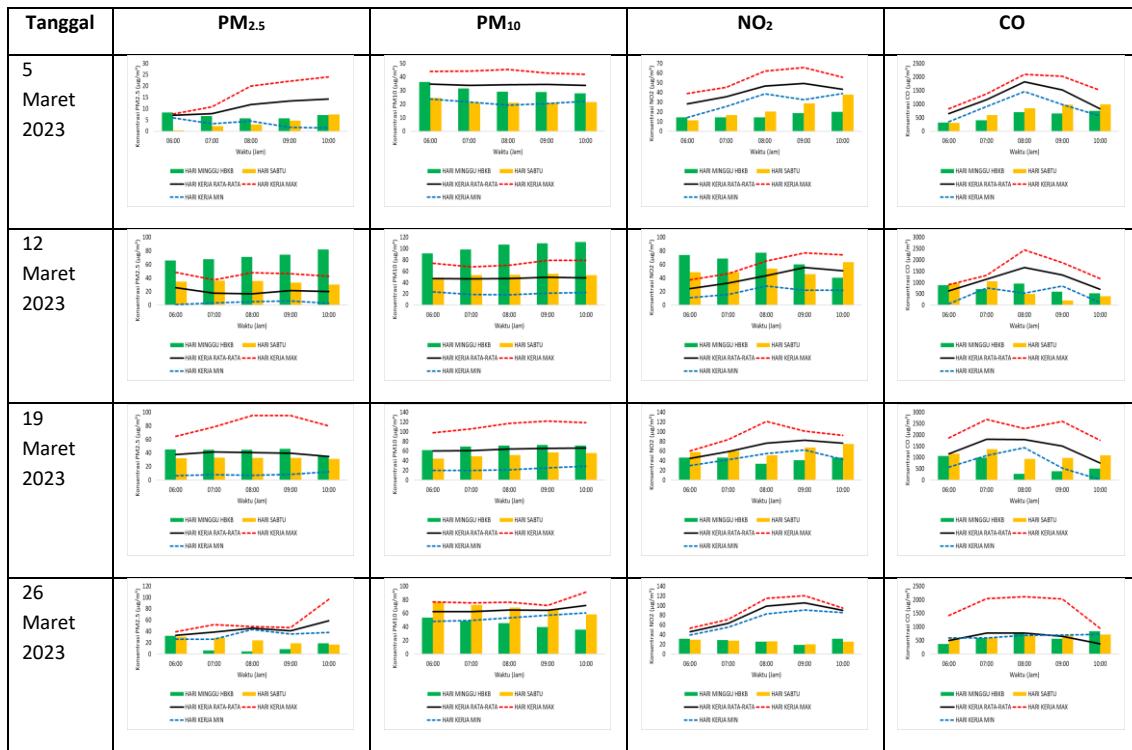
Kegiatan HBKB pada bulan Februari dilaksanakan pada tanggal 5, 12, 19, 26 Februari 2023 (Gambar 90). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM_{10} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu pada tanggal 5 dan 12 Februari 2023. Sementara konsentrasi $PM_{2.5}$ pada tanggal 19 Februari 2023, melebihi hari kerja dan hari Sabtu terutama pukul 06.00-08.00. Akan tetapi, pada tanggal 12 Februari tidak terdapat data hari Minggu (data kosong). Konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu terutama sebelum pukul 10.00 WIB. Secara umum, konsentrasi NO_2 menunjukkan penurunan cukup signifikan daripada hari kerja dan hari Sabtu bulan Februari. Polutan SO_2 dan O_3 ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 90 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Februari 2023

4.1.3 Maret

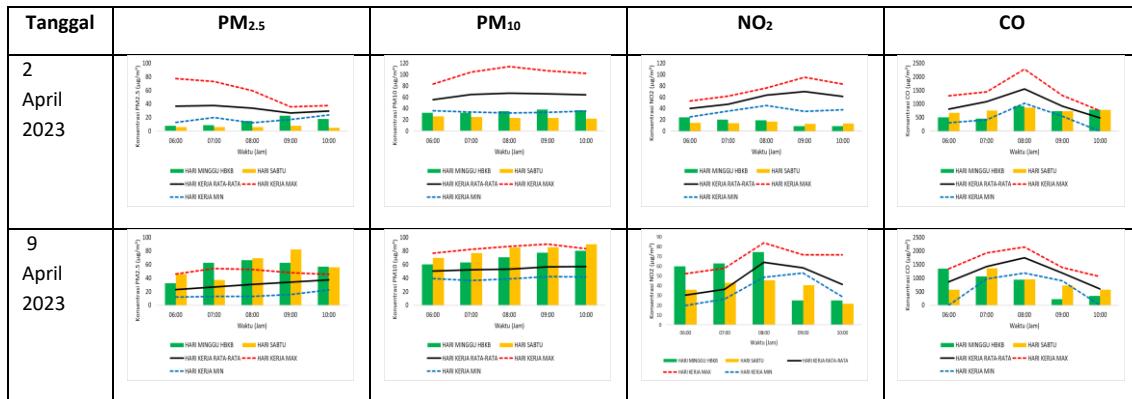
Kegiatan HBKB pada bulan Maret dilaksanakan pada tanggal 5, 12, 19, 26 Maret 2023 (Gambar 91). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada saat HBKB lebih tinggi dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu, kecuali pada tanggal 26 Maret 2023. Konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu terutama sebelum pukul 08.00 WIB. Konsentrasi NO_2 saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu. Namun, pada tanggal 12 dan 26 Maret 2023 lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu. Polutan SO_2 dan O_3 ditunjukkan pada Lampiran 7.



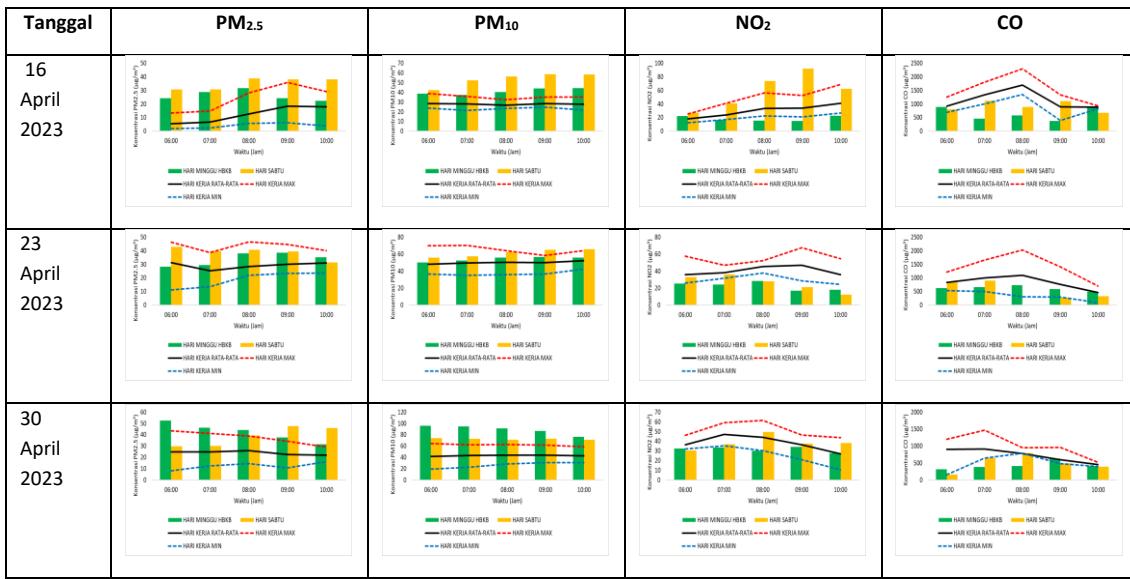
Gambar 91 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Maret 2023

4.1.4 April

Kegiatan HBKB pada bulan April dilaksanakan pada tanggal 2, 9, 16, 23, 30 April 2023 (Gambar 92). Hasil evaluasi kualitas udara secara umum menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih tinggi dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu pada tanggal 2 dan 30 April 2023. Pada tanggal 9, 16, dan 23 April 2023, konsentrasi partikulat lebih rendah dibandingkan hari kerja dan hari Sabtu. Konsentrasi CO saat hari HBKB kebanyakan lebih tinggi dari hari kerja dan hari Sabtu. Secara umum, konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih rendah daripada hari kerja dan hari Sabtu, kecuali pada tanggal 2 dan 9 April yang lebih tinggi sekitar pukul 06.00-08.00 WIB. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



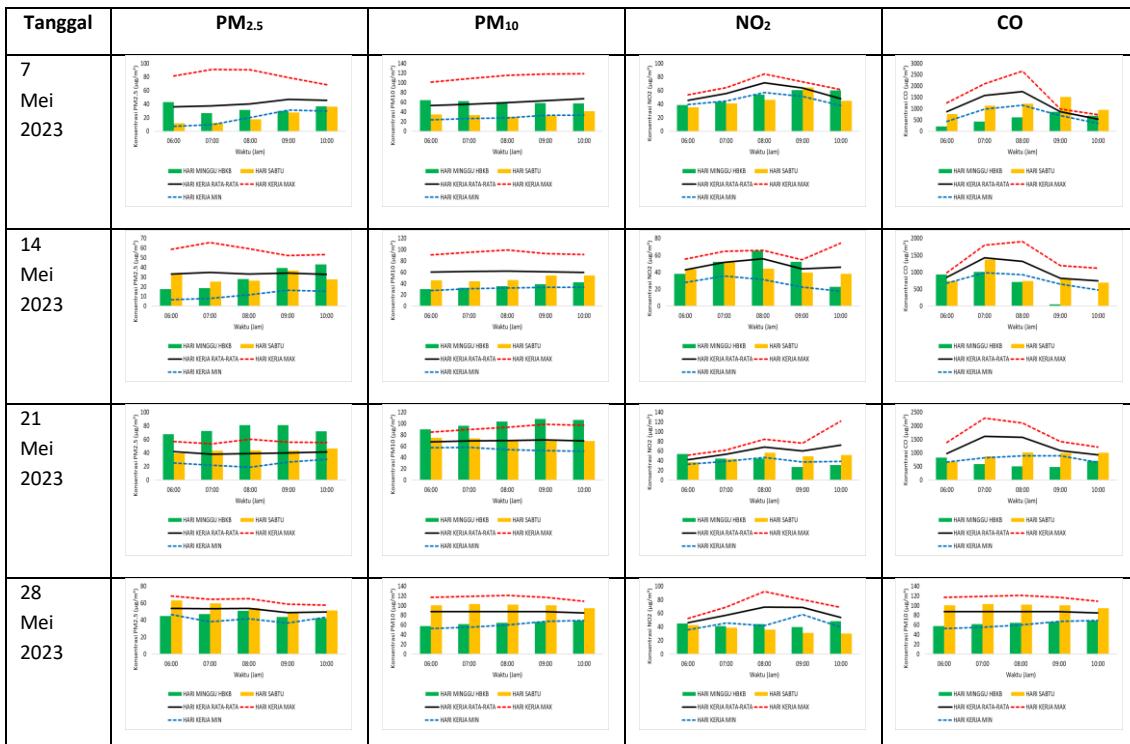
Gambar 92 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB April 2023



Gambar 92 lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB April 2023

4.1.5 Mei

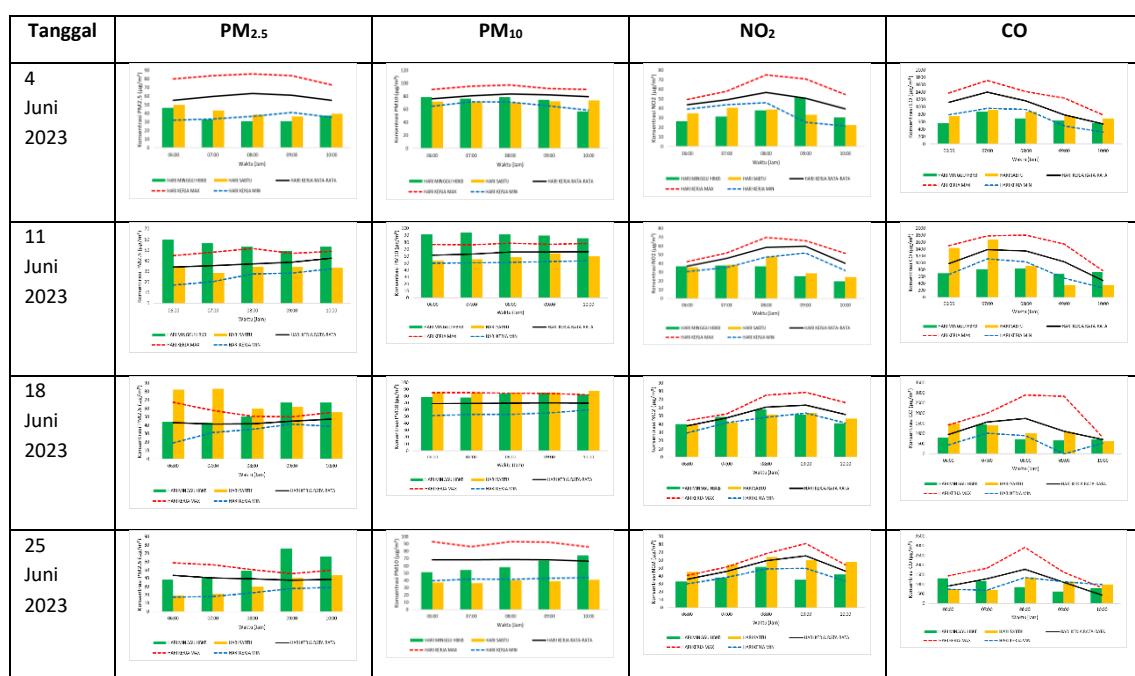
Kegiatan HBKB pada bulan Mei dilaksanakan pada tanggal 7, 14, 21, 28 Mei 2023 (Gambar 93). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu pada tanggal 14 dan 28 Mei 2023. Pada tanggal 7 dan 21 Mei 2023, konsentrasi partikulat lebih tinggi dibandingkan hari kerja dan hari Sabtu. Konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu, kecuali pada tanggal 28 Mei 2023. Secara umum, konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu bulan Mei. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 93 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Mei 2023

4.1.6 Juni

Kegiatan HBKB pada bulan Juni dilaksanakan pada tanggal 4, 11, 18, 25 Juni 2023 (Gambar 94). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM_{10} pada saat HBKB tanggal 4 dan 25 Juni 2023 lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata, namun lebih tinggi dibandingkan hari Sabtu tanggal 3 dan 24 Juni 2023. Konsentrasi $PM_{2.5}$ pada saat HBKB tanggal 4 Juni 2023 lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan Hari Sabtu Tanggal 3 Juni 2023. Pada tanggal 11 dan 18 Juni 2023, konsentrasi partikulat lebih tinggi dibandingkan hari kerja dan hari Sabtu. Semen-
tara itu, $PM_{2.5}$ tanggal 25 Juni 2023 juga lebih tinggi dibandingkan hari kerja namun tidak selalu lebih rendah dibandingkan hari Sabtu. Konsentrasi CO saat hari HBKB di bulan Juni lebih rendah dari hari kerja. Secara umum, konsentrasi NO_2 saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu bulan Juni kecuali pada jam jam tertentu ada konsentrasi NO_2 saat HBKB lebih tinggi dibandingkan saat hari Sabtu. Polutan SO_2 dan O_3 ditunjukkan pada Lampiran 7.

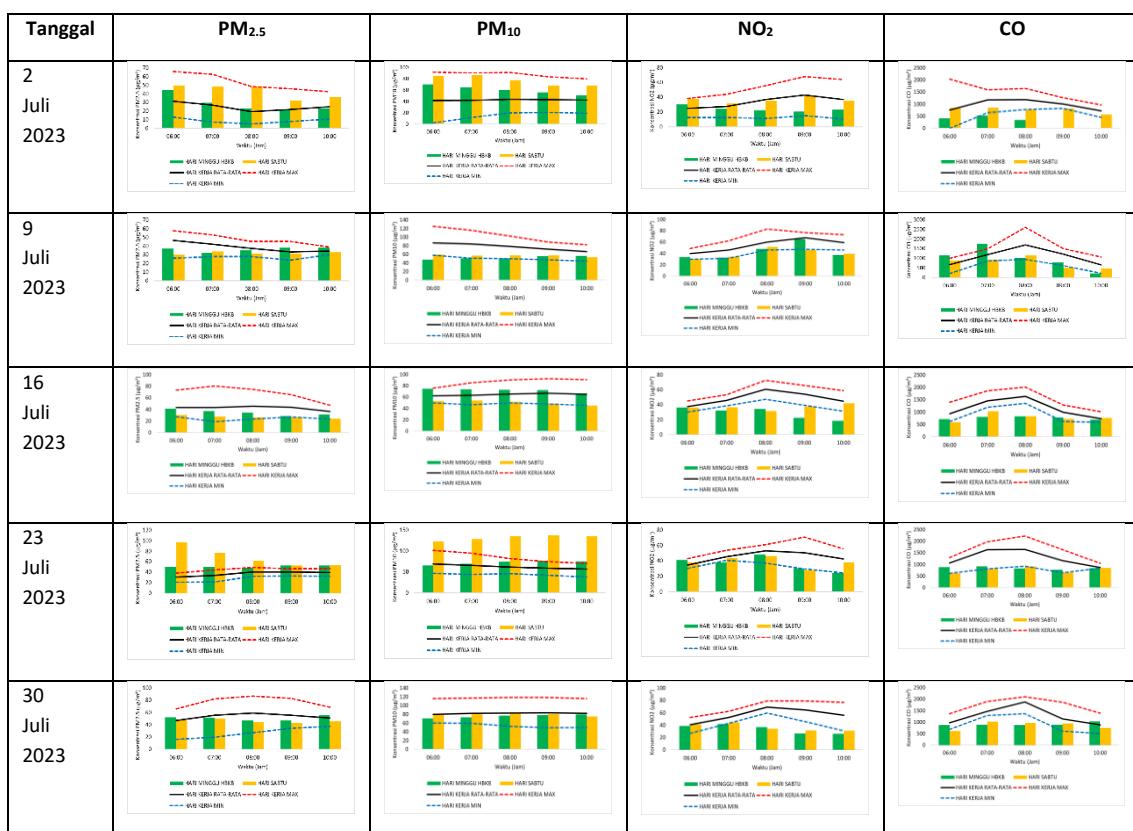


Gambar 94 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Juni 2023

4.1.7 Juli

Kegiatan HBKB pada bulan Juli dilaksanakan pada tanggal 2, 9, 16, 23, dan 30 Juli 2023 (Gambar 95). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM_{10} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu pada tanggal 9 dan 30 Juli 2023. Konsentrasi $PM_{2.5}$ pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata pada tanggal 9, 16 dan 30 Juli 2023. Pada tanggal 2, 16 dan 23 Juli 2023, konsentrasi PM_{10} lebih tinggi dibandingkan hari kerja dan lebih rendah dari hari Sabtu tanggal 2 dan 23 Juli 2023. Sementara itu, konsentrasi $PM_{2.5}$ lebih tinggi dibandingkan hari kerja tanggal 2 dan 23 Juli 2023 namun tidak selalu lebih rendah dibandingkan hari Sabtu. Secara umum, konsentrasi CO bulan Juli saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu, kecuali pada jam jam tertentu dimana konsentrasi CO saat HBKB lebih tinggi dibandingkan hari Sabtu. Konsentrasi NO_2 saat HBKB relatif lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu kecuali pada jam jam tertentu dimana konsentrasi NO_2 saat HBKB lebih

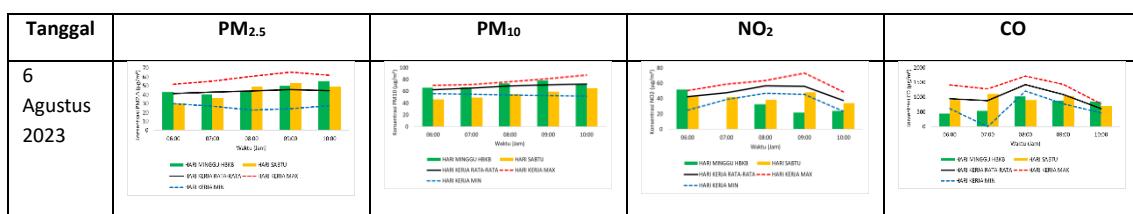
tinggi dibandingkan hari Sabtu. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



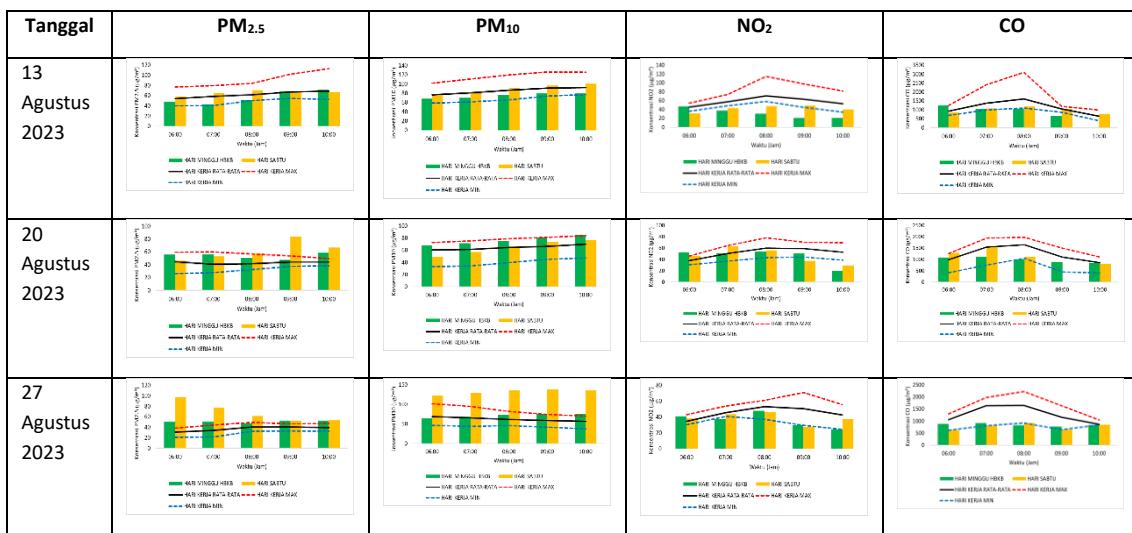
Gambar 95 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Juli 2023

4.1.8 Agustus

Kegiatan HBKB pada bulan Agustus dilaksanakan pada tanggal 6, 13, 20, 27 Agustus 2023 (Gambar 96). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata dan hari Sabtu hanya pada tanggal 13 Agustus 2023. Sementara itu, tanggal 6, 20 dan 27 Agustus konsentrasi partikulat lebih tinggi dibandingkan hari kerja namun tidak selalu lebih rendah dibandingkan hari Sabtu. Secara umum, konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu, kecuali pada jam tertentu dimana CO saat HBKB lebih tinggi dibandingkan hari Sabtu. Konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu kecuali pada jam tertentu dimana konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi dibandingkan hari Sabtu. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



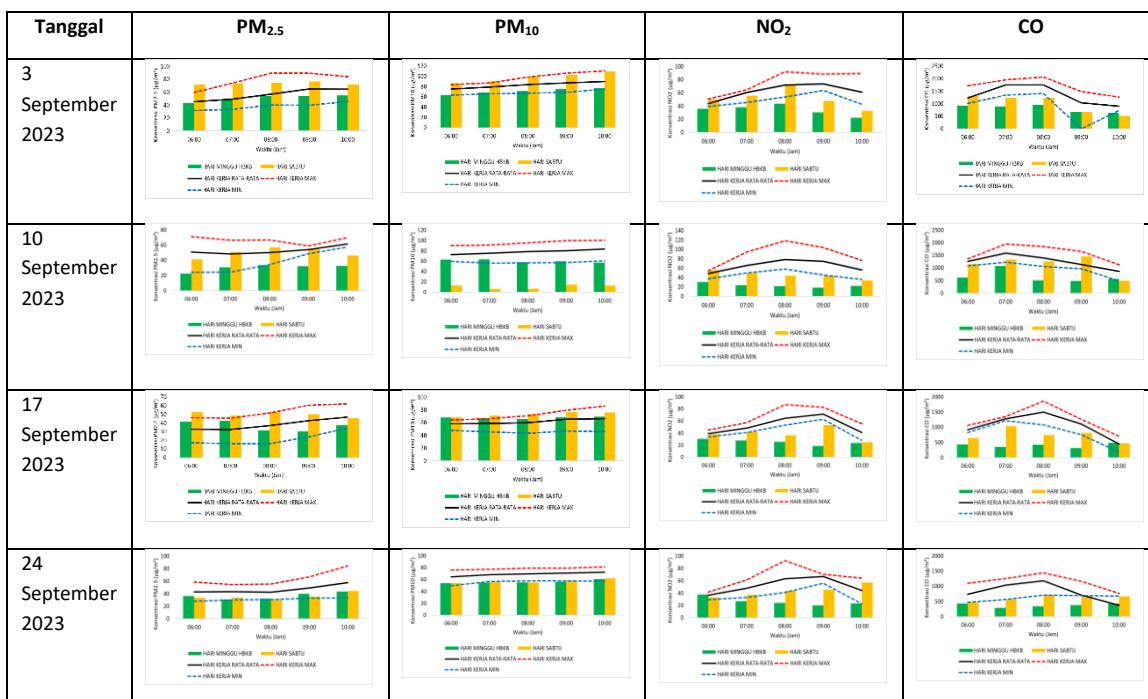
Gambar 96 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Agustus 2023



Gambar 96 lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Agustus 2023

4.1.9 September

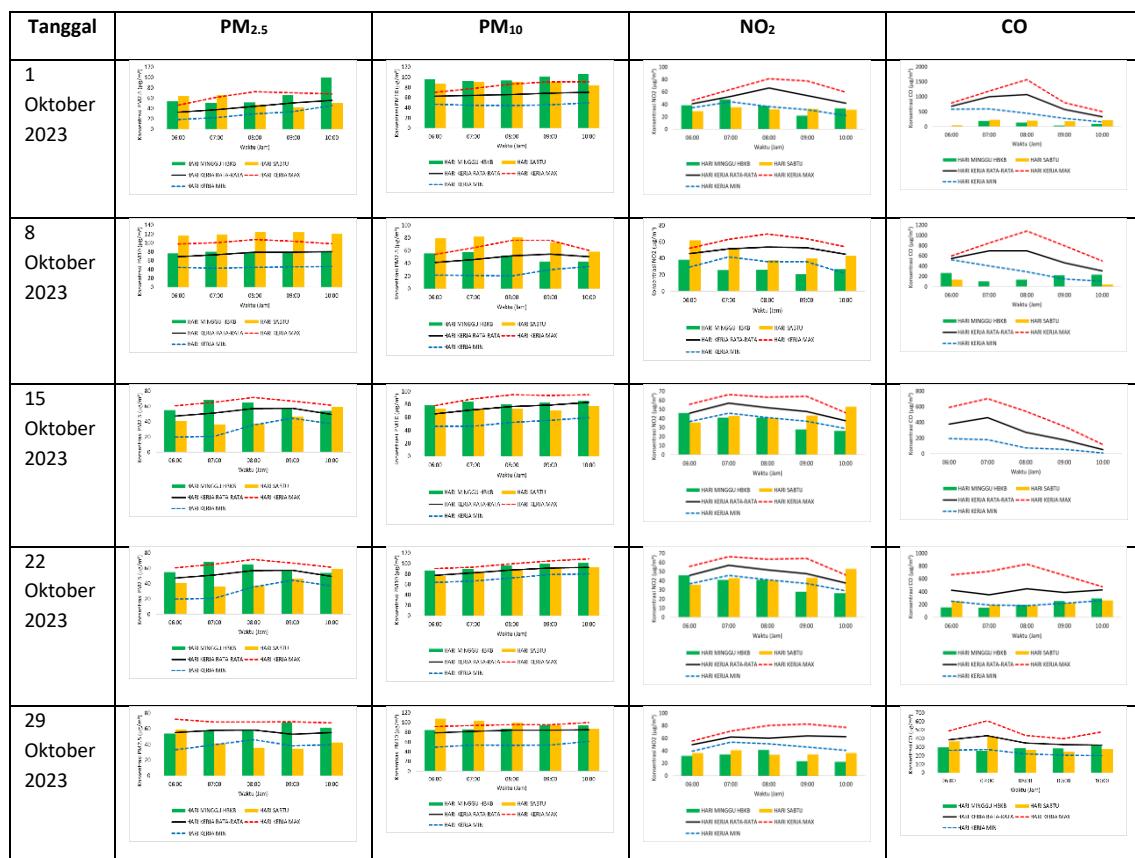
Kegiatan HBKB pada bulan September dilaksanakan pada tanggal 3, 10, 17, 24 September 2023 (Gambar 97). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata pada bulan September kecuali tanggal 17 September 2023, namun tidak selalu lebih rendah dibandingkan hari Sabtu. Konsentrasi CO saat hari HBKB relatif lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu. Secara umum, konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu bulan September. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 97 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB September 2023

4.1.10 Oktober

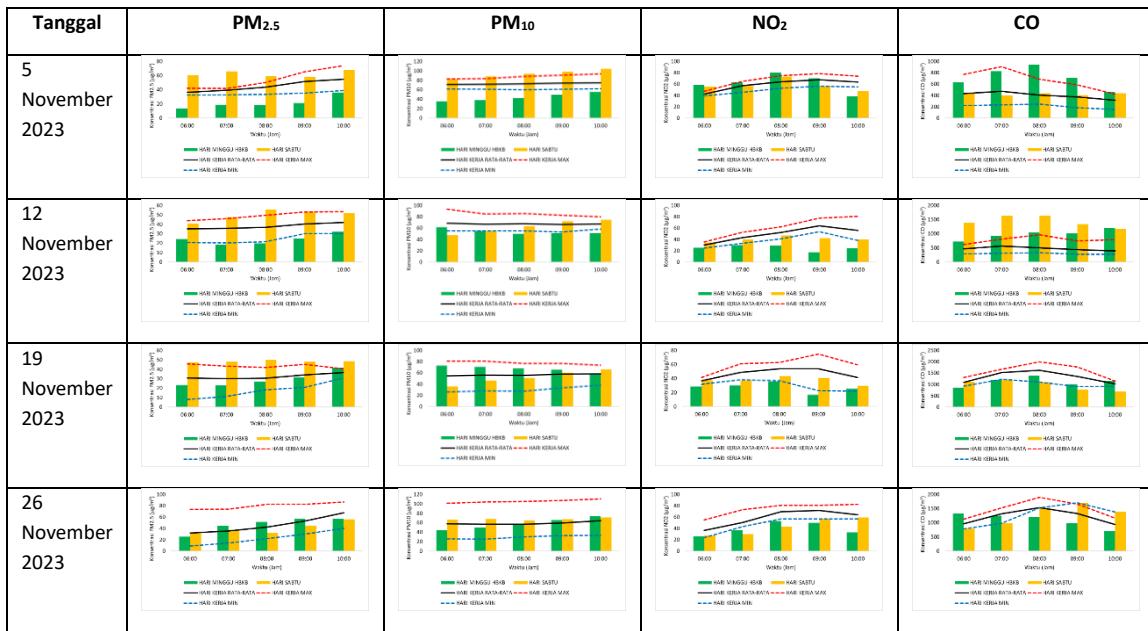
Kegiatan HBKB pada bulan Oktober dilaksanakan pada tanggal 1, 8, 15, 22 dan 29 Oktober 2023 (Gambar 98). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan tidak ada tanggal HBKB dimana konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata. Konsentrasi CO saat hari HBKB lebih rendah dari hari kerja dan hampir sama dengan konsentrasi CO hari Sabtu kecuali tanggal 1 Oktober 2023. Secara umum, konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu kecuali pada jam-jam tertentu dimana konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih tinggi dibandingkan hari Sabtu. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 98 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Oktober 2023

4.1.11 November

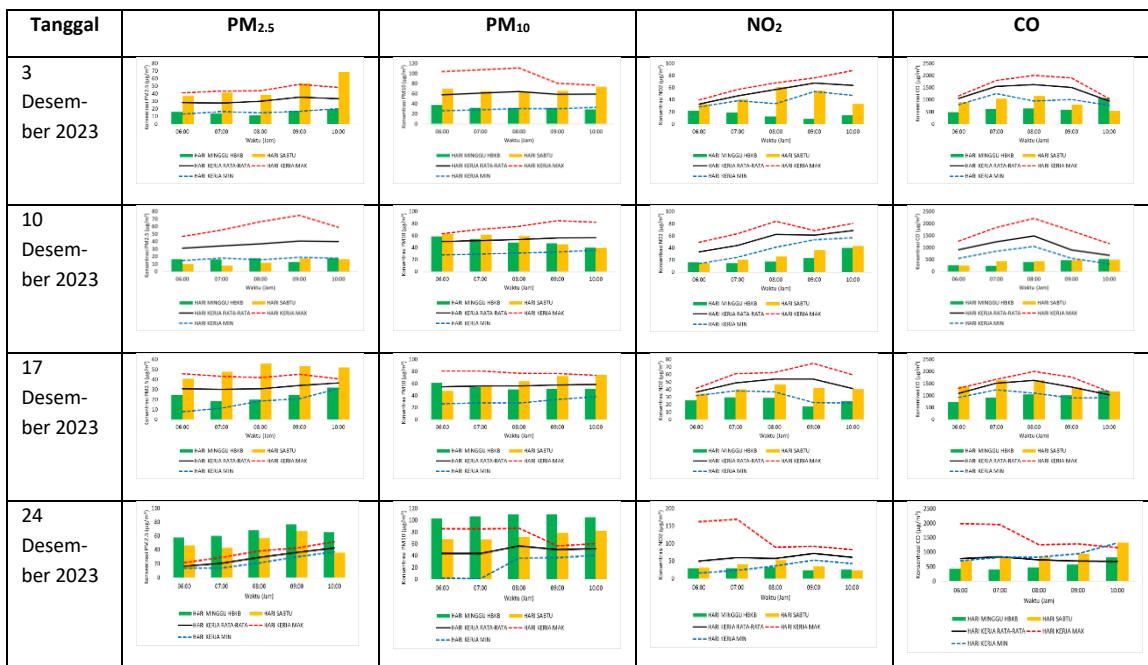
Kegiatan HBKB pada bulan November dilaksanakan pada tanggal 5, 12, 19, 26 November 2023 (Gambar 99). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan semua tanggal saat HBKB kecuali tanggal 19 November, dimana konsentrasi PM₁₀ pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata. Sementara itu, konsentrasi PM_{2.5} saat HBKB selalu lebih rendah dibandingkan hari kerja rata-rata kecuali tanggal 26 November. Begitu juga dengan konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih rendah dari hari kerja kecuali tanggal 5 November. Secara umum, konsentrasi CO saat HBKB lebih tinggi daripada hari kerja dan hari Sabtu kecuali tanggal 12 November dimana konsentrasi CO saat HBKB lebih rendah dibandingkan hari Sabtu. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



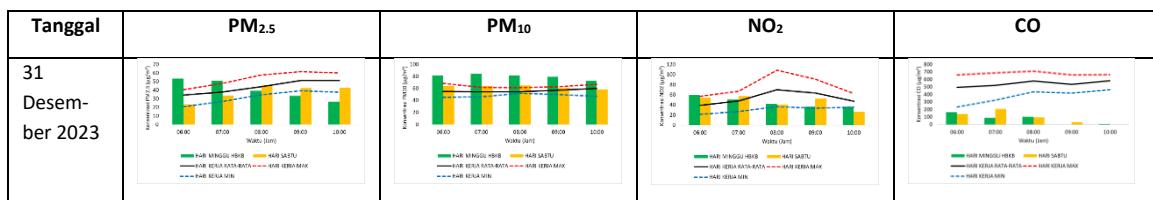
Gambar 99 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB November 2023

4.1.12 Desember

Kegiatan HBKB pada bulan Desember dilaksanakan pada tanggal 3, 10, 17, 24 dan 31 Desember 2023 (Gambar 100). Hasil evaluasi kualitas udara menunjukkan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} pada saat HBKB lebih rendah dibanding hari kerja rata-rata kecuali tanggal 24 dan 31 Desember 2023. Konsentrasi CO saat hari HBKB selalu lebih rendah dari hari kerja dan hari Sabtu. Secara umum, konsentrasi NO₂ saat HBKB lebih rendah daripada hari kerja dan hari Sabtu kecuali pada Kecuali tanggal 31 Desember 2023. Polutan SO₂ dan O₃ ditunjukkan pada Lampiran 7.



Gambar 100 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Desember 2023

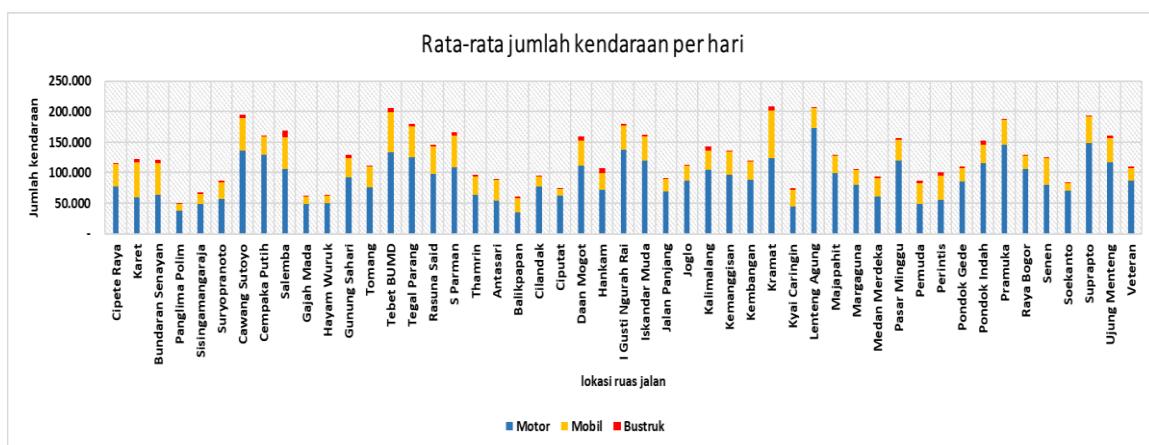


Gambar 100 lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB Desember 2023

4.2. Analisis kebijakan pembatasan kendaraan Ganjil Genap (Gage)

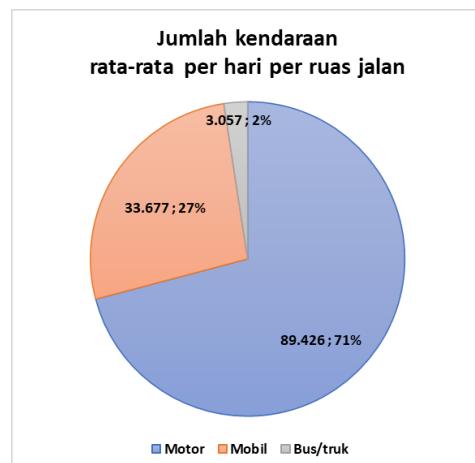
4.2.1. Kepadatan lalu lintas Kota Jakarta

Data *traffic counting* dari Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta menunjukkan bahwa dari 49 ruas jalan yang dipantau jumlah kendaraannya, pada tahun 2023 jumlah kendaraan yang melalui ruas jalan per hari mencapai >200 ribu kendaraan. Ruas jalan terpadat dari 49 titik pantau, adalah Jalan Jend. MT Haryono (Tebet), Jl Kramat dan Jl. Lenteng Agung (Gambar 101). Persentase jenis kendaraan, secara keseluruhan rata-rata 71% kendaraan roda 2 (motor), 27% kendaraan roda 4 (motor) dan 2% jenis bus/truk (Gambar 102).



Gambar 101 Jumlah kendaraan per hari pada 49 ruas jalan di Jakarta tahun 2023

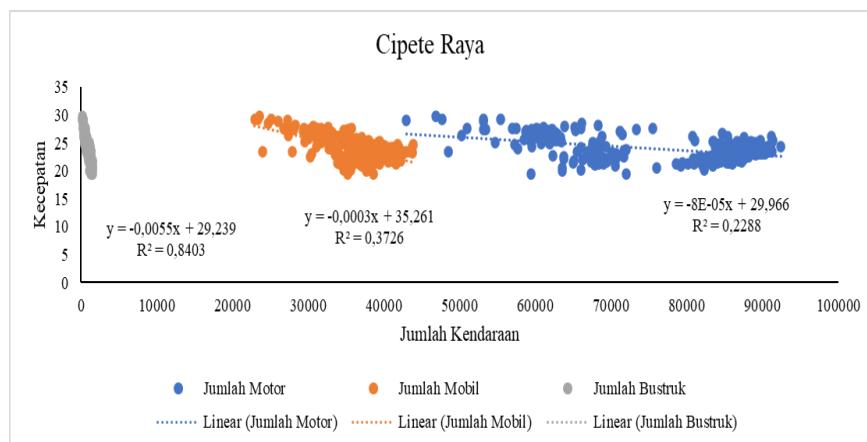
(Sumber : *Traffic Counting* Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta)



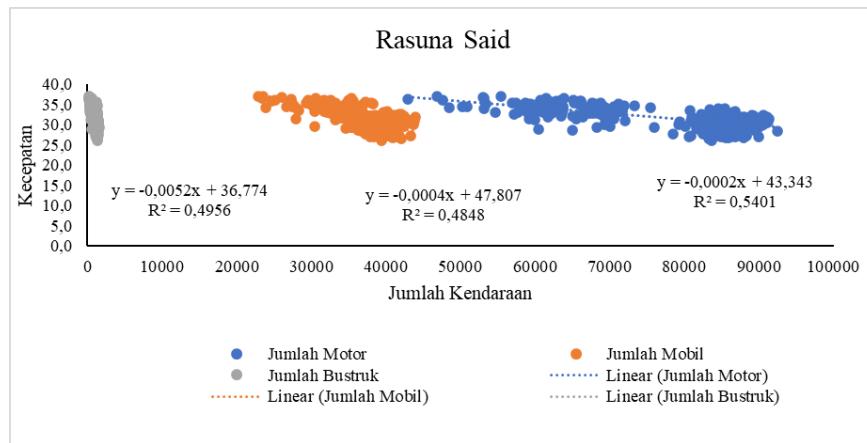
Gambar 102 Persentase jenis kendaraan tahun 2023

Kepadatan kendaraan dapat mempengaruhi kecepatan laju kendaraan, sehingga akan ber-

pengaruh terhadap beban emisi pencemar udara. Kecepatan rata-rata kendaraan di 49 titik pantau maksimal 53 km/jam, dengan rata-rata sebesar 30 km/jam. Kondisi ini sangat beragam, bergantung pada lebar ruas jalan. Keberadaan kendaraan bus dan truk pada beberapa ruas jalan dapat menurunkan kecepatan dengan signifikan, sebagai contoh di lokasi Jl Cipete Raya, jumlah bus dan truk menurunkan kecepatan, dengan korelasi 0.8 (Gambar 103). Sedangkan di Jl Rasuna Said, jumlah Bus dan truk korelasinya dengan kecepatan hanya sekitar 0.5, dan hampir sama untuk setiap jenis kendaraan (Gambar 104).

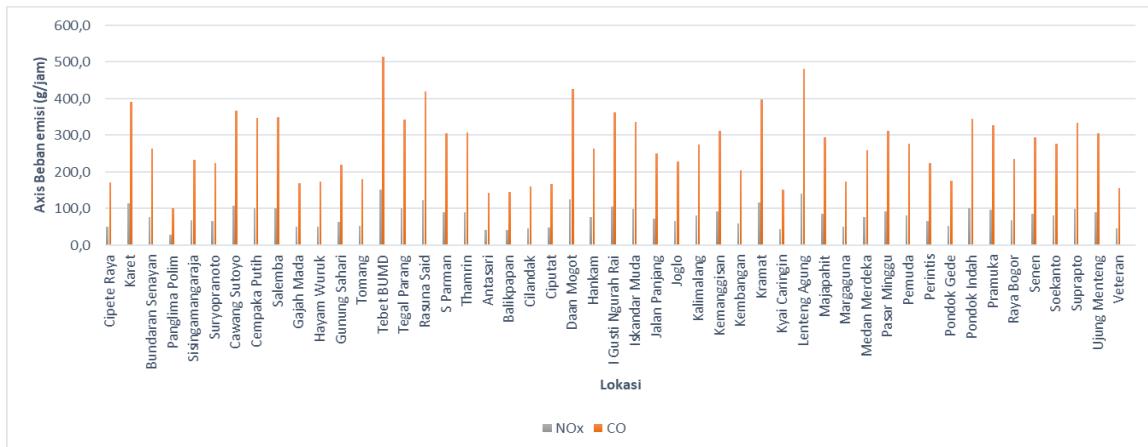


Gambar 103 Hubungan jumlah dan jenis kendaraan dengan laju kendaraan di Jl Cipete Raya



Gambar 104 Hubungan jumlah dan jenis kendaraan dengan laju kendaraan di Jl Cipete Raya

Beban emisi kendaraan bermotor, diduga menggunakan pendekatan faktor emisi dan kecepatan kendaraan, didapatkan bahwa beban emisi polutan tertinggi di lokasi Jl MT Haryono (Tebet).

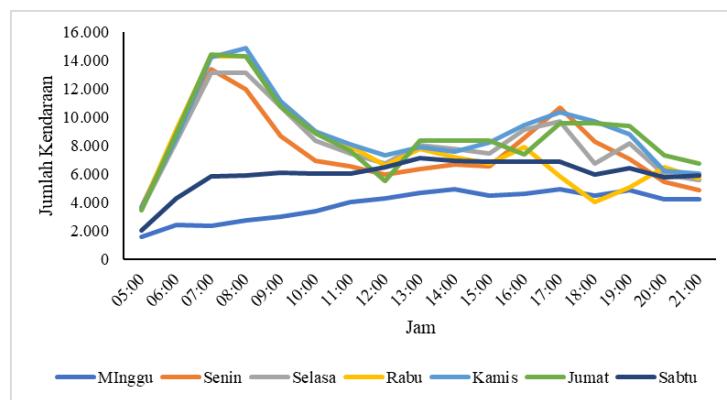


Gambar 105 Estimasi beban emisi CO dan NOx (g/jam) pada tahun 2023

4.2.2. Analisis fluktuasi kendaraan pada jalur Gage

Kebijakan pembatasan kendaraan berdasar plat nomor ganjil genap sesuai tanggal ditujukan untuk mengurangi kepadatan lalu lintas pada waktu tertentu terutama pada pagi pukul 06.00-09.00 WIB dan sore hari pukul 16.00-21.00 WIB, sesuai aktivitas masyarakat berangkat dan pulang bekerja. Adapun lokasi ruas jalan yang menerapkan program ganjil genap dapat dilihat pada Gambar ... pada Bab Metodologi.

Hasil analisis jumlah kendaraan menunjukkan di ruas gage pada periode waktu tersebut adalah... kendaraan pada pagi hari dankendaraan pada sore hari. Walaupun demikian, berdasar pola diurnal, tetap terjadi peningkatan jumlah kendaraan pada periode waktu pembatasan ganjil genap tersebut (Gambar 106).



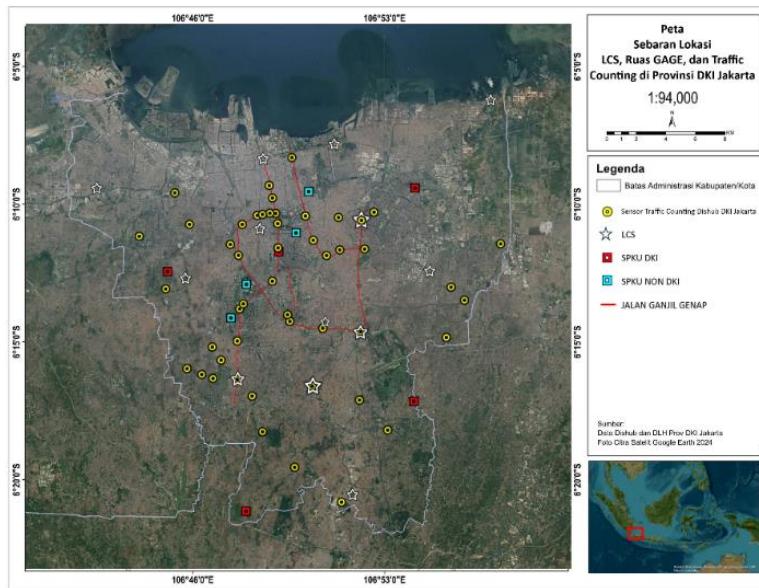
(a)

Gambar 106 Pola fluktuasi diurnal jumlah kendaraan bermotor di ruas jalan Gage (a) Jl Gn Sahari, Analisis kualitas udara pada jalur Gage

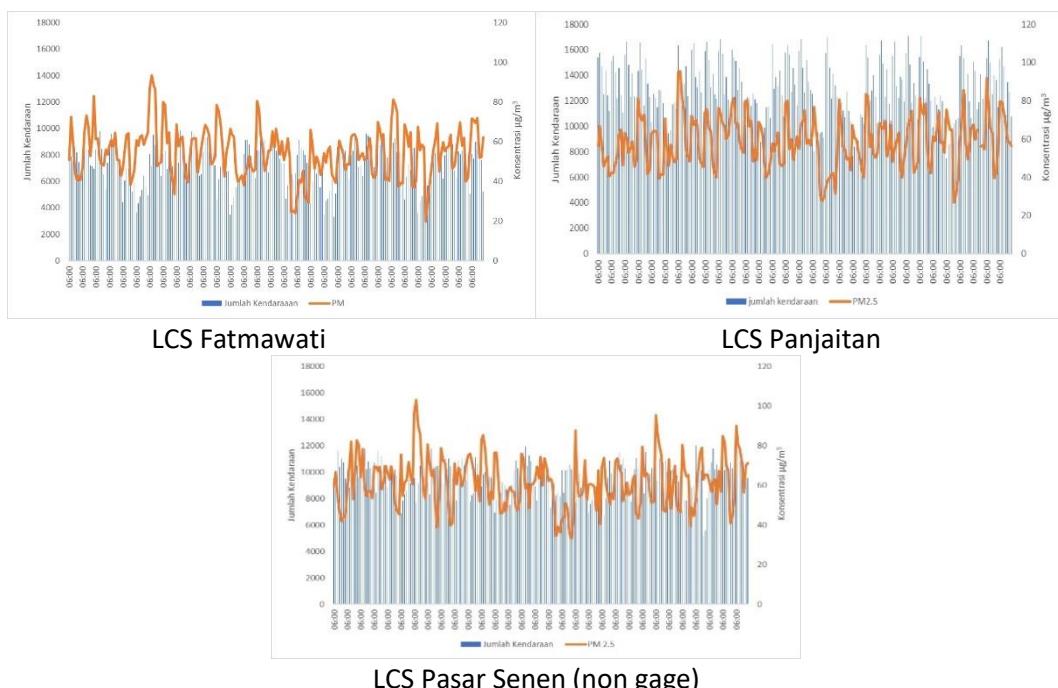
Kualitas udara pada jalur jalan lokasi penerapan program ganjil genap dianalisis menggunakan data dari LCS, yang ditempatkan pada ruas tersebut, dan terutama pada tempat yang sesuai dengan lokasi koordinat *traffic counting* Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta. Sebaran lokasinya dapat dilihat pada Gambar 107. Terdapat 3 titik lokasi LCS yang berdekatan dengan lokasi *traffic counting*, yaitu Jl Ahmad Yani, Jl Fatmawati dan Jl Panjaitan (Cawang). Namun data

LCS Ahmay Yani tidak berlanjut, sehingga terdapat 2 titik yang bersamaan antara LCS dan data traffic counting.

Berdasarkan hasil analisis, fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} yang terukur memiliki nilai korelasi yang kecil terhadap fluktuasi kendaraan di jalur tersebut. Sebagai contoh pada Gambar 108. Konsentrasi PM_{2.5} di lokasi Jl Fatmawati dan Jalan Panjaitan sebagai jalur Gage dan Jl Pasa Senen sebagai non-gage pada bulan dengan curah hujan rendah (kemarau). Hal ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh hujan terhadap fluktuasi konsentrasi PM_{2.5}.

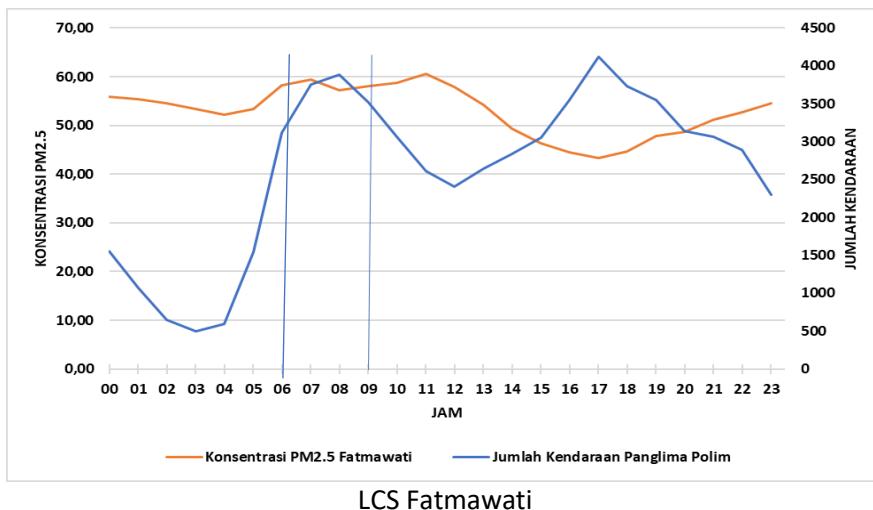


Gambar 107 Sebaran lokasi koordinat *traffic counting* Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta

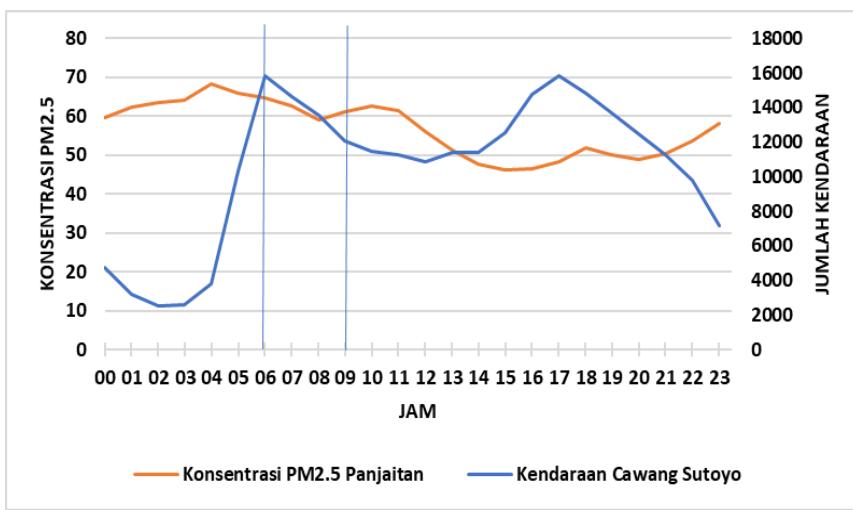


Gambar 108 Plot jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dan ruas non GAGE (Pasar Senen) dengan konsentrasi $P_{M2.5}$ (LCS) pada bulan kering

Evaluasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata selama bulan Oktober pada periode pelaksanaan ganjil genap pukul 6-9 pagi (batas garis biru), menunjukkan ada sedikit penurunan konsentrasi pada pukul 8 di ruas Jl. Fatmawati, begitu pula di ruas Jl. Panjaitan (Gambar...). Namun demikian untuk ruas Jl. Fatmawati jumlah kendaraan masih meningkat menjelang pk 8, baru menurun pada pk 9.



LCS Fatmawati



LCS Panjaitan

Gambar 109 Plot rata-rata jumlah kendaraan di ruas GAGE (Fatmawati, Panjaitan) dengan rata-rata konsentrasi PM_{2.5} (LCS) pada bulan Oktober

5. Analisis Kualitas Udara berdasar data pemantauan *Low-Cost Sensor* (LCS)

Pada tahun 2023 ini alat pemantau berupa *Low Cost Sensor* dipasang di beberapa lokasi sebagaimana dicantumkan pada **Tabel 2**. Lokasi-lokasi tersebut diukur dengan mempertimbangkan berbagai hal, antara lain lokasi yang memiliki kepadatan lalu lintas tinggi dan wilayah industri.

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

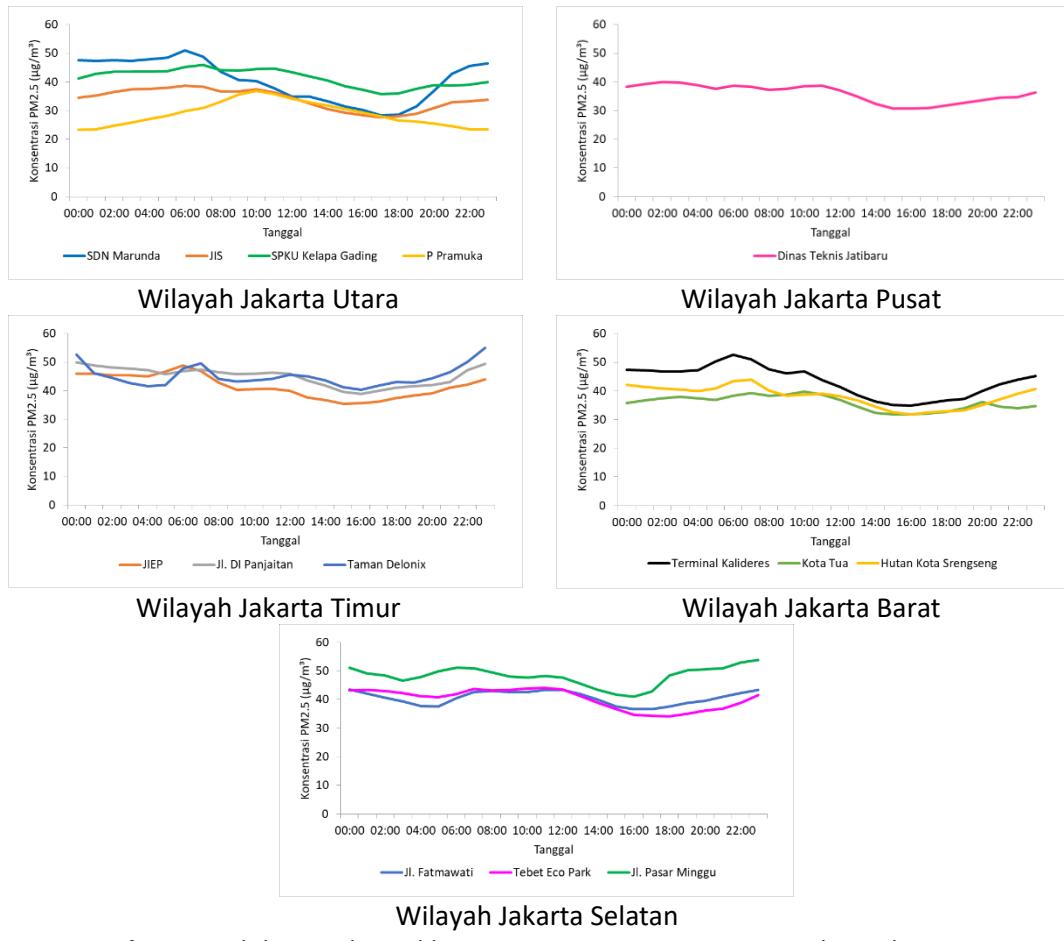
Konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) di Marunda, JIS, JIEP, Ahmad Yani, Pulau Pramuka, dan SKPU Kelapa Gading tiap bulannya menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} menurun pada siang hari dan meningkat pada pagi dan malam hari. Pada pukul 07.00-09.00 WIB terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua lokasi, dengan waktu yang berbeda-beda. Sementara itu, peningkatan kedua terjadi sekitar pukul 18.00 WIB di semua lokasi, kecuali Pulau Pramuka. Tak hanya itu, Pulau Pramuka juga sekaligus memiliki konsentrasi paling rendah diantara lokasi lain. Hal ini dapat disebabkan rendahnya kepadatan lalu lintas dan sumber emisi lainnya di sekitar titik pemantauan. Pada bulan Februari fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} relatif stabil.

Konsentrasi rata-rata diurnal di Terminal Kalideres, Hutan Kota Srengseng, Kota Tua, dan Dinas Teknis Jatibaru menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} menurun pada siang hari dan meningkat pada pagi dan malam hari. Pada pukul 07.00-09.00 WIB terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua lokasi, walau tidak signifikan. Konsentrasi rata-rata tertinggi terdapat di Terminal Kalideres, yang merupakan lokasi dengan kepadatan kendaraan atau lalu lintas yang tinggi.

Fluktuasi konsentrasi rata-rata per jam di Jl. Fatmawati dan Jl. Pasar Minggu menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} meningkat sekitar pukul 07.00 WIB, kecuali pada bulan Maret. Kemudian mengalami sedikit penurunan di siang hari. Pada pukul 18.00 WIB, konsentrasi PM_{2.5} mengalami peningkatan kembali. Pola fluktuasi yang tampak jelas terdapat pada bulan Maret.

Fluktuasi konsentrasi rata-rata per jam di Tebet Eco Park, Jl. DI Panjaitan, dan Taman Delonix menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} meningkat sekitar pukul 07.00 WIB tiap bulannya. Kemudian mengalami penurunan di siang hari dan pada pukul 18.00 WIB, konsentrasi PM_{2.5} mengalami peningkatan kembali.

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. 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).

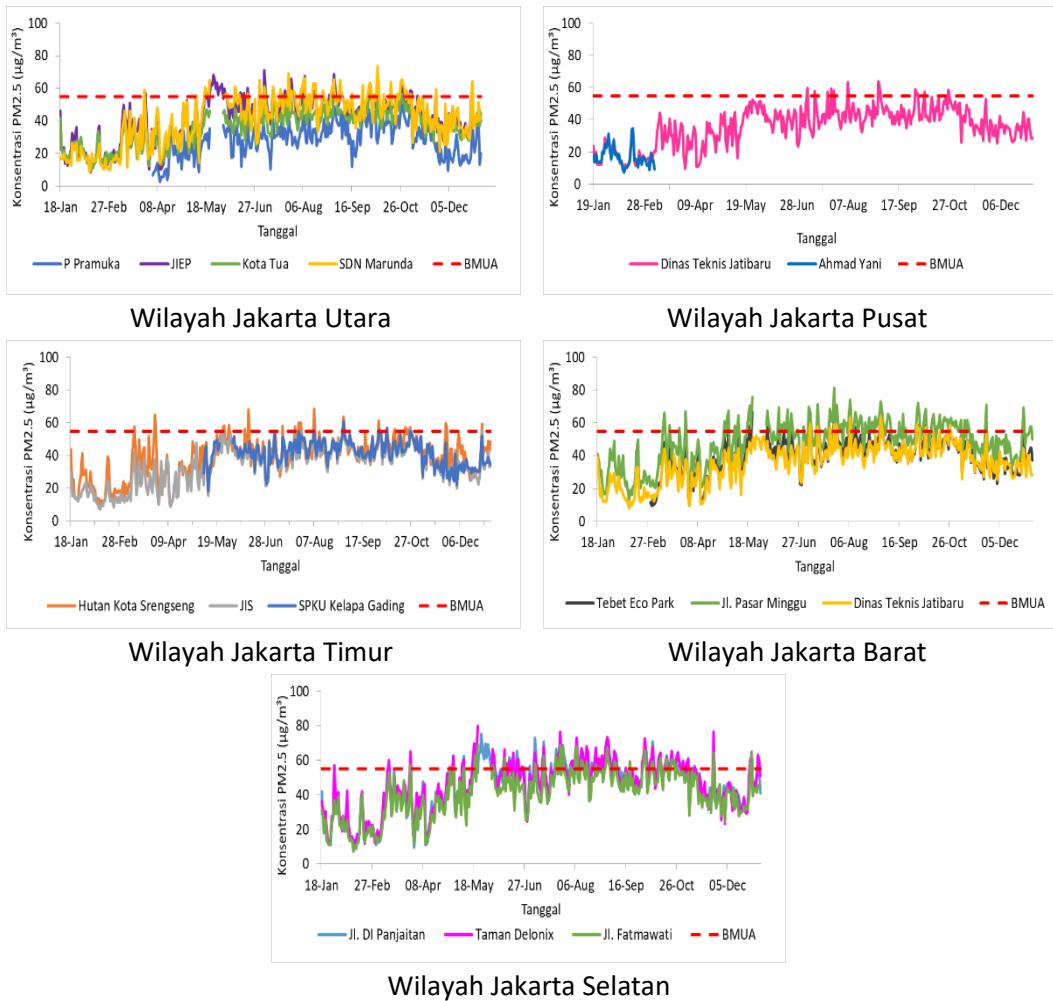


Gambar 110 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} Januari-Desember tahun 2023

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

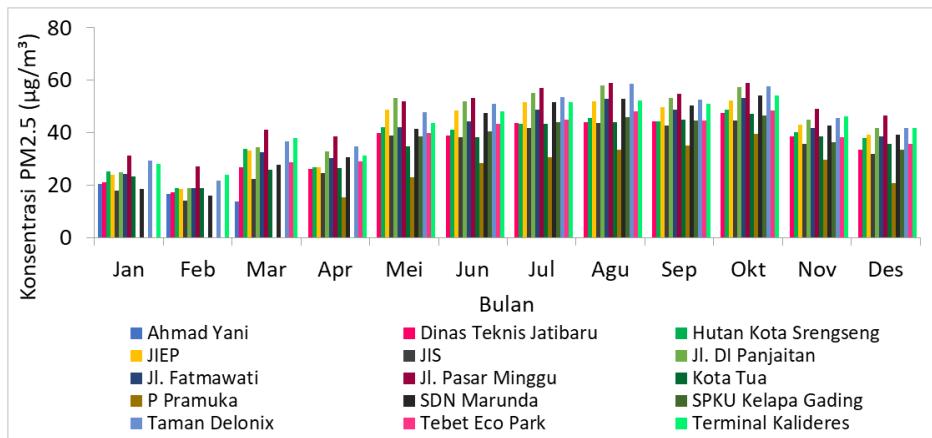
Kualitas udara berdasarkan konsentrasi pencemar dapat dianalisis dengan membandingkan nilai hasil pemantauan terhadap nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang berlaku. Secara nasional, nilai BMUA 24 jam yang berlaku untuk PM_{2.5} adalah sebesar 55 µg/m³, sementara untuk Provinsi DKI Jakarta nilai bakumutu udara ambien PM_{2.5} yang masih berlaku berdasar Keputusan Gubernur DKI Jakarta No 551 tahun 2001 adalah sebesar 65 µg/m³.

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam data *Low Cost Sensor* DKI Jakarta pada bulan Januari-Desember 2023 ditampilkan pada Gambar 110, dikelompokkan berdasarkan wilayah penempatan. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama di kelima belas titik pantau, walaupun dengan besaran yang berbeda-beda. Pola fluktuasi yang sama di semua lokasi menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} di DKI Jakarta tidak hanya berasal dari sumber emisi lokal. Akan tetapi, hal ini dapat disebabkan oleh adanya pengaruh angin yang dapat membawa partikulat ke berbagai lokasi. Konsentrasi rata-rata harian tertinggi tercatat pada bulan Mei sebesar 79.7 µg/m³ di Taman Delonix. Konsentrasi PM_{2.5} harian bulan Mei sampai September melebihi BMUA kecuali di JIS dan Pulau Pramuka.

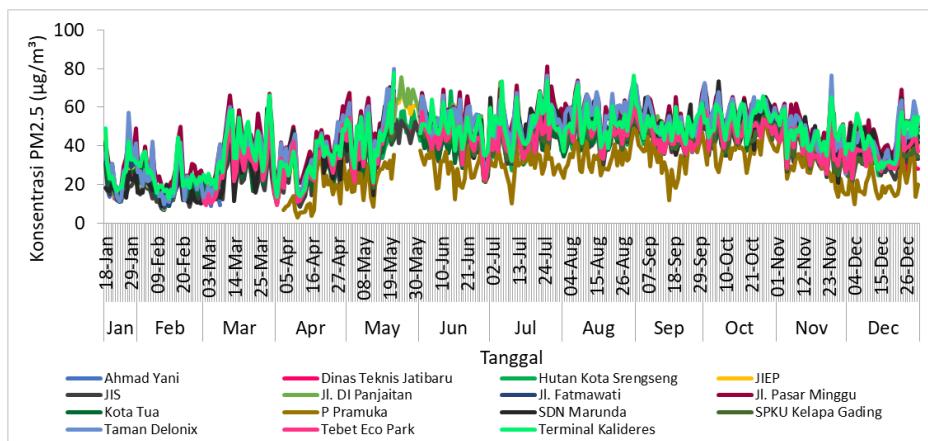


Gambar 111 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata -rata harian Januari-Desember tahun 2023 di lokasi Low Cost Sensor (per wilayah administrasi)

Konsentrasi rata-rata PM_{2.5} per bulan menunjukkan peningkatan memasuki musim kemarau mulai bulan Mei (Gambar 112). Pulau Pramuka menjadi yang paling rendah konsentrasinya, sedangkan tertinggi relatif terukur di Jl Pasar Minggu, Jl Panjaitan, Taman Delonix dan Terminal Kalideres. Fluktuasi harian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 113, Terminal Kalideres, taman Delonix dan Jl Pasar Minggu memiliki nilai maksimum lebih tinggi dari lokasi lain.



Gambar 112 Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata bulanan dari 15 lokasi LCS

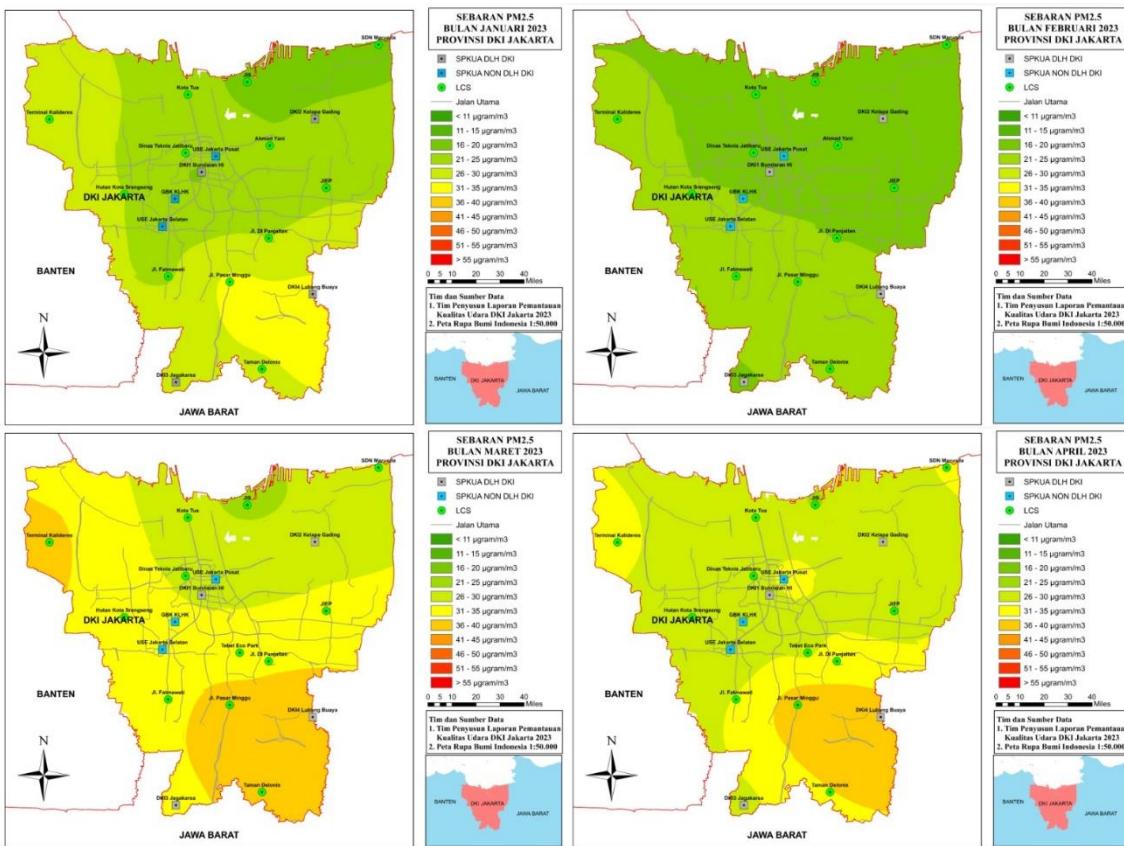


Gambar 113 Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dari 15 lokasi LCS

6. Pemodelan Kualitas Udara

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

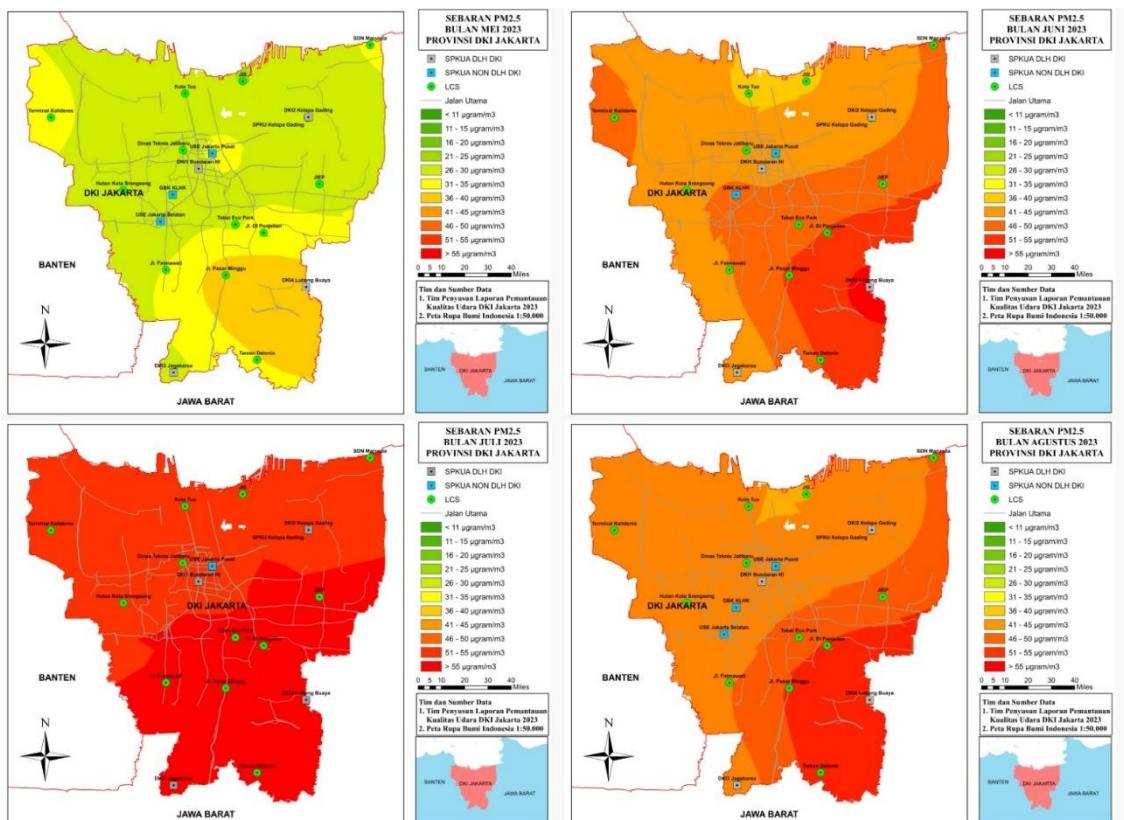
Pada bulan Januari-April, konsentrasi PM_{2.5} menunjukkan sebaran dengan konsentrasi rendah rata-rata < 35 µg/m³ dengan konsentrasi terendah di wilayah Utara-Timur Laut Jakarta, tertinggi di wilayah Timur-Tenggara, yaitu di sekitar DKI4 Lubang Buaya, Taman Delonix, dan Jl. Pasar Minggu (Gambar 114). Pada bulan Februari sejalan dengan curah hujan yang tinggi, konsentrasi PM_{2.5} di seluruh wilayah Jakarta menurun hingga < 25 µg/m³. Memasuki bulan Maret dan April konsentrasi PM_{2.5} meningkat terutama di wilayah Timur-Tenggara.



Gambar 114 Peta dispersi PM_{2.5} rata-rata harian bulan Januari-April 2023

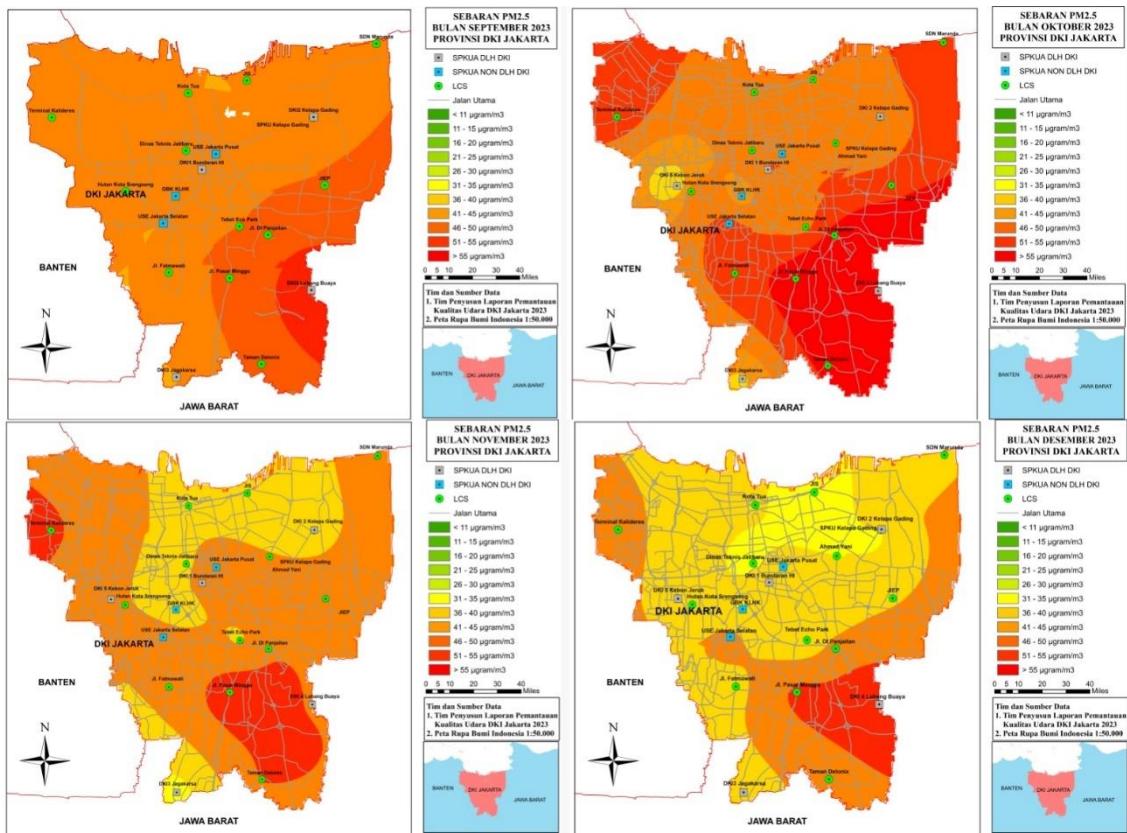
Pada bulan Mei terdapat peningkatan luas wilayah yang memiliki konsentrasi tinggi lebih dari 40 µg/m³ hampir di semua wilayah kecuali wilayah Jl. Ahmad Yani (<10 µg/m³). Sementara itu di wilayah barat yaitu Hutan Kota Srengseng memiliki konsentrasi sedikit lebih rendah yaitu 30-40 µg/m³ (Gambar 115). Pada bulan Juni mulai terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua lokasi. Konsentrasi tertinggi terukur di sebelah timur (tenggara) di wilayah DKI4 Lubang Buaya, Taman Delonix, JL. Pasar Minggu dan JL. DI Panjaitan sebesar 51-55 µg/m³. Sementara itu, konsentrasi terendah terukur di sebelah utara di wilayah Kota Tua dan JIS sebesar 36-40 µg/m³. Konsentrasi maksimum terukur disemua wilayah pada bulan Juli. Pada bulan Juli mulai semua lokasi mempunyai konsentrasi PM_{2.5} tinggi sebesar > 46 µg/m³. Konsentrasi tertinggi terukur di sebelah timur selatan (tenggara) di wilayah DKI4 Lubang Buaya, Taman Delonix, JL. Pasar

Minggu, JL. DI Panjaitan, JIEP, Tebet Eco Park, dan JL. Fatmawati sebesar $51-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi terendah terukur di sebelah utara di wilayah Kota Tua, JIS, SDN Marunda, DKI2 Kelapa Gading, dan Terminal Kalideres sebesar $46-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada bulan Agustus mulai terjadi penurunan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$. Konsentrasi tertinggi terukur di sebelah timur (tenggara) di wilayah DKI4 Lubang Buaya, Taman Delonix, JL Pasar Minggu, JL DI Panjaitan sebesar $51-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi terendah terukur di sebelah utara di JIS sebesar $36-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 115 Peta dispersi $\text{PM}_{2.5}$ rata-rata harian bulan Mei-Agustus 2023

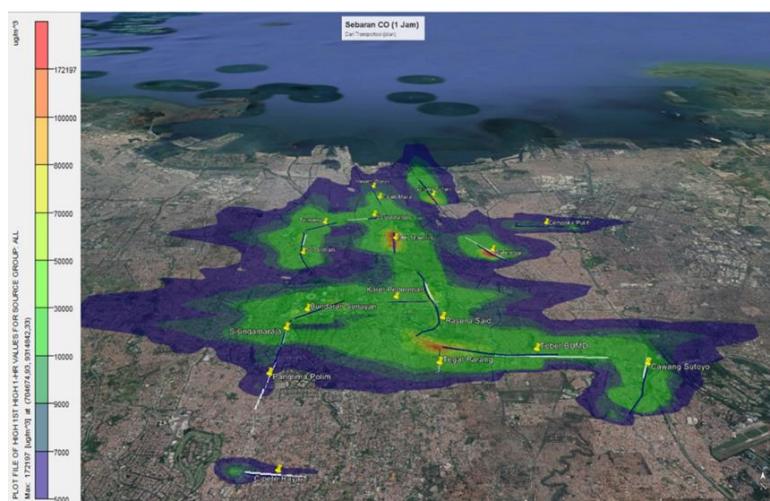
Pada bulan September konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ relatif menurun, namun pada bulan Oktober terjadi peningkatan kembali terutama di bagian Timur – Tenggara wilayah Jakarta. Memasuki musim hujan pada bulan Desember, konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ secara umum sudah menurun, kecuali sekitar Lubang Buaya dan Pasar Minggu masih tinggi (Gambar 116). Konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ yang melebihi BMUA dapat dilihat pada Lampiran 11.



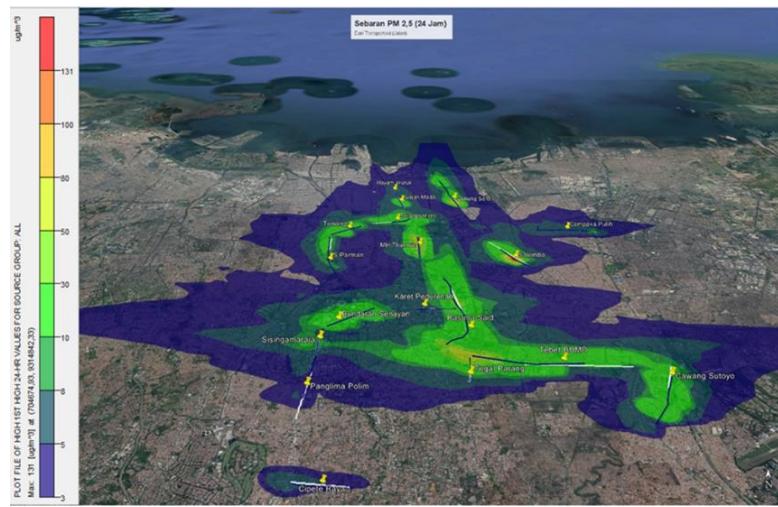
Gambar 116 Peta dispersi PM_{2.5} rata-rata harian bulan September-Desember 2023

6.2. Prediksi Sebaran Pencemar CO dan PM_{2.5} Bersumber Transportasi Menggunakan AER-MODVIEW

Sebaran pencemar dari sumber transportasi di lokasi dengan kepadatan gedung tinggi akan menyebabkan pencemar udara menumpuk di lokasi tersebut. Konsentrasi CO terlihat tinggi di Salemba, Tegal Parang dan Thamrin, sedangkan PM_{2.5} terlihat lebih tinggi konsentrasi di sekitar Jl. Salemba.



(a)

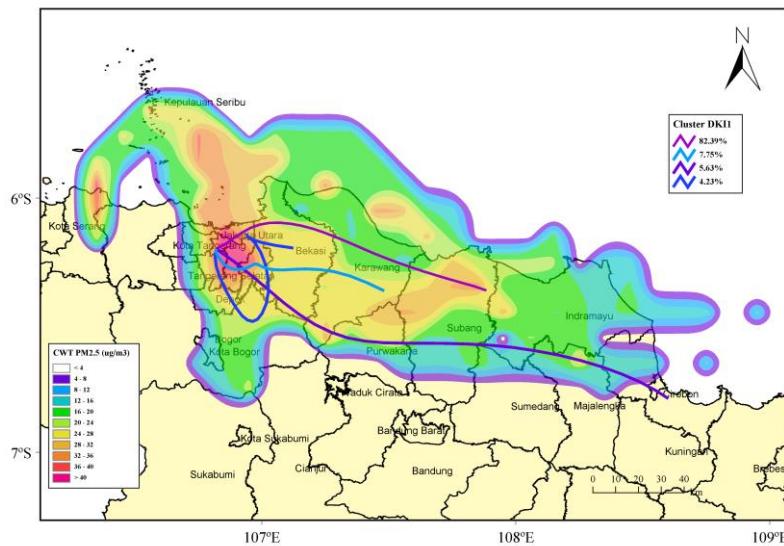


(b)

Gambar 117 Peta sebaran pencemar sumber trasnportasi (a) CO dan (b) PM_{2.5}

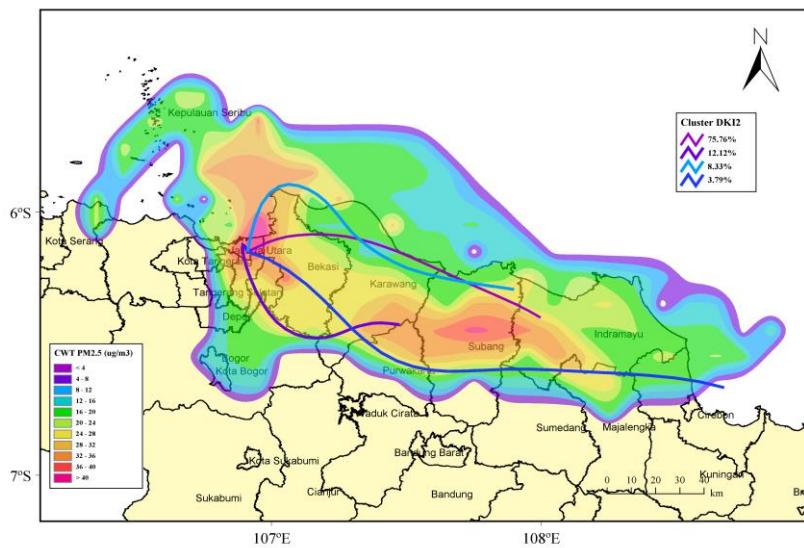
6.3. Prediksi Sumber Pencemar Menggunakan HYSPLIT-CWT

Prediksi lokasi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap konsentrasi PM_{2.5} di Bundaran HI (DKI1) periode 10-17 Juli 2023. Garis pada gambar menunjukkan prediksi pergerakan massa udara yang masuk ke area Bundaran HI pada ketinggian 100 m (82.4% dari wilayah Subang-Karawang- Bekasi Jakarta Utara (Konsentrasi tertinggi: dari arah Jakarta Utara dan Timur Laut)).



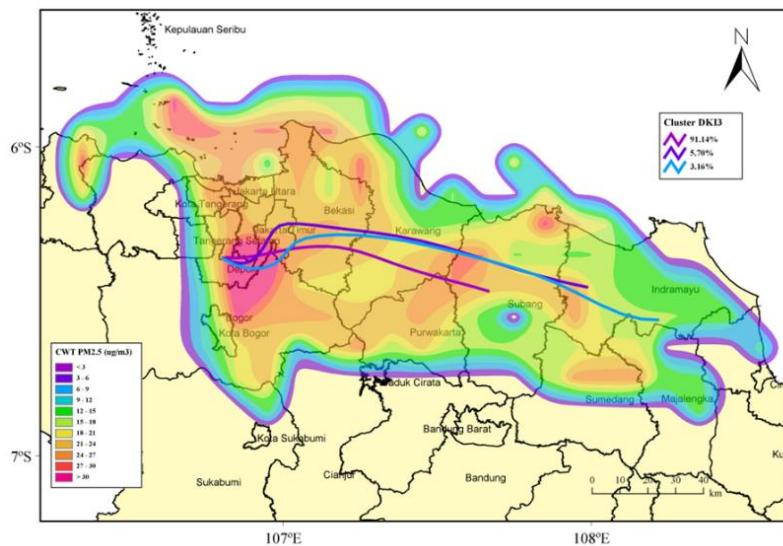
Gambar 118 Prediksi sumber pencemar DKI1 Bundaran HI

Prediksi lokasi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap konsentrasi PM_{2.5} di Kelapa Gading (DKI2) periode 10-17 Juli 2023. Garis pada gambar menunjukkan prediksi pergerakan massa udara yang masuk ke area Bundaran HI pada ketinggian 100 m (76 % dari wilayah Subang-Karawang- Bekasi Jakarta Utara (konsentrasi tertinggi : dari arah Jakarta Utara)



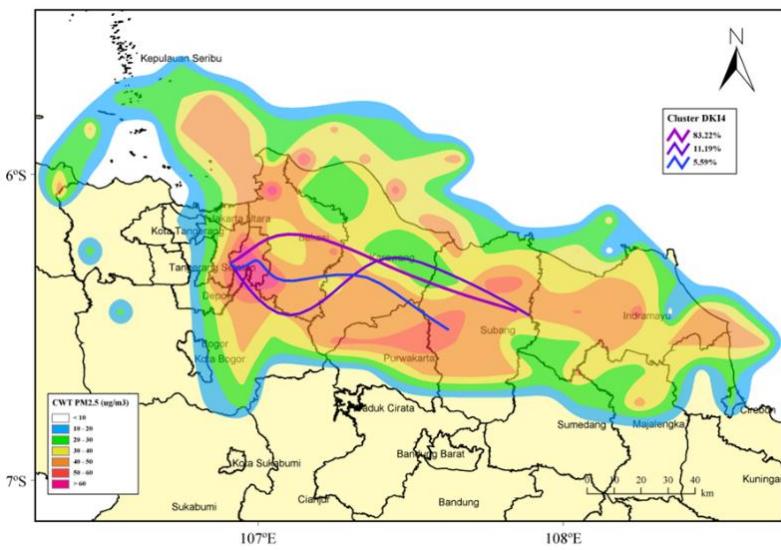
Gambar 119 Prediksi sumber pencemar DKI2 Kelapa Gading

Prediksi lokasi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap konsentrasi PM_{2.5} di Jagakarsa (DKI3) periode 10-17 Juli 2023. Garis pada gambar menunjukkan prediksi pergerakan massa udara yang masuk ke area Bundaran HI pada ketinggian 100 m (76 % dari wilayah Karawang-Bekasi -Jakarta Timur/Selatan (konsentrasi tertinggi : dari Jaktim Jaksel).



Gambar 120 Prediksi sumber pencemar DKI3 Jagakarsa

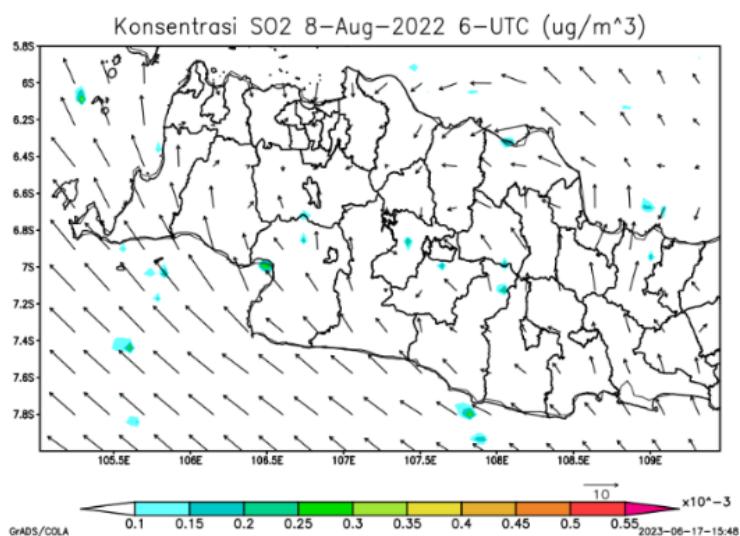
Prediksi lokasi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap konsentrasi PM_{2.5} di Lubang Buaya (DKI4) periode 10-17 Juli 2023. Garis pada gambar menunjukkan prediksi pergerakan massa udara yang masuk ke area Lubang Buaya pada ketinggian 100 m (83% dari wilayah Subang-Karawang- Bekasi (konsentrasi tertinggi : dari arah Bekasi)).



Gambar 121 Prediksi sumber pencemar DKI4 Lubang Buaya

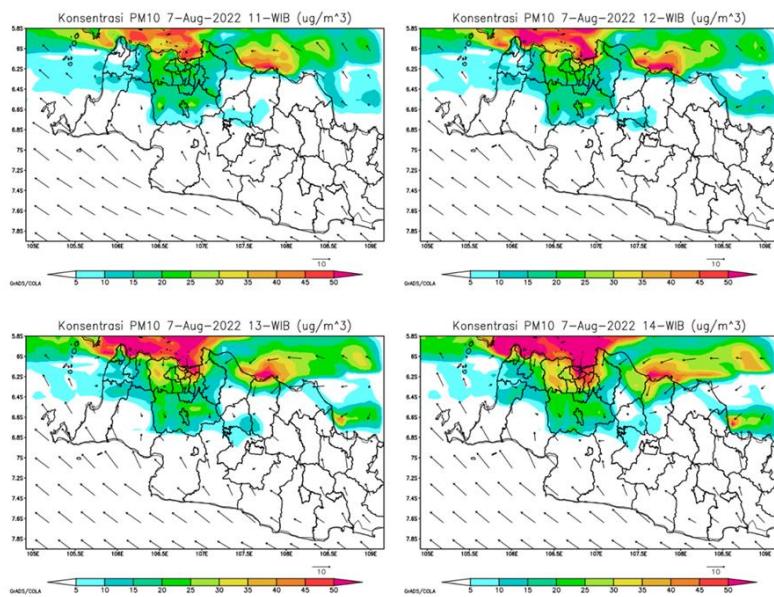
6.4. Prediksi Pola Dispersi berdasar model WRFChem

Hasil analisis model WRFChem pada musim kemarau menunjukkan pola angin dominan dari Timur dan Tenggara, serta memutar masuk wilayah Jakarta melalui arah Timur Laut. Hal ini memberi peluang, terbawanya massa udara dari arah Timur. Oleh karena itu potensi Transboundary air pollution perlu ditelaah lebih lanjut, melalui pemodelan yang lebih komprehensif. Gambar 122 menunjukkan hasil analisis pola disperse polutan SO₂.

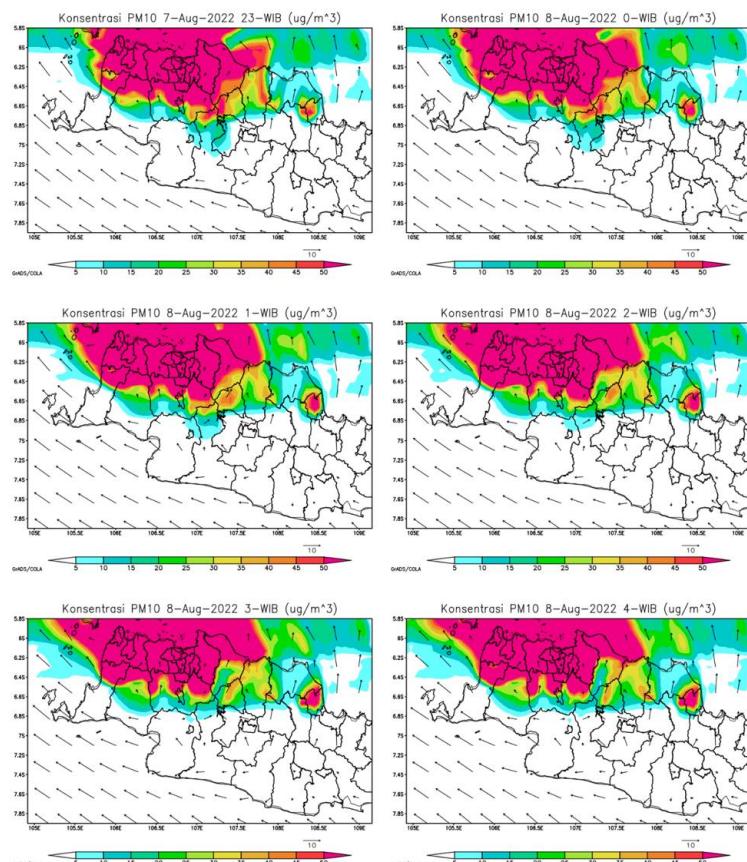


Gambar 122 Prediksi pola dispersi SO₂

Pola sebaran pencemar PM₁₀ siang dan malam relatif berbeda, terutama di Jakarta ada pengaruh angin laut dan angin darat. Pada siang hari polutan mengikuti pola angin darat, udara dari arah laut memasuki daratan (Gambar 123). Pada malam hari pola angin dari Selatan memasuki Kota Jakarta, namun karena kondisi atmosfer stabil dan kecepatan angin di wilayah Jakarta rendah, polutan berpotensi terakumulasi menjelang dini hari hingga pagi hari (Gambar 124)



Gambar 123 Prediksi pola dispersi PM₁₀ pada siang hari



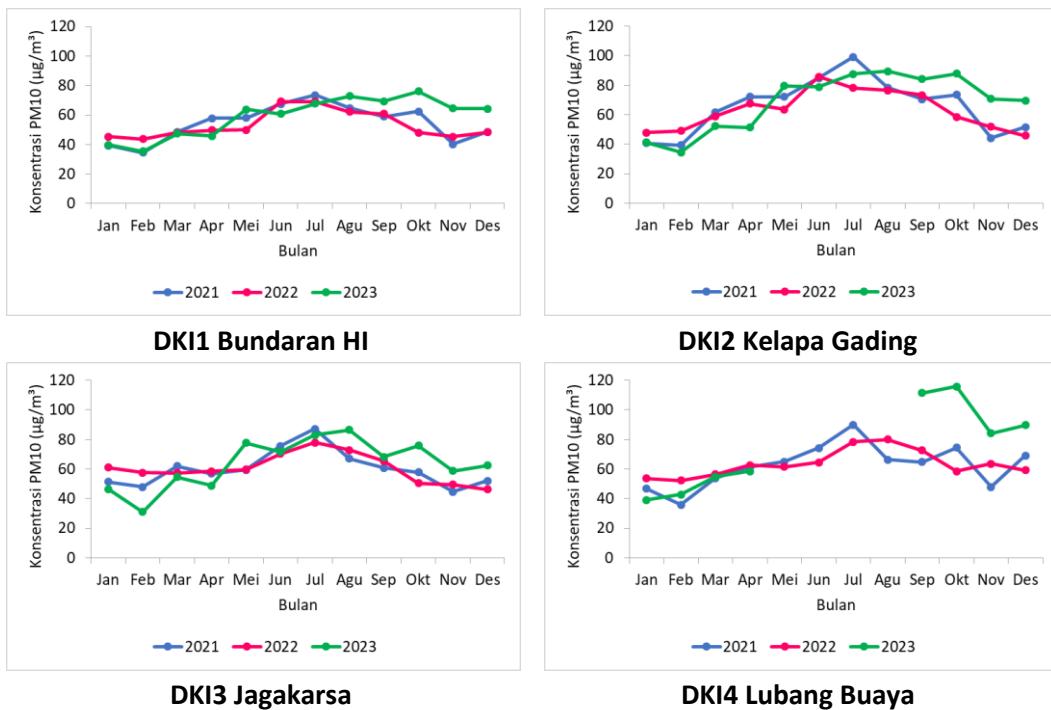
Gambar 124 Prediksi pola dispersi PM₁₀ pada malam hari

7. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 3 Tahun Terakhir (2021-2023)

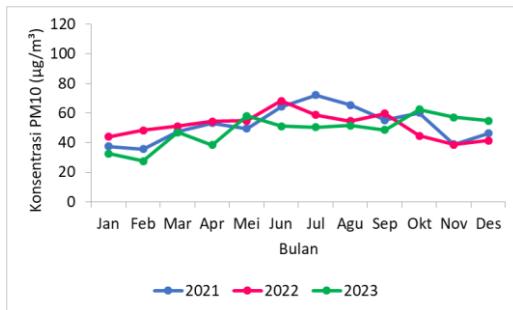
Kondisi kualitas udara pada 3 tahun terakhir dilihat berdasar kondisi bulan Januari-Desember antar tahun, pada masing-masing SPKUA, baik rata-rata per bulan dan tren rata-rata harian. Pada paparan ini disampaikan untuk parameter partikulat dan Ozon, sedangkan parameter lain dilampirkan (Lampiran 9).

7.1. PM₁₀

Konsentrasi rata-rata bulanan PM₁₀ disemua SPKUA sepanjang Januari-Oktober cenderung meningkat, baik tahun 2021, 2022 maupun 2023. Pola fluktuasi konsentrasi rata-rata PM₁₀ tahun 2021-2023 relatif mirip pada bulan yang sama di tiap tahunnya, kecuali bulan Mei 2023 dan beberapa bulan lainnya di 2021 dan 2022. Pada tahun 2023 konsentrasi rata-rata PM₁₀ menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan 2 tahun sebelumnya kecuali pada bulan Mei dan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan 2 tahun sebelumnya dari bulan Agustus-Desember (Gambar 125). Konsentrasi rata-rata bulanan PM₁₀ tertinggi cenderung terjadi pada tahun 2021 disemua SPKUA, pra PPKM (pandemi). Tidak ada data konsentrasi PM₁₀ bulan Mei sampai September tahun 2023 di DKI4 Lubang Buaya.



Gambar 125 Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

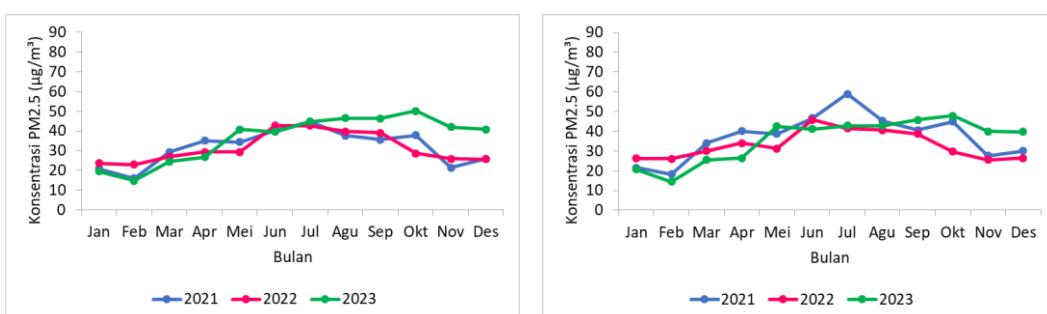


DKI5 Kebon Jeruk

Gambar 125 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

7.2. PM_{2.5}

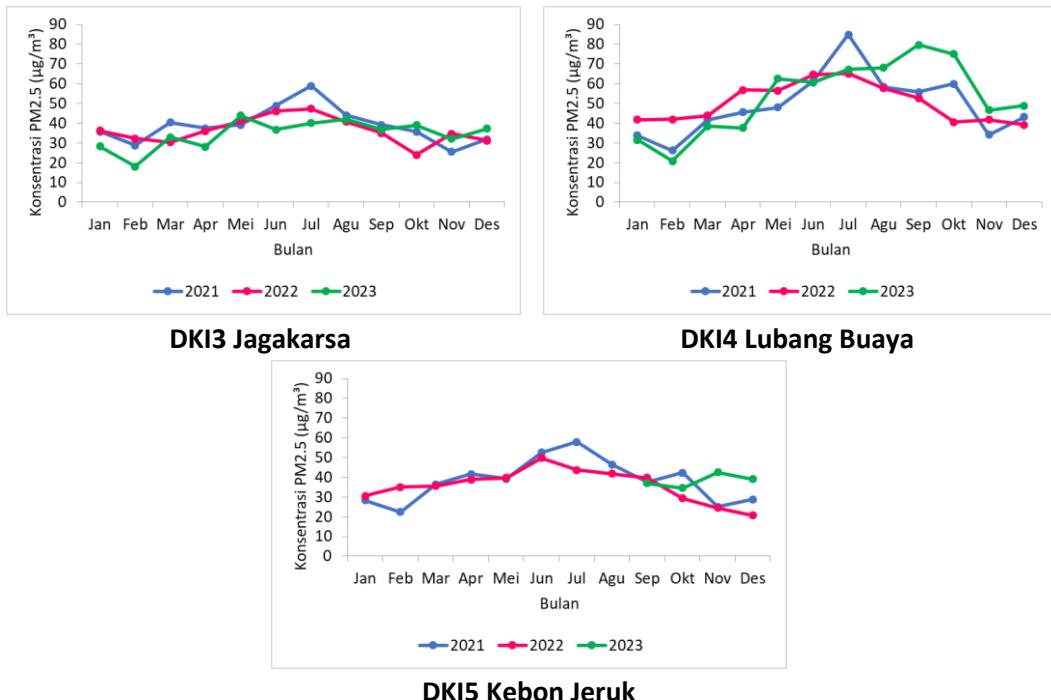
Parameter PM_{2.5} merupakan parameter yang banyak disoroti di perkotaan, karena menjadi indikator tingkat kesehatan udara. Fluktuasi konsentrasi rata-rata bulanan selama Januari hingga Mei dari tahun 2021-2023 berbeda antar lokasi SPKUA (Gambar 126). Konsentrasi rata-rata bulanan PM_{2.5} di semua SPKUA sepanjang Januari-Juli cenderung meningkat, baik tahun 2021, 2022 maupun 2023. Pada bulan Agustus konsentrasi PM_{2.5} rata-rata bulanan cenderung menurun kecuali tahun 2023 di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI4 Lubang Buaya. Pola fluktuasi konsentrasi rata-rata PM_{2.5} tahun 2021-2023 relatif mirip pada bulan yang sama di tiap tahunnya, kecuali bulan Mei 2023 dan beberapa bulan lainnya di 2021 dan 2022. Pada tahun 2023 konsentrasi rata-rata PM_{2.5} menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan 2 tahun sebelumnya kecuali pada bulan Mei, namun menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada bulan Agustus - Oktober terutama di DKI1 Bundaran HI dan DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi rata-rata bulanan PM_{2.5} tertinggi cenderung terjadi pada tahun 2021 disemua SPKUA, pra PPKM (pandemi) kecuali di DKI1 Bundaran HI dan DKI4 Lubang Buaya. Data konsentrasi PM_{2.5} di DKI5 Kebon Jeruk tahun 2023 hanya ada di bulan September-Desember, karena kerusakan alat.



DKI1 Bundaran HI

DKI2 Kelapa Gading

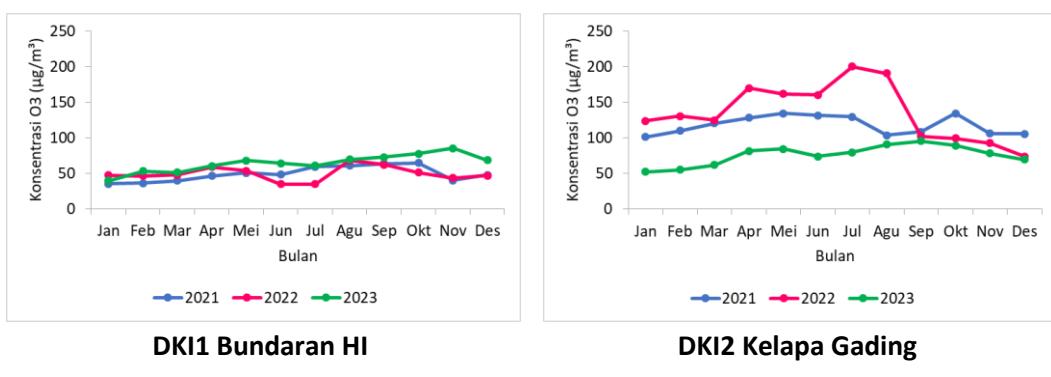
Gambar 126 Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun



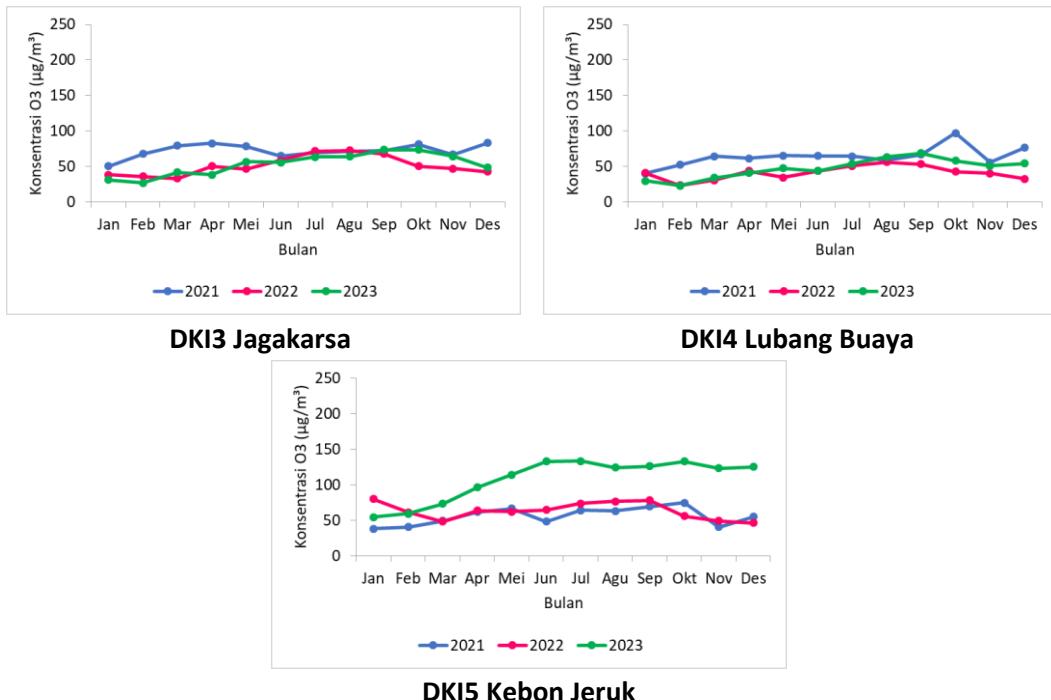
Gambar 126 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun

7.3. Ozon (O₃)

Konsentrasi rata-rata Ozon bulan Januari-September dari tahun 2021 sampai 2023 menunjukkan peningkatan dan penurunan pada bulan Oktober-Desember, namun tidak begitu signifikan kecuali di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi bulanan ozon tahun 2023 lebih tinggi daripada 2 tahun sebelumnya di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk. Sementara konsentrasi terendah bervariasi di tiap SPKUA (Gambar 127). 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.



Gambar 127 Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun



Gambar 127 lanjutan Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun

8. Analisis Status Mutu Udara Ambien Tahun 2023

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 PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂. 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 2023 berkisar 329 hingga 365 data harian selama 1 tahun (**Tabel 12**). Jumlah data harian yang digunakan dalam analisis status mutu udara ambien DKI Jakarta pada tahun 2023 memenuhi kondisi 65% data.

Tabel 12 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2023

Parameter	Jumlah data harian				
	DKI 1	DKI 2	DKI 3	DKI 4	DKI 5
PM ₁₀	363	365	365	212	360
PM _{2.5}	363	365	358	364	119
SO ₂	363	362	365	363	363
CO	363	365	365	365	363
O ₃	363	365	365	365	363
NO ₂	363	365	365	365	363

Analisis status mutu udara ambien DKI Jakarta menggunakan data pencemar udara (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂) per 30 menit. Penentuan status mutu udara ambien untuk satu lokasi dihitung dengan menggunakan data pencemar udara (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, dan NO₂) 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 2023 ini, PM_{2.5} belum dimasukkan karena belum ada ketentuan bobot PM_{2.5}.

Indeks status mutu udara di DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) pada Januari-Desember tahun 2023 sebesar 0.47 (**Tabel 13**), menunjukkan nilai ≥ 0.1 sehingga dapat dikatakan status mutu udara di DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tercemar. Nilai *score* dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) pada Januari-Desember tahun 2023 sebesar 1.47 untuk parameter PM₁₀, 1.34 untuk parameter PM_{2.5}, 1.13 untuk parameter O₃, dan 1.04 untuk NO₂. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2023 di wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, dan NO₂.

Tabel 13 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tahun 2023

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	110.35	1.47	0.74	2	0.47	Tercemar
PM _{2.5}	55	73.73	1.34	0.55			
SO ₂	75	67.08	0.89	0.56	2		
CO	4*	1.24	0.31	0.16	3		
O ₃	100*	111.39	1.11	0.48	1		
NO ₂	65	67.86	1.04	0.55	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara di DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) pada Januari-Desember tahun 2023 sebesar 0.59 (**Tabel 14**), yang menunjukkan bahwa status mutu udara di sekitar DKI 2 (Kelapa Gading) tercemar. Nilai *score* dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun di DKI2 Jakarta (Kelapa Gading) seluruhnya > 1 , kecuali CO sebesar 0.37 sehingga menunjukkan bahwa pada Januari-Desember tahun 2023 di wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa gading) tercemar oleh semua parameter kecuali CO.

Tabel 14 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) tahun 2023

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	120.93	1.61	0.83	2	0.59	Tercemar
PM_{2.5}	55	61.26	1.11	0.53			
SO₂	75	86.06	1.15	0.47	2		
CO	4*	1.50	0.37	0.15	3		
O₃	100*	132.24	1.32	1.91	1		
NO₂	65	67.55	1.04	0.46	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Status mutu udara di wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) pada Januari-Desember tahun 2023 menunjukkan kondisi tercemar, yang ditunjukkan oleh nilai ISM ≥ 0.1 yaitu sebesar 0.41 (**Tabel 15**). Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) pada Januari-Desember tahun 2023 sebesar 1.66 untuk parameter PM₁₀, 1.22 untuk parameter PM_{2.5} dan 2.02 untuk SO₂. Hal tersebut menunjukkan wilayah sekitar DKI 3 (Jagakarsa) tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5} dan SO₂.

Tabel 15 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) tahun 2023

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	124.40	1.66	0.77	2	0.41	Tercemar
PM_{2.5}	55	66.97	1.22	0.54			
SO₂	75	151.46	2.02	0.71	2		
CO	4*	3.90	0.98	0.15	3		
O₃	100*	87.07	0.87	0.33	1		
NO₂	65	59.07	0.91	0.12	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Nilai Indeks status mutu udara di DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) pada Januari-Desember tahun 2023 sebesar 0.43 (**Tabel 16**), yang mengindikasikan tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI 4 (Lubang Buaya) pada Januari-Desember tahun 2023 yang ≥ 1 terukur untuk parameter PM₁₀ sebesar 2.72 dan PM_{2.5} sebesar 2.43. Hal tersebut menunjukkan wilayah DKI 4 (Lubang Buaya) tercemar PM₁₀ dan PM_{2.5} pada Januari-Desember tahun 2023.

Tabel 16 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) tahun 2023

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	204.01	2.72	0.86	2	0.43	Tercemar
PM_{2.5}	55	133.86	2.43	0.78			
SO₂	75	65.82	0.88	0.44	2		
CO	4*	2.7	0.67	0.29	3		
O₃	100*	93.12	0.93	0.23	1		
NO₂	65	45.60	0.70	0.32	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara (ISM) ≥ 0.1 di wilayah DKI 5 (Kebon Jeruk) pada tahun 2023 sebesar 0.41, menunjukkan bahwa status mutu udara tercemar. Nilai score dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) pada tahun 2023 sebesar 1.18 untuk parameter PM₁₀, 1.15 untuk parameter PM_{2.5}, 1.92 untuk parameter O₃, 1.79 untuk parameter NO₂ (**Tabel 17**). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2023 di wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ dan NO₂.

Tabel 17 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tahun 2023

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	88.83	1.18	0.57	2	0.41	Tercemar
PM_{2.5}	55	63.23	1.15				
SO₂	75	48.79	0.65	0.33	2		
CO	4*	1.9	0.47	0.28	3		
O₃	100*	191.76	1.92	0.90	1		
NO₂	65	116.32	1.79	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 memperoleh 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 (Ftest). Suatu data dapat dikatakan homogen apabila nilai derajat homogenitas (Ftest) $> 60\%$. Hasil uji homogenitas data per 2 lokasi di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2023 menunjukkan nilai Ftest $< 60\%$ sehingga tidak ada wilayah di DKI Jakarta yang beririsan. Oleh karena itu, tidak bisa menghitung status mutu udara keseluruhan wilayah DKI Jakarta (**Tabel 18**). Namun hasil analisis 5 SPKU DKI Jakarta menunjukkan kondisi status mutu tercemar, dengan parameter pencemar utama PM₁₀ dan PM_{2.5}.

Tabel 18 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2023

Lokasi	Uji Homogenitas Ftest					
	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
DKI 1,2	0.00	0.32	0.00	0.02	0.46	0.00
DKI 1,3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
DKI 1,4	0.00		0.00	0.00	0.09	0.00
DKI 1,5	0.04		0.00	0.00	0.00	0.01
DKI 2,3	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 2,4	0.00		0.00	0.00	0.02	0.00
DKI 2,5	0.00		0.00	0.00	0.00	0.09
DKI 3,4	0.00		0.00	0.00	0.39	0.00
DKI 3,5	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
DKI 4,5	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00

9. Analisis Penempatan Stasiun Mobile Monitoring

Berdasar hasil analisis dari berbagai data pemantauan, baik SPKUA DLH DKI, KLHK, BMKG, US Embassy, WRI dan LCS masih diperlukan penambahan lokasi pemantauan kualitas udara ambienn agar lebih representatif. Beberapa kondisi hasil analisis menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi dan waktu penambahan titik pantau menggunakan peralatan yang ada yaitu alat pemantauan bergerak (*mobile monitoring*).

1. Pertimbangan musim dan tingkat konsentrasi yang terukur
2. Pertimbangan sumber emisi penting termasuk parameter apa yang menjadi prioritas
3. Pertimbangan area perbatasan dengan wilayah administrasi lain yang potensial
4. Pertimbangan kualitas data selama pengukuran tahun 2023

a. Waktu pengukuran

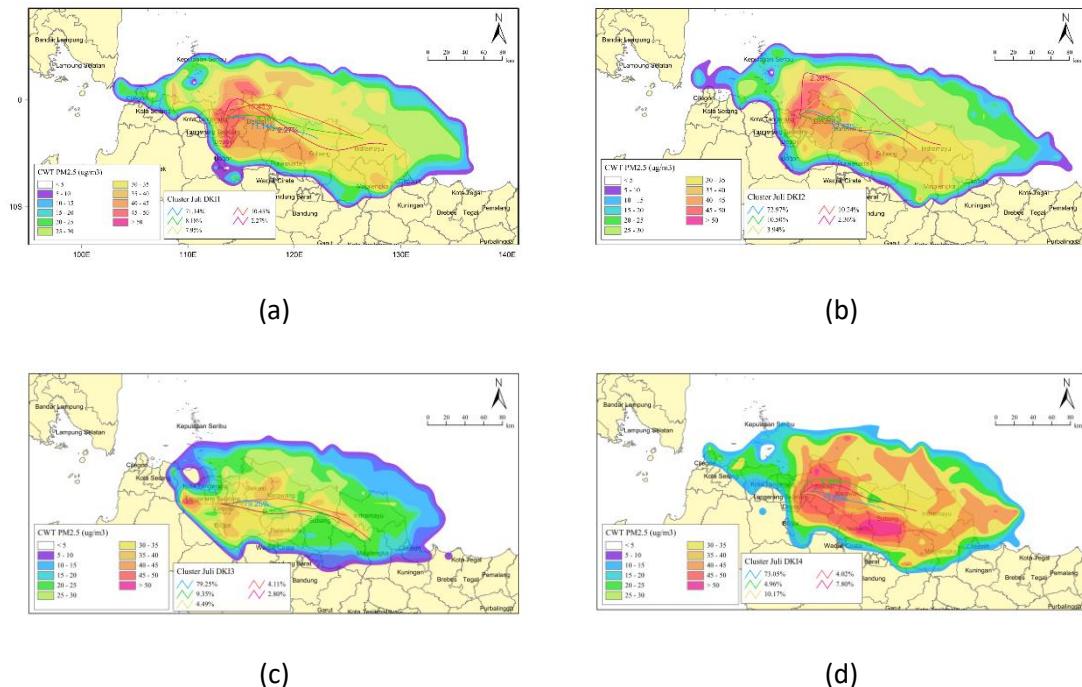
Isu kualitas udara di Kota Jakarta selalu berulang setiap tahun terutama memasuki musim kemarau pada periode Juni-Oktober. Waktu pengukuran ini jika dilihat dari jumlah curah hujan maka secara umum Kota Jakarta memasuki musim kemarau dengan curah hujan sangat rendah pada bulan **Juli dan Agustus**. Oleh karena itu kedua bulan tersebut menjadi waktu utama untuk menambah pemantauan.

b. Lokasi pengukuran

Lokasi yang representatif untuk pengukuran memerlukan banyak pertimbangan, seperti kesedian sumber listrik, keamanan dan juga lokasi sekitarnya.

- Pertimbangan parameter yang prioritas
Selain partikulat, parameter yang cukup tinggi keberadaannya di Kota Jakarta adalah O₃. Oleh karena itu pemantauan O₃ di lokasi yang tinggi hasil pemantauan selama ini dapat menjadi alternatif lokasi pemantauan dengan *mobile monitoring*. Pada tahun 2023 ini O₃ meningkat pesat di Kebon Jeruk, maka perlu menempatkan pemantauan dengan prioritas O₃ di wilayah tersebut.
- Pertimbangan wilayah potensial berdasar pemodelan HYSPLIT CWT
Berdasar analisis HYSPLIT CWT, pada musim kemarau sebagai waktu yang sensitif terhadap isu kualitas udara di Jakarta, didapatkan bahwa di perbatasan bagian Timur laut Jakarta menjadi lokasi penting untuk dipantau. Bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi pengukuran adalah hasil analisis HYSPLIT CWT (Gambar 128) .

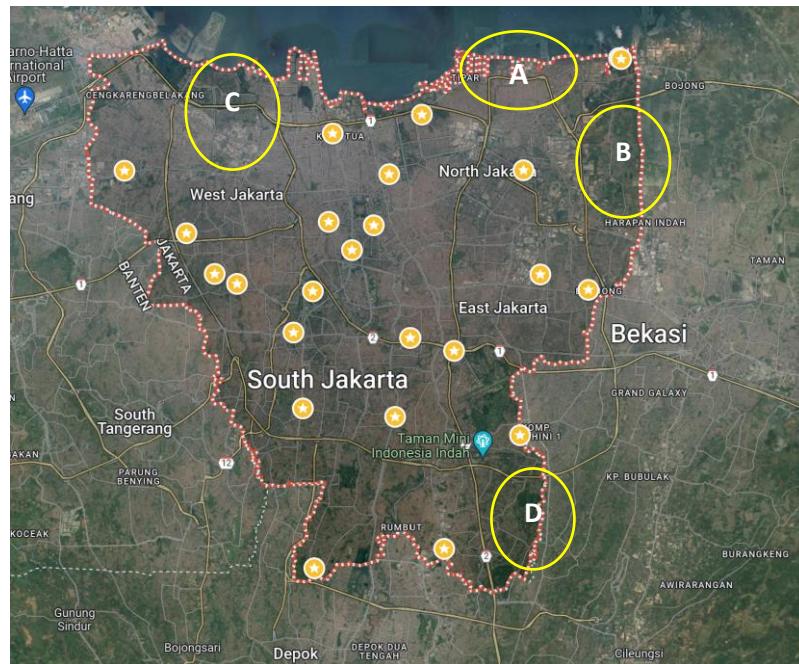
- Pertimbangan pemantauan berdasar jarak antar stasiun dan keterwakilan wilayah



Gambar 128 Analisis spasial CWT pada wilayah DKI1 Jakarta Pusat (a), DKI2 Jakarta Utara (b), DKI3 Jakarta Selatan (c), dan DKI4 Jakarta Timur (d) selama periode bulan kering

Memperhatikan hasil pemodelan HYSPLIT, pada musim kemarau, maka wilayah-wilayah berikut yang diberi lingkaran kuning menjadi wilayah yang perlu mendapat prioritas pemantauan pada musim kemarau Juli atau Agustus.

Lokasi yang diprioritaskan (Gambar 129) adalah daerah Koja (A), daerah Cilincing (B), daerah Kapuk (C) dan daerah Cilangkap (D). A, B, dan D merupakan lokasi-lokasi yang potensial sebagaimana ditunjukkan pada luaran model HYSPLIT, sedangkan daerah C adalah daerah industri yang belum ada pemantauan, serta jauh dari lokasi pemantauan yang ada saat ini.



Gambar 129 Sebaran lokasi yang disarankan untuk dipantau menggunakan mobile monitoring

SIMPULAN

1. Lokasi pemantauan:

- Di wilayah DKI Jakarta terdapat 9 stasiun pemantau otomatis, 5 SPKUA dibawah kewenangan DLH DKI dan 2 milik Kedutaan Besar Amerika Serikat, 1 SPKUA KLHK, serta 1 milik BMKG.
- Kondisi sekitar lokasi SPKUA masih ada yang belum memenuhi syarat SNI, terkait jarak dan sudut terhadap bangunan atau vegetasi terdekat
- Tahun 2023 terdapat penambahan lokasi pemantau PM_{2.5} menggunakan *Low Cost Sensor* (LCS), dan 3 menggunakan alat referensi, yang merupakan bagian dari kerjasama dengan mitra strategis.

2. Analisis Pencemar Udara dan Faktor Meteorologi:

- Berdasar data per 30 menit, Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi mencapai 900 µg/m³ terjadi pada tanggal 26-28 September di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi PM₁₀ maksimum terukur di DKI4 Lubang Buaya sebesar 505.25 µg/m³ pada tanggal 27 September. Konsentrasi CO tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 8056 µg/m³ di DKI5 Kebon Jeruk. Pada bulan Januari, di DKI1 Bundaran HI nilai konsentrasi SO₂ yang terukur hingga melebihi 700 µg/m³. Konsentrasi NO₂ tertinggi terjadi pada bulan Juni sebesar 198 µg/m³ di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi Ozon tertinggi tercatat di DKI5 Kebon Jeruk sebesar 354 µg/m³ pada bulan September. Konsentrasi NMHC tertinggi terjadi di Bundaran HI pada bulan Agustus sebesar 7.02 ppmC.
- Kualitas udara rata-rata harian yang terukur di 5 SPKUA di DKI Jakarta menunjukkan beberapa parameter di atas nilai BMUA harian (24 jam) menurut PP no 22 tahun 2021 adalah : PM_{2.5}, PM₁₀, O₃ , SO₂ dan NO₂.
- Persentase hari dengan konsentrasi polutan melampaui nilai BMUA 24 jam selama tahun 2023 adalah:
 - PM₁₀ sekitar 40% di DKI2 Kelapa Gading tertinggi bulan Oktober
 - PM_{2.5} sekitar 43% di DKI4 Lubang Buaya tertinggi Agustus dan Oktober
 - SO₂ sekitar 2.8% di DKI2 Kelapa Gading tertinggi Januari
 - O₃ sekitar 58% di DKI5 Kebon Jeruk tertinggi Juli dan November (100%)
 - NO₂ <1% di DKI1 Bundaran HI tertinggi Maret-Mei
- Semua parameter melampaui nilai BMUA 1 tahun, kecuali NO₂. SO₂ melebihi BMUA 1 tahun di Bundaran HI dan Jagakarsa.
- Semua pencemar kecuali SO₂ dan O₃ menunjukkan pola yang sama berdasarkan fluktuasi diurnal. Konsentrasi terendah terjadi pada siang hingga sore hari konsentrasi tertinggi terjadi pada malam hari. Terdapat kenaikan sesaat pada pagi hari berkaitan dengan aktivitas masyarakat (antropogenik). Sedangkan Ozon (O₃) mencapai puncak pada siang hari sesuai dengan pola radiasi matahari, sementara SO₂ fluktuasi tidak terlalu besar, relatif stabil sepanjang hari kecuali sedikit kenaikan pada pagi hari.
- Konsentrasi rata-rata harian partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀) menunjukkan pola fluktuasi yang sama di semua lokasi SPKUA. Hal ini mengindikasikan bahwa fluktuasi konsentrasi partikulat dipengaruhi oleh aktivitas dalam skala lebih luas, tidak hanya lokal sekitar SPKUA, tetapi juga dari aktivitas sumber emisi yang berlokasi lebih jauh.

3. Berdasar analisis trend dan perbandingan kualitas udara 3 tahun terakhir (2021 – 2023):

- Fluktuasi konsentrasi rata-rata bulanan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di semua SPKUA sepanjang Januari - Oktober cenderung meningkat, baik tahun 2021, 2022 maupun 2023. Pola fluktuasi konsentrasi rata-rata PM_{10} dan $PM_{2.5}$ tahun 2021 – 2023 relatif mirip pada bulan yang sama di tiap tahunnya, kecuali bulan Mei 2023 dan beberapa bulan lainnya di 2021 dan 2022. Pada bulan November terjadi penurunan dan sedikit meningkat pada Desember.
 - Pada awal tahun 2023 konsentrasi rata-rata PM_{10} dan $PM_{2.5}$ menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan 2 tahun memasuki bulan Juli hingga Desember menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan 2 tahun. Hal ini dipengaruhi kemarau panjang (fenomena El Nino)
 - Konsentrasi rata-rata Ozon bulan Januari - Oktober dari tahun 2021 sampai 2023 menunjukkan peningkatan, namun tidak begitu signifikan kecuali di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi bulanan ozon tahun 2023 lebih tinggi daripada 2 tahun sebelumnya di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk. Sementara konsentrasi terendah bervariasi di tiap SPKUA
4. Musim Mempengaruhi Fluktuasi Konsentrasi Pencemar Udara
- Rata-rata bulanan PM2.5 pada musim kemarau (Agustus-September) tahun 2023 lebih tinggi daripada tahun 2021 dan 2022, kecuali di Kelapa Gading
 - Pola sebaran pencemar terutama partikulat yang diprediksi menggunakan pemodelan menunjukkan potensi sumber emisi dari lokasi lain di luar wilayah DKI Jakarta, yang sangat dipengaruhi musim (pola angin dan curah hujan).
5. Pengaruh faktor meteorologi terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar:
- Secara umum radiasi dan suhu berpengaruh positif kuat terhadap fluktuasi Ozon, sebaliknya kelembapan berpengaruh negatif. Pengaruh radiasi, suhu dan kelembapan terhadap polutan kecil, kecuali dengan Ozon.
 - Pada umumnya, korelasi kecepatan angin dengan polutan adalah negatif. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan PM_{10} bernilai negatif, kecuali di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk. Korelasi tertinggi di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.42. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan $PM_{2.5}$ dan NO_2 bernilai negatif disemua lokasi, korelasi tinggi tercatat di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk. Kecepatan angin dengan SO_2 berkorelasi negatif di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading, namun di DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk berkorelasi positif. Kecepatan angin dengan O_3 berkorelasi positif kecuali pada DKI1 Bundaran HI. Koefisien korelasi kecepatan angin dengan CO bernilai negatif di semua lokasi, dengan nilai tertinggi sebesar -0.49 di DKI5 Kebon Jeruk.
 - 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. 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.
6. Analisis kualitas udara berdasar ISPU :
- Kategori ISPU Tahun 2023 secara keseluruhan DKI Jakarta menunjukkan dominasi kategori "Sedang" (52%), 1.6% berkategori "baik", 46% berkategori "tidak sehat".

- Kategori “sedang” menunjukkan tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
 - Kualitas udara tidak sehat tertinggi di wilayah Jakarta Timur (DKI 4 Lubang Buaya) bahkan ada hari berkategori Sangat Tidak Sehat, terutama pada musim kemarau.
 - Berdasar data per bulan terdapat peningkatan kualitas udara saat memasuki bulan Februari. Di beberapa lokasi terdapat penurunan jumlah hari tidak sehat.
7. Pengukuran pencemar di SPKUA non DLH Provinsi DKI Jakarta dilakukan oleh Kedutaan Amerika Serikat, KLHK dan BMKG.
- Nilai rata-rata harian PM_{2.5} relatif mirip antar SPKUA, tertinggi di bulan Oktober dan terendah di bulan Januari-Februari.
 - Konsentrasi tertinggi PM₁₀ dan SO₂ menunjukkan nilai dibawah SPKUA DLH.
 - Konsentrasi O₃ bulanan yang terukur di US Embassy Jakarta Pusat terendah dian- tara lokasi lainnya dan konsentrasi di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk tertinggi diantara lokasi lainnya.
 - Konsentrasi CO SPKUA DLH dan GBK tidak berbeda signifikan.
 - Konsentrasi NO₂ bulanan di GBK menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada SPKUA DLH. Konsentrasi HC tertinggi di GBK pada bulan Mei sebesar 50 µg/m³ lebih tinggi dibandingkan nilai terukur di SPKUA.
8. Analisis kegiatan HBKB :
- Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) pada umumnya menurunkan konsentrasi pencemar hingga mencapai 88% untuk CO, 85% untuk NO, dan 98% untuk NO₂.
 - Kegiatan HBKB tidak efektif menurunkan konsentrasi O₃, kurang efektif menurunkan polutan partikulat, SO₂ dan hidrokarbon.
9. Analisis program ganjil genap
- Jumlah kendaraan per jam tertinggi tercatat di Tebet BUMD; rata-rata per hari men- capai > 200 kendaraan per jam.
 - Jumlah kendaraan berdasar jenisnya secara umum persentase motor tertinggi seki- tar 70%, mobil 27% dan kendaraan bus truk 2%
 - Hasil analisis beban emisi pencemar udara dari kendaraan, tertinggi adalah CO
10. Hasil pemantauan menggunakan *Low Cost Sensor* (LCS) :
- Secara umum data harian berdasar hasil pemantauan *Low Cost Sensor* di 14 titik menunjukkan trend peningkatan konsentrasi PM_{2.5} dari bulan Januari - September kecuali bulan Februari mengalami penurunan.
 - Secara diurnal konsentrasi PM_{2.5} menunjukkan menurun pada siang hari dan meningkat pada pagi dan malam hari. Sementara itu, peningkatan kedua terjadi sekitar pukul 18.00 WIB di semua lokasi, kecuali Pulau Pramuka.
 - Pulau Pramuka memiliki konsentrasi paling rendah diantara lokasi lain.
 - Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi terukur di lokasi sekitar Jl. Panjaitan, Terminal Ka- lidores, Taman Delonix dan Jl. Passar Minggu
11. Hasil pemodelan sebaran spasial konsentrasi pencemar (PM_{2.5}) berdasarkan data SPKUA dan *Low Cost Sensor*
- Wilayah dengan konsentrasi tinggi berada di sebelah timur dan Tenggara, se- dangkan rendah di wilayah pusat dan barat.
 - Penurunan konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA terjadi pada bulan Februari (konse- ntrasi PM_{2.5} sebesar <25 µg/m³) dan kenaikan tertinggi pada bulan Juli dimana semua lokasi mempunyai konsentrasi PM_{2.5} sebesar >50 µg/m³.

- Pola sebaran sangat dipengaruhi oleh musim (curah hujan).
- 12. Hasil analisis Indeks Status mutu udara tahun 2023 per wilayah adalah 0.47 untuk DKI 1 Bundaran HI, 0.59 DKI2 Kelapa Gading, 0.41 untuk DKI3 Jagakarsa, 0.43 DKI4 Lubang Buaya, 0.41 untuk DKI5 Kebon Jeruk. Secara keseluruhan Indeks Status Mutu di wilayah DKI Jakarta menunjukkan kondisi tercemar, dengan nilai ISM sebesar 0.45.
- 13. Analisis Penempatan Stasiun *Mobile Monitoring*
 - Lokasi yang disarankan adalah Wilayah Koja, Cilincing, Kapuk, dan Cilangkap.

DAFTAR PUSTAKA

- [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/)
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2021. Cetak Biru Layanan Kualitas Udara Indonesia. Bidang Informasi Kualitas Udara Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan Kedeputian bidang Klimatologi. Jakarta: BMKG
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. *Provinsi DKI Jakarta dalam Angka 2021*. 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, et. al. 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>.
- Chan CC, Hwang JS. 1996. Site Representativeness of Urban Air Monitoring Stations. *Journal the Air and Waste Management Association*. 46 (8): 755-760. doi: 10.1080/10473289.1996.10467510
- 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 PM2.5 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, PM2.5 concentration in a polluted city in northern China. *Elsevier*. 102:1150 – 1155. doi: 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
- Grell GA, Peckham S, Schmitz R, McKeen SA, Frost G, Skamarock W C, Eder B. 2005. Fully coupled “online” chemistry within the WRF model. *Atmos. Environ.* 39(37): 6957–6975.
- 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
- 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
- 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.
- 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
- [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>
- Musthafa M, Turyanti A, Nuryanto DE. 2019. Sensitivity of planetary boundary layer scheme in wrfchem model for predicting PM10 concentration (case study: Jakarta). *International Conference On Tropical Meteorology and Atmospheric Science*. doi: 10.1088/1755-1315/303/1/012049
- Palomera MJ, Alvare HB, Echeverría RS, Hernández EG, Alvarez PS, Villegas RR. 2016. Photochemical assessment monitoring stations program adapted for ozone precursors monitoring network in Mexico City. *Atmósfera* 29(2): 169-188. doi:10.20937/ATM.2016.29.02.06
- 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

- Pun VC, Kazemiparkouhi F, Manjourides J, Suh HH. 2017. Long-Term PM2.5 exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults. *Am J Epidemiol.* 186(8):961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166
- Riqqi A, Fawaid A, Driejana. 2019. Perancangan potensi lokasi jejaring stasiun pemantau kualitas udara di daerah urban berbasis data spasial studi kasus di dki jakarta. *Majalah Globe Volume.* 21 (1): 27-34
- 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/>
- Tucella P, Curci G, Visconti G, Bessagnet B, Menut L, Park RJ. 2011. Modelling of gas and aerosol with WRF/Chem over Europe: evaluation & sensitivity study. *Journal of Geophysical Research* 117. doi: 10.1029/2011JD016302
- Turyanti A, June T, Aldrian E, Noor E. 2016. Analisis pola disperse partikulat dan sulfurioksida menggunakan model wrfchem di sekitar wilayah industry tangerang dan jakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan.* 23 (20): 169-178. doi: [10.22146/jml.18788](https://doi.org/10.22146/jml.18788)
- 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 PM2.5 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. 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 J, Zhong Y, Li ZQ, Fang CS. 2021. Temporal and Spatial Analysis of PM2.5 and O₃ Pollution Characteristics and Transmission in Central Liaoning Urban Agglomeration from 2015 to 2020. *Sustainability.* 511 (14): 1-18. doi: 10.3390/su14010511
- [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>.
- Peltier RE. 2021. *An Update on Low-Cost Sensors for the Measurement of Atmospheric Composition*. Geneva (CH): WMO
- Zalakeviciute R, López-Villada J, Rybarczyk Y. Contrasted Effects of Relative Humidity and Precipitation on Urban PM_{2.5} 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) µg/m ³	24 Jam partikulat (PM _{2.5}) µg/m ³	24 Jam sulfur dioksida (SO ₂) µg/m ³	24 Jam karbon monoksida (CO) µg/m ³	24 Jam ozon (O ₃) µg/m ³	24 jam nitrogen dioksida (NO ₂) µg/m ³	24 Jam hidrokarbon (HC) µg/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

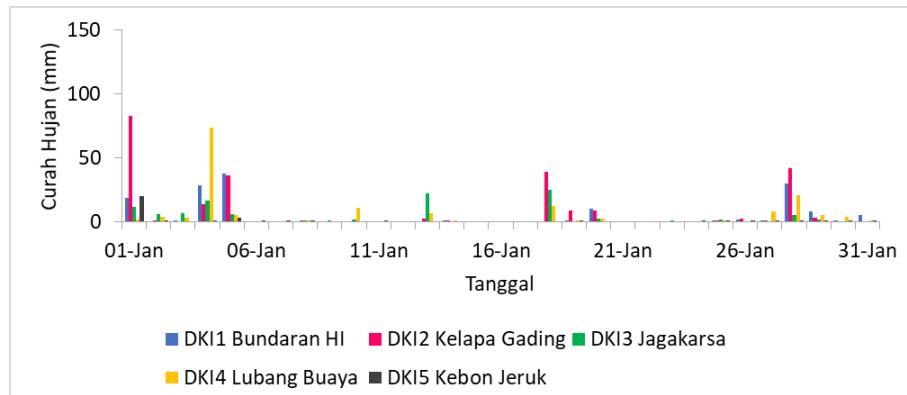
Xa = Konsentrasi ambien batas atas (µg/m³)

Xb = Konsentrasi ambien batas bawah (µg/m³)

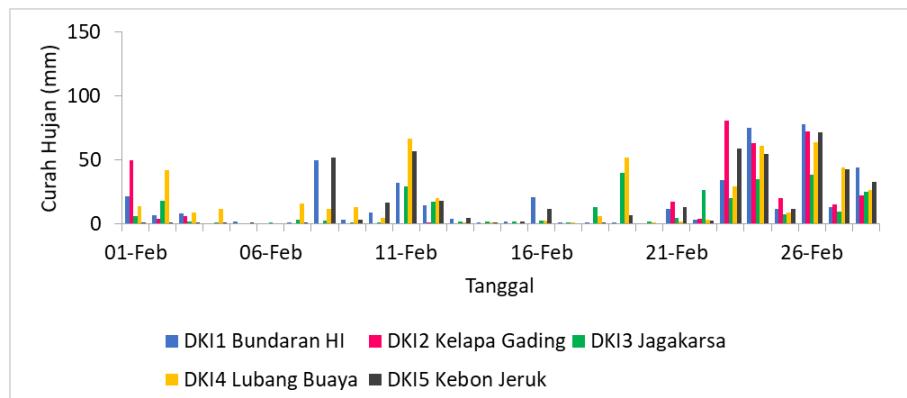
Xx = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

Lampiran 3 Curah Hujan Harian per Bulan antar SPKUA

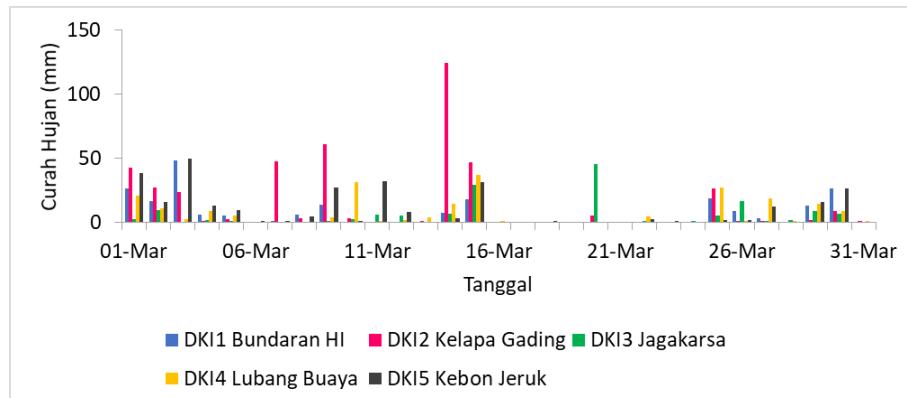
1. Januari



2. Februari

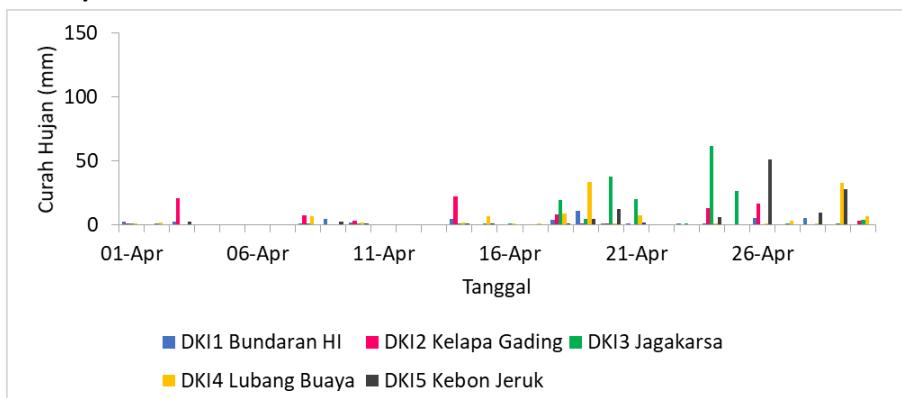


3. Maret

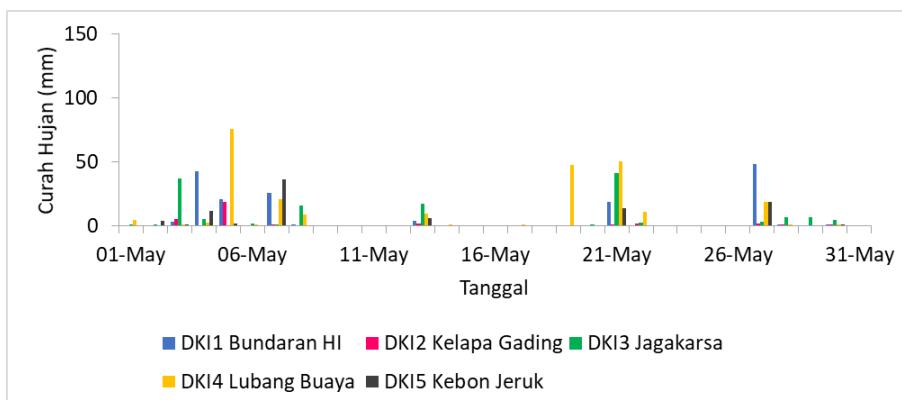


Lanjutan Lampiran 3

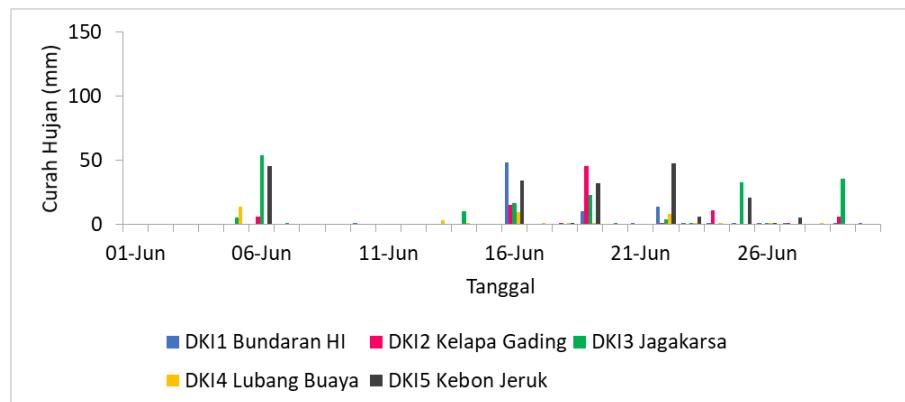
4. April



5. Mei

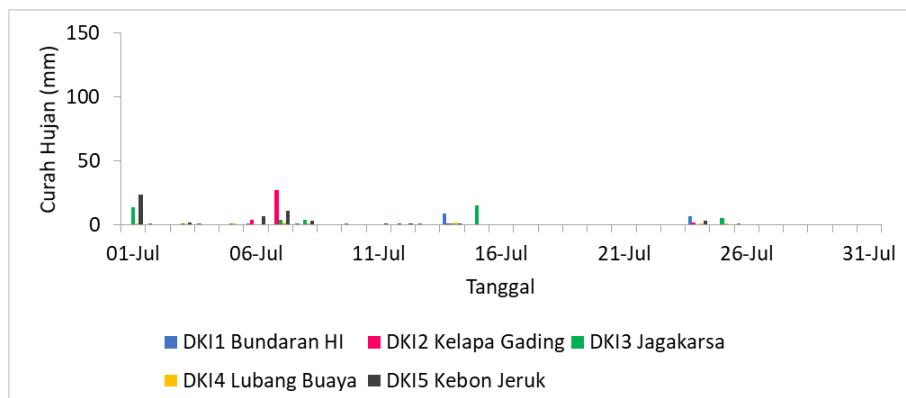


6. Juni



Lanjutan Lampiran 3

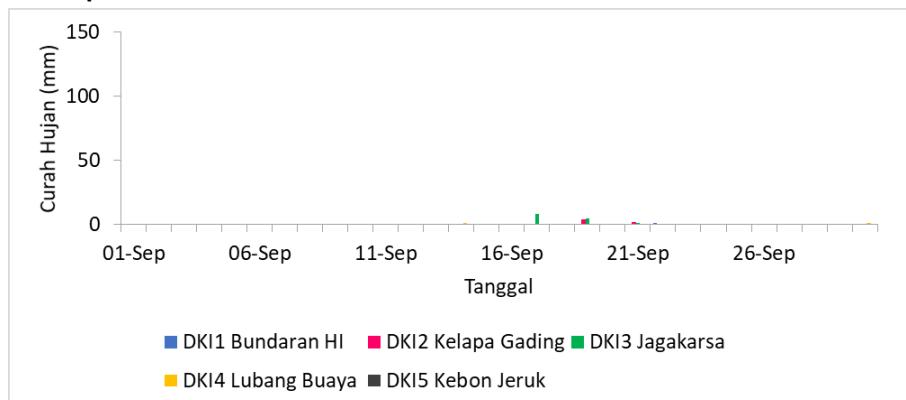
7. Juli



8. Agustus

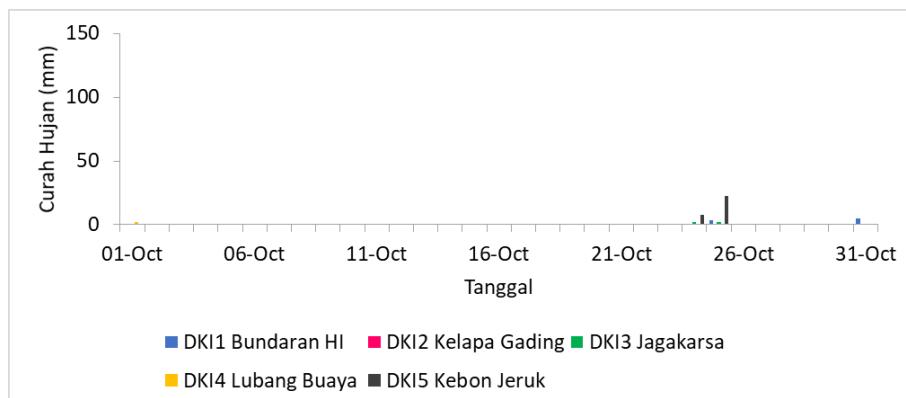


9. September

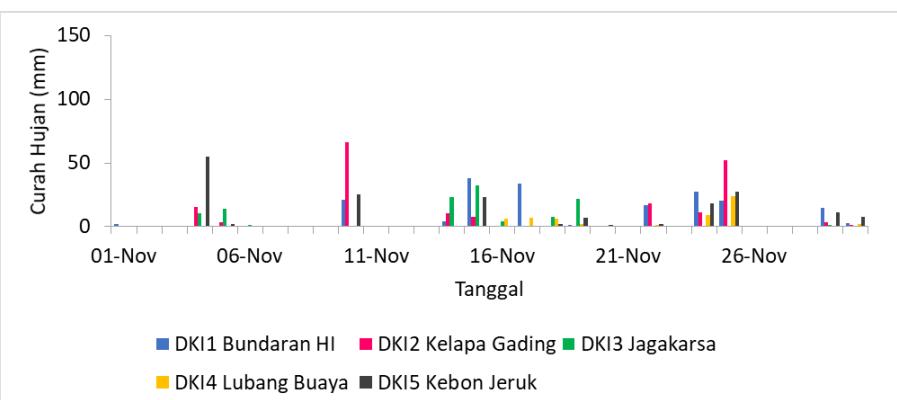


Lanjutan Lampiran 3

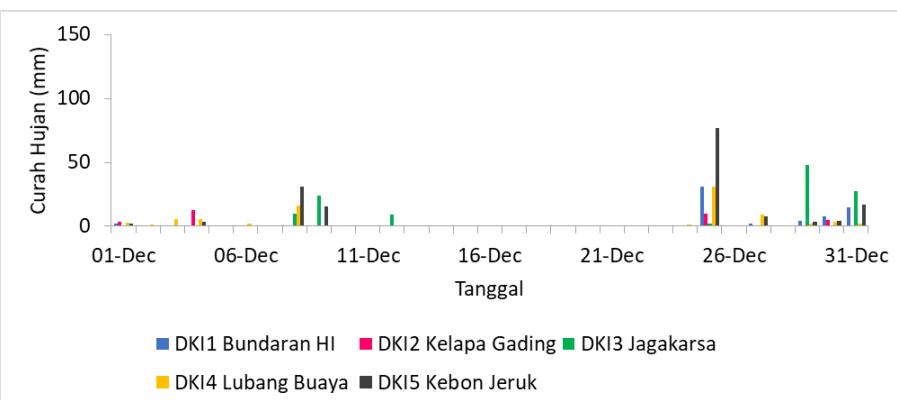
10. Oktober



11. November



12. Desember



Lampiran 4 Korelasi bulanan parameter pencemar dan meteorologi

1. Ozon dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gad- ing	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	0.53	0.53	0.52	0.59	0.56
	RH	0.41	0.45	0.67	0.68	0.54
	Radiasi	-0.24	-0.23	-0.58	-0.61	-0.43
Feb	Suhu	0.43	0.47	0.52	0.61	0.60
	RH	0.24	0.39	0.62	0.70	0.51
	Radiasi	0.01	-0.15	-0.44	-0.55	-0.31
Mar	Suhu	0.60	0.68	0.67	0.76	0.74
	RH	0.60	0.73	0.77	0.81	0.74
	Radiasi	-0.49	-0.59	-0.74	-0.79	-0.64
Apr	Suhu	0.53	0.63	0.59	0.64	0.54
	RH	0.56	0.69	0.73	0.80	0.69
	Radiasi	-0.31	-0.49	-0.63	-0.73	-0.47
Mei	Suhu	0.62	0.67	0.70	0.70	0.65
	RH	0.55	0.81	0.86	0.85	0.72
	Radiasi	-0.38	-0.69	-0.82	-0.83	-0.59
Jun	Suhu	0.59	0.83	0.88	0.89	0.62
	RH	-0.47	-0.72	-0.85	-0.87	-0.49
	Radiasi	0.68	0.65	0.72	0.74	0.54
Jul	Suhu	0.72	0.82	0.87	0.88	0.68
	RH	-0.53	-0.63	-0.74	-0.81	-0.37
	Radiasi	0.63	0.65	0.62	0.65	0.49
Agu	Suhu	0.55	0.80	0.89	0.90	0.73
	RH	-0.46	-0.69	-0.83	-0.87	-0.59
	Radiasi	0.49	0.65	0.71	0.72	0.58
Sep	Suhu	0.73	0.82	0.85	0.83	0.76
	RH	-0.58	-0.60	-0.75	-0.73	-0.52
	Radiasi	0.70	0.71	0.70	0.67	0.67
Okt	Suhu	0.56	0.81	0.87	0.85	0.67
	RH	-0.43	-0.67	-0.81	-0.80	-0.54
	Radiasi	0.60	0.65	0.74	0.73	0.70
Nov	Suhu	0.71	0.79	0.85	0.80	0.79
	RH	-0.65	-0.63	-0.81	-0.77	-0.71
	Radiasi	0.70	0.69	0.66	0.66	0.68
Des	Suhu	0.60	0.74	0.80	0.80	0.65
	RH	-0.44	-0.53	-0.56	-0.64	-0.40
	Radiasi	0.60	0.68	0.67	0.66	0.58

Lanjutan Lampiran 4

2. Partikulat dan SO₂ dengan Suhu, RH, Radiasi

Faktor	Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Je- ruk
Radiasi Matahari	Jan	PM ₁₀	-0.09	-0.01	-0.18	0.01	-0.10
		PM _{2.5}	0.09	0.11	-0.16	-0.05	
		SO ₂	-0.04	0.12	0.07	0.18	0.05
	Feb	PM ₁₀	0.04	-0.04	0.01	-0.01	0.00
		PM _{2.5}	0.11	0.13	-0.08	0.03	
		SO ₂	0.27	0.03	0.02	0.07	0.26
	Mar	PM ₁₀	0.27	0.20	0.02	0.18	0.17
		PM _{2.5}	0.03	-0.03	-0.08	-0.08	
		SO ₂	0.16	-0.07	0.07	0.30	0.07
	Apr	PM ₁₀	0.10	0.17	0.11	0.01	0.11
		PM _{2.5}	0.05	0.12	-0.11	-0.05	
		SO ₂	0.13	-0.07	-0.07	0.17	0.03
	Mei	PM ₁₀	0.13	0.20	-0.04		0.20
		PM _{2.5}	0.09	-0.06	0.00	-0.04	
		SO ₂	0.12	-0.05	0.17	0.35	0.21
	Jun	PM ₁₀	0.18	0.23	-0.13		0.20
		PM _{2.5}	0.13	0.01	0.07	-0.03	
		SO ₂	0.08	-0.09	0.14	0.40	0.13
	Jul	PM ₁₀	0.05	0.19	-0.24		-0.03
		PM _{2.5}	0.09	0.00	0.01	0.04	
		SO ₂	0.09	-0.09	0.13	0.09	0.13
	Agu	PM ₁₀	0.44	0.52	0.34		0.37
		PM _{2.5}	0.40	0.22	0.29	0.18	
		SO ₂	0.13	-0.14	0.21	0.18	0.29
	Sep	PM ₁₀	0.31	0.39	-0.06	0.08	0.30
		PM _{2.5}	0.43	0.34	0.30	0.15	0.32
		SO ₂	0.21	-0.04	0.33	0.37	0.25
	Okt	PM ₁₀	0.46	0.47	0.09	0.30	0.22
		PM _{2.5}	0.30	0.16	0.22	0.22	0.18
		SO ₂	0.47	-0.13	0.31	0.32	0.29
	Nov	PM ₁₀	0.19	0.32	-0.07	0.21	0.18
		PM _{2.5}	0.15	0.20	0.21	0.24	0.15
		SO ₂	0.42	-0.10	0.38	0.27	0.36
	Des	PM ₁₀	0.04	0.14	0.09	-0.06	0.08
		PM _{2.5}	0.24	0.18	0.13	0.15	0.16
		SO ₂	0.04	-0.06	0.05	0.00	0.14

Lanjutan Lampiran 4

2. Partikulat dan SO₂ dengan Suhu, RH, Radiasi

Faktor	Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gad- ing	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Suhu	Jan	PM ₁₀	0.07	0.04	-0.11	0.05	-0.11
		PM _{2.5}	0.29	0.19	-0.06	0.03	
		SO ₂	-0.02	0.05	0.10	0.22	0.03
	Feb	PM ₁₀	0.23	0.13	-0.10	-0.03	-0.03
		PM _{2.5}	0.30	0.30	0.05	0.09	
		SO ₂	0.31	0.13	0.20	0.14	0.30
	Mar	PM ₁₀	0.27	0.15	-0.01	0.19	0.02
		PM _{2.5}	0.09	-0.02	-0.08	-0.11	
		SO ₂	0.21	-0.07	0.15	0.46	0.09
	Apr	PM ₁₀	0.10	0.10	0.06	-0.05	0.03
		PM _{2.5}	0.08	0.05	-0.12	-0.11	
		SO ₂	0.15	-0.11	-0.01	0.28	-0.02
	Mei	PM ₁₀	0.19	0.15	-0.05		0.07
		PM _{2.5}	0.11	-0.09	0.05	-0.10	
		SO ₂	0.13	-0.15	0.23	0.38	0.21
	Jun	PM ₁₀	0.11	0.09	-0.03		0.07
		PM _{2.5}	0.08	-0.03	0.18	-0.14	
		SO ₂	0.02	-0.21	0.07	0.30	0.08
	Jul	PM ₁₀	-0.05	0.00	-0.20		-0.17
		PM _{2.5}	0.07	-0.11	0.09	-0.02	
		SO ₂	0.02	-0.28	0.06	0.08	0.05
	Agu	PM ₁₀	0.49	0.40	0.31		0.29
		PM _{2.5}	0.33	0.05	0.12	-0.03	
		SO ₂	-0.02	-0.32	0.05	-0.05	0.05
	Sep	PM ₁₀	0.35	0.29	0.11	0.11	0.25
		PM _{2.5}	0.41	0.22	0.31	0.14	0.14
		SO ₂	0.21	-0.20	0.31	0.23	0.19
	Okt	PM ₁₀	0.39	0.35	0.04	0.30	0.22
		PM _{2.5}	0.22	0.03	0.09	0.20	-0.01
		SO ₂	0.48	-0.26	0.18	0.13	0.32
	Nov	PM ₁₀	0.36	0.37	0.10	0.38	0.20
		PM _{2.5}	0.23	0.25	0.35	0.39	0.16
		SO ₂	0.49	-0.23	0.37	0.28	0.35
	Des	PM ₁₀	0.33	0.21	0.26	-0.11	0.12
		PM _{2.5}	0.46	0.21	0.24	0.28	0.18
		SO ₂	0.03	0.00	0.13	0.06	0.32

Lanjutan Lampiran 4

2. Partikulat dan SO₂ dengan Suhu, RH, Radiasi

Faktor	Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Je- ruk
Kelembapan Relatif	Jan	PM ₁₀	0.00	0.03	0.16	-0.01	0.14
		PM _{2.5}	-0.21	-0.09	0.13	0.04	
		SO ₂	0.00	-0.04	0.05	-0.16	-0.02
	Feb	PM ₁₀	-0.14	-0.06	0.21	0.12	0.08
		PM _{2.5}	-0.23	-0.17	0.01	0.00	
		SO ₂	-0.25	-0.07	-0.35	-0.22	-0.33
	Mar	PM ₁₀	-0.19	-0.11	0.09	-0.12	0.05
		PM _{2.5}	-0.05	0.05	0.17	0.16	
		SO ₂	-0.22	0.03	-0.03	-0.39	-0.10
	Apr	PM ₁₀	-0.02	-0.01	-0.05	0.20	0.03
		PM _{2.5}	-0.01	0.03	0.15	0.19	
		SO ₂	-0.20	0.11	0.16	-0.28	-0.10
	Mei	PM ₁₀	-0.21	-0.24	0.07		-0.10
		PM _{2.5}	-0.12	0.05	0.04	0.09	
		SO ₂	-0.21	0.01	-0.25	-0.41	-0.30
	Jun	PM ₁₀	-0.11	-0.11	0.14		-0.11
		PM _{2.5}	-0.05	0.05	-0.02	0.18	
		SO ₂	-0.09	0.16	-0.04	-0.32	-0.15
	Jul	PM ₁₀	0.03	-0.11	0.25		0.15
		PM _{2.5}	-0.01	0.08	0.02	0.00	
		SO ₂	-0.04	0.12	-0.05	0.12	-0.30
	Agu	PM ₁₀	-0.42	-0.41	-0.26		-0.26
		PM _{2.5}	-0.33	-0.08	-0.08	0.02	
		SO ₂	-0.09	0.25	-0.07	0.03	-0.13
	Sep	PM ₁₀	-0.28	-0.27	0.04	-0.16	-0.13
		PM _{2.5}	-0.36	-0.24	-0.18	-0.16	-0.13
		SO ₂	-0.17	0.07	-0.33	-0.22	-0.24
	Okt	PM ₁₀	-0.39	-0.32	0.01	-0.28	-0.17
		PM _{2.5}	-0.28	-0.08	-0.03	-0.18	0.01
		SO ₂	-0.44	0.20	-0.15	-0.10	-0.31
	Nov	PM ₁₀	-0.34	-0.39	-0.06	-0.37	-0.19
		PM _{2.5}	-0.21	-0.29	-0.34	-0.37	-0.15
		SO ₂	-0.48	0.23	-0.33	-0.29	-0.32
	Des	PM ₁₀	-0.22	-0.18	0.00	0.11	-0.02
		PM _{2.5}	-0.34	-0.15	-0.05	-0.19	-0.11
		SO ₂	-0.17	-0.02	-0.16	-0.02	-0.35

Lanjutan Lampiran 4

3. CO dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gad- ing	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	-0.11	-0.23	-0.33	-0.24	-0.28
	RH	0.06	-0.24	-0.31	-0.22	-0.24
	Radiasi	-0.02	0.27	0.35	0.25	0.30
Feb	Suhu	-0.14	-0.26	-0.27	-0.26	-0.34
	RH	-0.09	-0.23	-0.18	-0.29	-0.22
	Radiasi	0.17	0.24	0.16	0.31	0.23
Mar	Suhu	-0.28	-0.39	-0.32	-0.37	-0.36
	RH	-0.22	-0.45	-0.37	-0.49	-0.42
	Radiasi	0.24	0.45	0.44	0.55	0.46
Apr	Suhu	-0.22	-0.35	-0.23	-0.36	-0.34
	RH	-0.19	-0.49	-0.25	-0.52	-0.35
	Radiasi	0.11	0.45	0.34	0.53	0.36
Mei	Suhu	-0.27	-0.37	-0.27	-0.32	-0.31
	RH	-0.16	-0.51	-0.33	-0.46	-0.44
	Radiasi	0.10	0.47	0.40	0.46	0.41
Jun	Suhu	-0.16	-0.56	-0.22	-0.60	-0.47
	RH	0.13	0.52	0.24	0.63	0.45
	Radiasi	-0.20	-0.35	-0.17	-0.40	-0.31
Jul	Suhu	-0.07	-0.51	-0.08	-0.51	-0.48
	RH	0.00	0.48	0.06	0.56	0.45
	Radiasi	-0.14	-0.35	-0.16	-0.37	-0.32
Agu	Suhu	-0.09	-0.46	0.07	-0.58	-0.48
	RH	-0.02	0.36	-0.12	0.56	0.41
	Radiasi	-0.10	-0.26	0.19	-0.33	-0.19
Sep	Suhu	-0.06	-0.45	0.44	-0.43	-0.46
	RH	0.02	0.28	-0.49	0.46	0.37
	Radiasi	-0.10	-0.27	0.43	-0.30	-0.28
Okt	Suhu	0.34	-0.51	0.49	-0.60	-0.56
	RH	-0.33	0.37	-0.64	0.60	0.50
	Radiasi	0.16	-0.35	0.43	-0.40	-0.40
Nov	Suhu	-0.01	-0.49	0.07	-0.43	-0.40
	RH	0.02	0.36	-0.01	0.45	0.33
	Radiasi	-0.06	-0.39	0.06	-0.30	-0.30
Des	Suhu	0.17	-0.48	-0.16	-0.43	-0.36
	RH	-0.20	0.47	0.12	0.53	0.39
	Radiasi	0.07	-0.34	-0.11	-0.26	-0.30

Lanjutan Lampiran 4

4. NO₂ dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gad- ing	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	-0.05	-0.11	-0.20	-0.26	-0.14
	RH	0.14	-0.07	-0.17	-0.17	0.09
	Radiasi	0.03	0.18	0.29	0.24	-0.02
Feb	Suhu	0.02	-0.05	-0.24	-0.31	-0.30
	RH	0.16	0.00	-0.13	-0.32	-0.28
	Radiasi	0.02	0.09	0.11	0.45	0.41
Mar	Suhu	0.00	-0.34	-0.34	-0.27	-0.40
	RH	0.08	-0.34	-0.37	-0.26	-0.36
	Radiasi	-0.06	0.32	0.46	0.30	0.36
Apr	Suhu	0.00	-0.27	-0.43	-0.43	-0.39
	RH	0.07	-0.37	-0.49	-0.44	-0.39
	Radiasi	-0.02	0.33	0.55	0.38	0.44
Mei	Suhu	0.04	-0.43	-0.52	-0.32	-0.42
	RH	0.08	-0.61	-0.52	-0.38	-0.50
	Radiasi	-0.09	0.54	0.56	0.38	0.48
Jun	Suhu	-0.03	-0.65	-0.51	-0.34	-0.42
	RH	0.07	0.58	0.54	0.36	0.43
	Radiasi	-0.01	-0.43	-0.46	-0.27	-0.34
Jul	Suhu	0.16	-0.60	-0.49	-0.41	-0.51
	RH	-0.01	0.52	0.47	0.41	0.47
	Radiasi	0.09	-0.45	-0.49	-0.39	-0.41
Agu	Suhu	0.37	-0.61	-0.52	-0.57	-0.40
	RH	-0.34	0.49	0.51	0.52	0.38
	Radiasi	0.35	-0.37	-0.45	-0.30	-0.24
Sep	Suhu	0.22	-0.56	-0.50	-0.57	-0.39
	RH	-0.15	0.37	0.55	0.54	0.35
	Radiasi	0.16	-0.34	-0.44	-0.36	-0.32
Okt	Suhu	0.17	-0.60	-0.20	-0.63	-0.49
	RH	-0.11	0.47	0.15	0.58	0.48
	Radiasi	0.10	-0.44	-0.13	-0.42	-0.33
Nov	Suhu	0.14	-0.53	-0.29	-0.43	-0.43
	RH	-0.15	0.37	0.32	0.41	0.37
	Radiasi	0.03	-0.46	-0.26	-0.35	-0.35
Des	Suhu	0.11	-0.18	-0.42	-0.21	-0.40
	RH	-0.07	0.16	0.46	0.22	0.44
	Radiasi	0.08	-0.15	-0.41	-0.27	-0.42

Lanjutan Lampiran 4

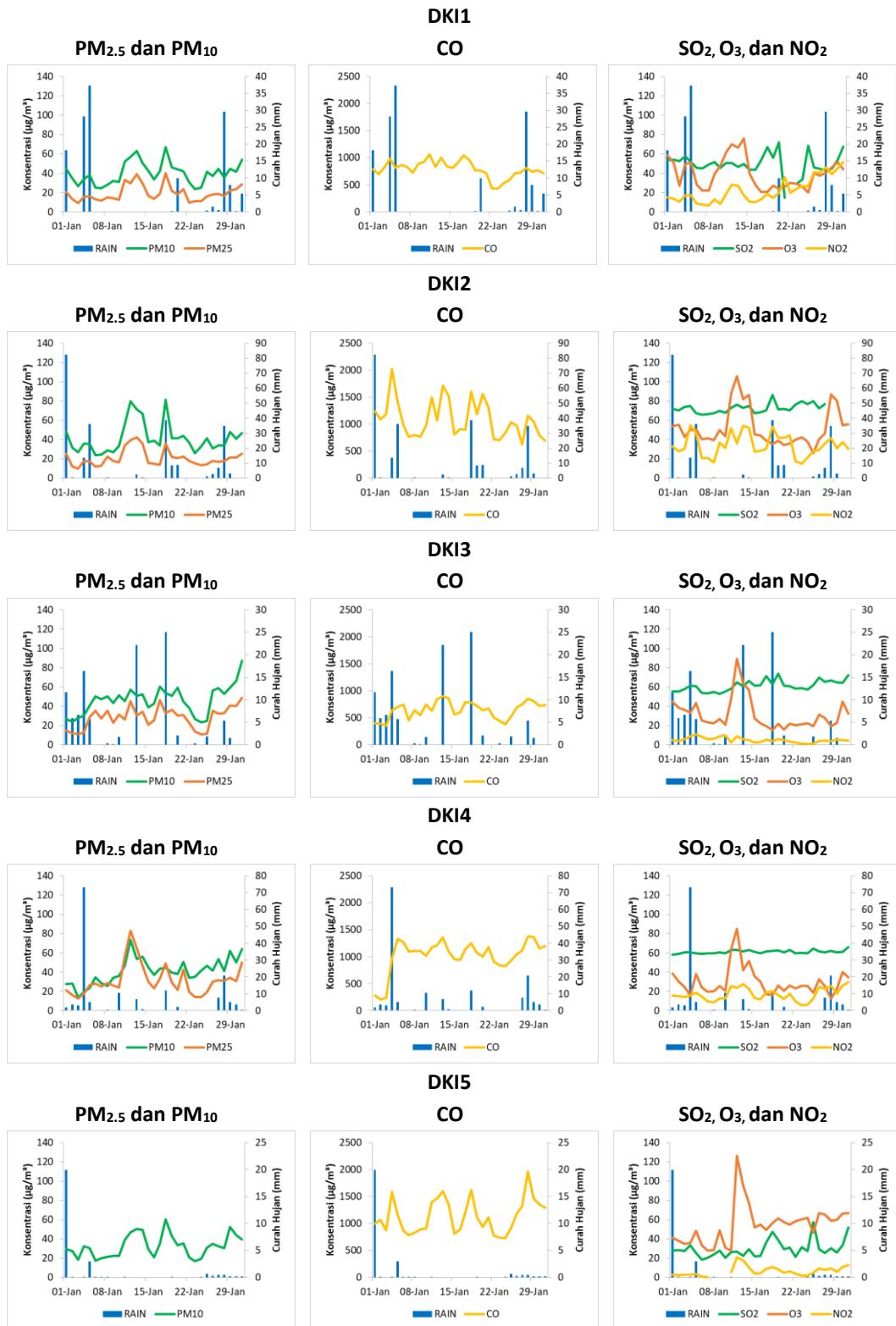
5. Kecepatan angin dengan partikulat, SO₂, CO, O₃, NO₂

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Je- ruk
Jan	PM ₁₀	-0.38	-0.13	-0.09	0.04	-0.36
	PM _{2.5}	-0.27	-0.04	-0.10	-0.07	
	SO ₂	0.02	0.09	0.04	0.21	0.04
	CO	-0.11	-0.37	-0.19	-0.28	-0.48
	O ₃	-0.38	0.33	0.23	0.63	0.26
	NO ₂	-0.23	-0.23	-0.07	-0.15	-0.36
Feb	PM ₁₀	-0.22	-0.09	-0.09	-0.10	-0.24
	PM _{2.5}	-0.14	0.01	-0.13	-0.06	
	SO ₂	0.04	-0.05	0.00	0.01	0.09
	CO	-0.10	-0.44	-0.31	-0.40	-0.55
	O ₃	-0.34	0.54	0.48	0.65	0.37
	NO ₂	-0.30	-0.22	-0.29	-0.36	-0.51
Mar	PM ₁₀	-0.29	-0.09	0.00	0.08	-0.17
	PM _{2.5}	-0.30	-0.22	-0.13	-0.17	
	SO ₂	0.21	-0.16	0.07	0.34	0.18
	CO	-0.14	-0.48	-0.31	-0.44	-0.58
	O ₃	-0.05	0.48	0.47	0.59	0.43
	NO ₂	-0.30	-0.37	-0.31	-0.20	-0.58
Apr	PM ₁₀	-0.39	-0.10	-0.06	-0.04	-0.40
	PM _{2.5}	-0.32	-0.17	-0.16	-0.10	
	SO ₂	-0.14	-0.18	-0.03	0.24	-0.09
	CO	-0.01	-0.45	-0.19	-0.40	-0.44
	O ₃	-0.35	0.41	0.20	0.60	0.15
	NO ₂	-0.25	-0.36	-0.21	-0.22	-0.58
Mei	PM ₁₀	-0.13	-0.05	-0.08		-0.16
	PM _{2.5}	-0.25	-0.30	-0.18	-0.15	
	SO ₂	0.16	-0.21	-0.14	0.20	0.06
	CO	0.02	-0.53	-0.16	-0.34	-0.52
	O ₃	-0.02	0.54	0.25	0.48	0.41
	NO ₂	-0.21	-0.61	-0.20	-0.21	-0.52
Jun	PM ₁₀	-0.01	-0.01	-0.23		-0.06
	PM _{2.5}	-0.05	-0.17	-0.31	-0.16	
	SO ₂	0.10	-0.22	-0.05	0.22	-0.06
	CO	0.13	-0.43	-0.22	-0.41	-0.47
	O ₃	0.07	0.56	0.13	0.60	0.43
	NO ₂	-0.03	-0.55	-0.24	-0.22	-0.39
Jul	PM ₁₀	-0.05	-0.03	-0.08		-0.13

	PM _{2.5}	-0.05	-0.14	-0.23	-0.02	
	SO ₂	-0.04	-0.26	-0.17	0.02	-0.02
	CO	0.05	-0.44	-0.27	-0.37	-0.48
	O ₃	0.09	0.55	0.01	0.56	0.47
	NO ₂	-0.19	-0.59	-0.24	-0.22	-0.45
Agu	PM ₁₀	-0.01	0.23	0.06		0.13
	PM _{2.5}	-0.01	-0.08	0.01	-0.04	
	SO ₂	-0.09	-0.29	-0.07	0.00	-0.06
	CO	0.01	-0.47	0.08	-0.43	-0.48
	O ₃	0.08	0.55	0.20	0.59	0.42
	NO ₂	-0.08	-0.57	-0.08	-0.39	-0.32
Sep	PM ₁₀	0.06	0.25	-0.08	0.12	0.22
	PM _{2.5}	0.13	0.13	-0.19	0.13	0.08
	SO ₂	0.02	-0.15	-0.10	0.13	0.06
	CO	0.01	-0.42	-0.10	-0.32	-0.51
	O ₃	0.07	0.53	0.04	0.63	0.46
	NO ₂	-0.04	-0.51	-0.16	-0.37	-0.37
Okt	PM ₁₀	-0.03	0.19	0.15	0.27	0.06
	PM _{2.5}	0.05	-0.03	-0.12	0.14	-0.12
	SO ₂	0.18	-0.28	-0.07	0.05	0.08
	CO	0.10	-0.49	0.19	-0.56	-0.59
	O ₃	-0.12	0.55	0.30	0.61	0.35
	NO ₂	-0.01	-0.56	0.03	-0.55	-0.47
Nov	PM ₁₀	-0.18	0.22	0.03	0.33	0.02
	PM _{2.5}	-0.07	0.02	0.00	0.21	-0.08
	SO ₂	-0.14	-0.28	-0.06	0.08	0.12
	CO	0.02	-0.45	0.02	-0.42	-0.55
	O ₃	-0.20	0.54	0.15	0.60	0.54
	NO ₂	-0.07	-0.50	-0.11	-0.45	-0.52
Des	PM ₁₀	-0.19	0.09	0.13	0.00	-0.08
	PM _{2.5}	-0.18	0.04	-0.06	0.17	-0.09
	SO ₂	0.30	-0.04	0.04	0.06	0.28
	CO	0.04	-0.48	-0.14	-0.31	-0.51
	O ₃	-0.26	0.53	0.15	0.57	0.31
	NO ₂	-0.05	-0.16	-0.20	-0.16	-0.48

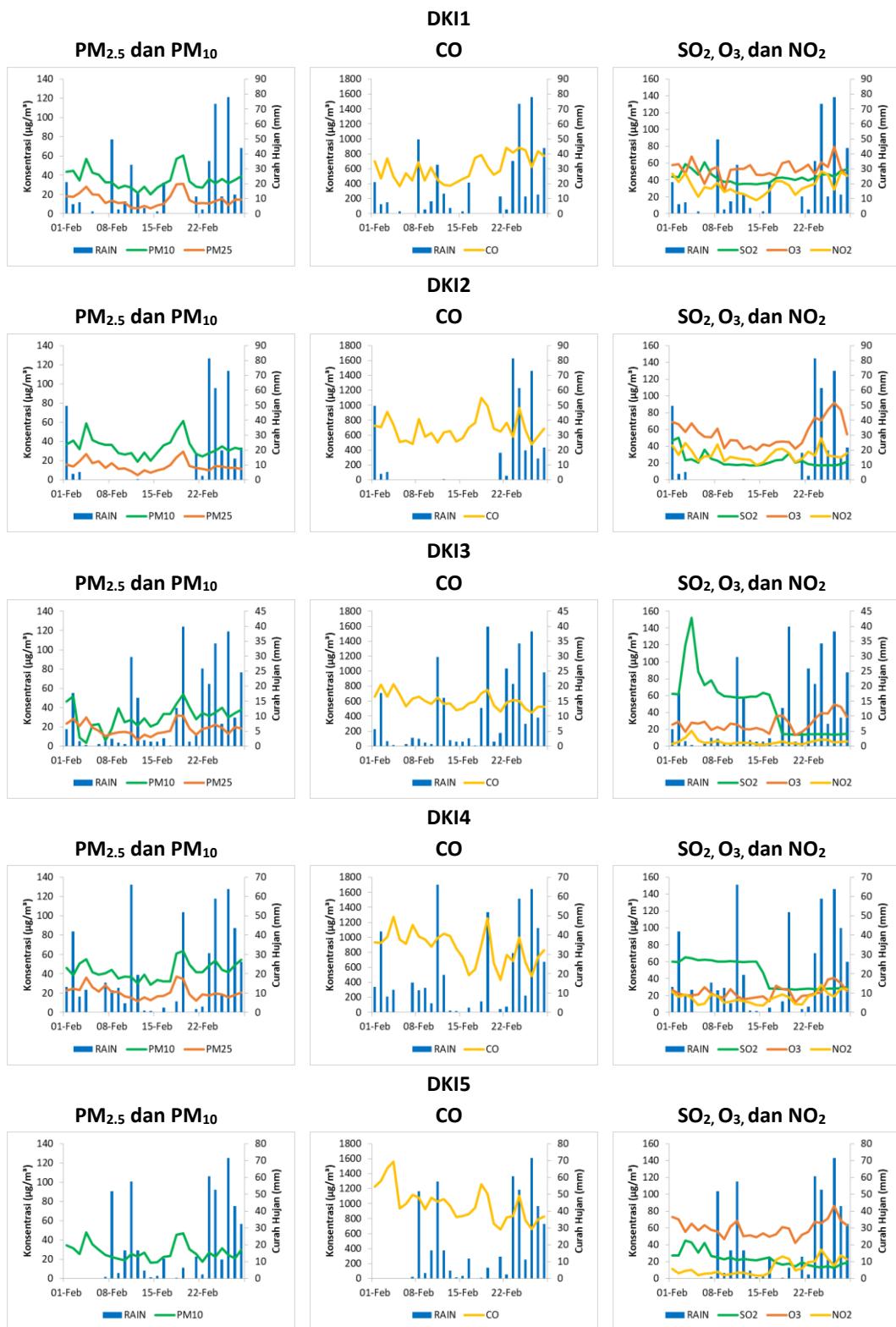
Lampiran 5 Grafik Konsentrasi Pencemar dengan Curah Hujan Harian

1. Bulan Januari



Lanjutan Lampiran 5

2. Bulan Februari



Lanjutan Lampiran 5

3. Bulan Maret



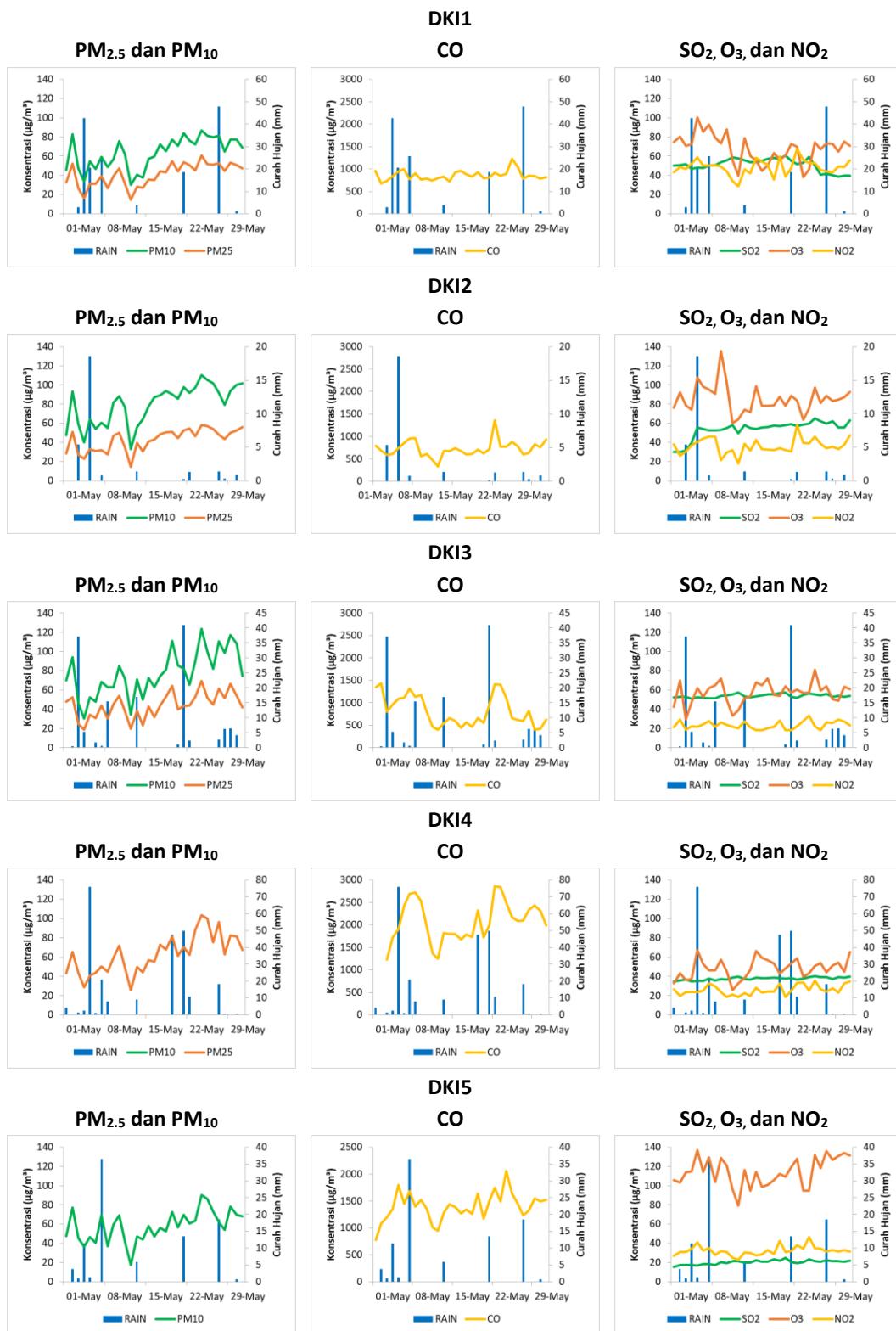
Lanjutan Lampiran 5

4. Bulan April



Lanjutan Lampiran 5

5. Bulan Mei



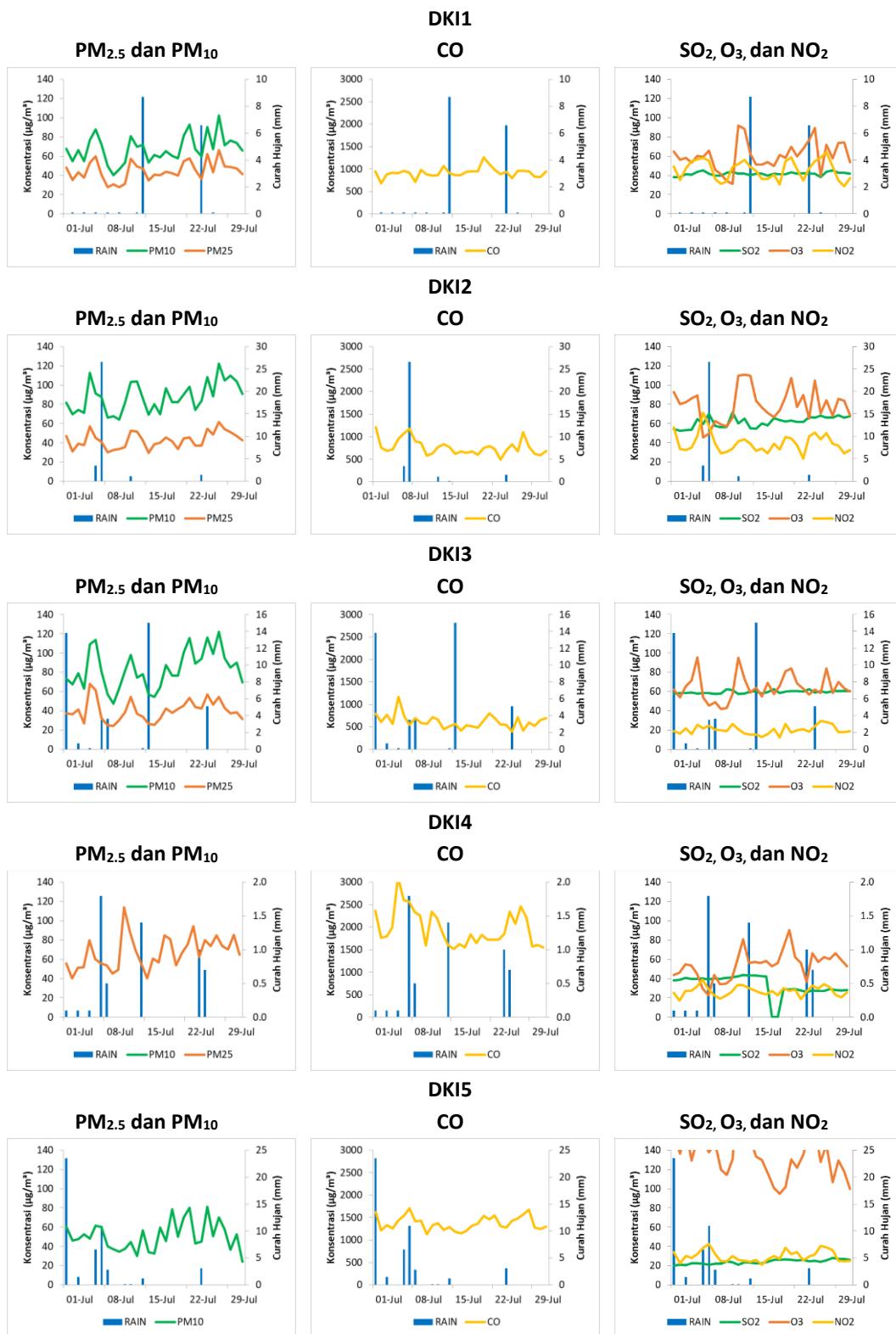
Lanjutan Lampiran 5

6. Bulan Juni



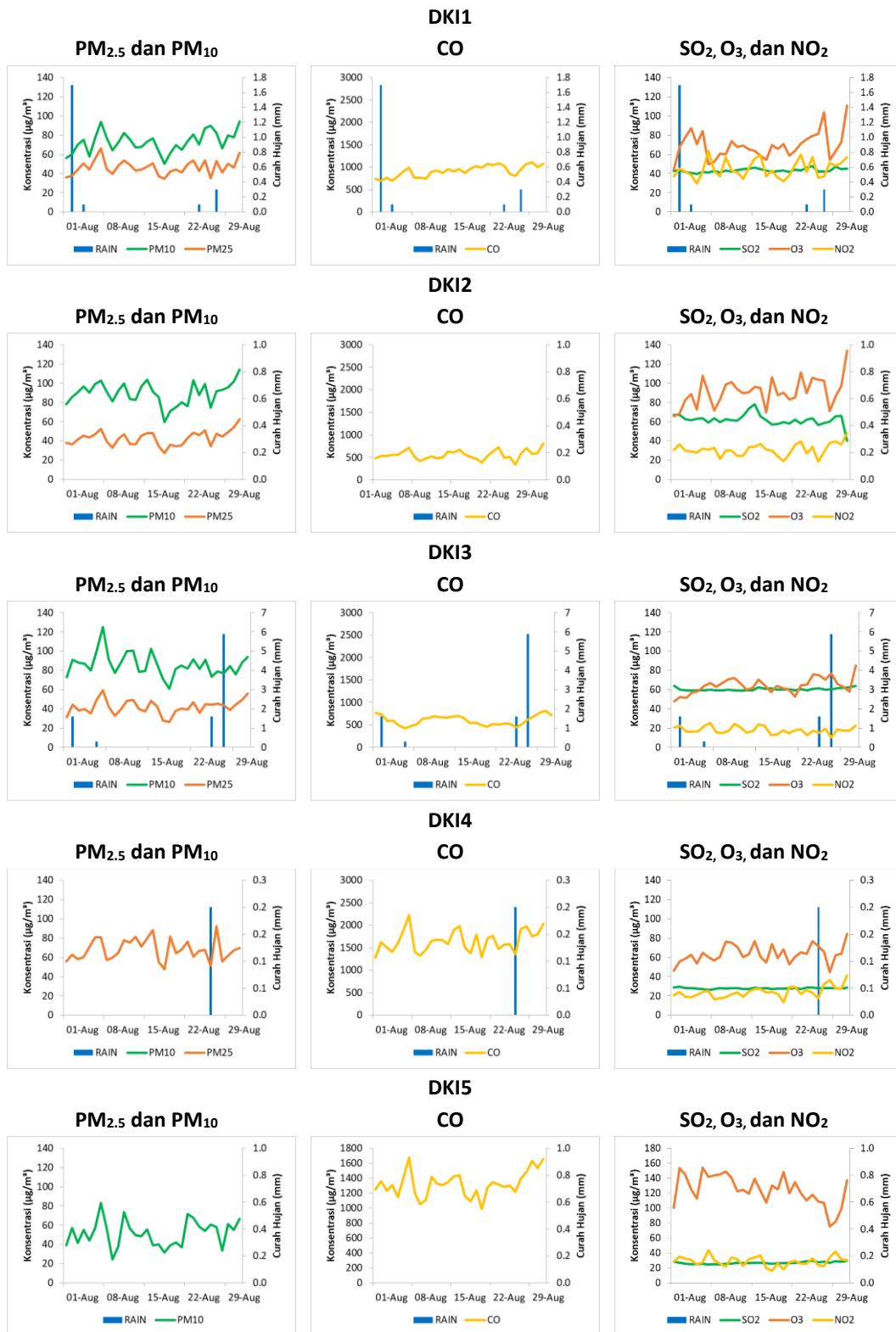
Lanjutan Lampiran 5

7. Bulan Juli



Lanjutan Lampiran 5

8. Bulan Agustus



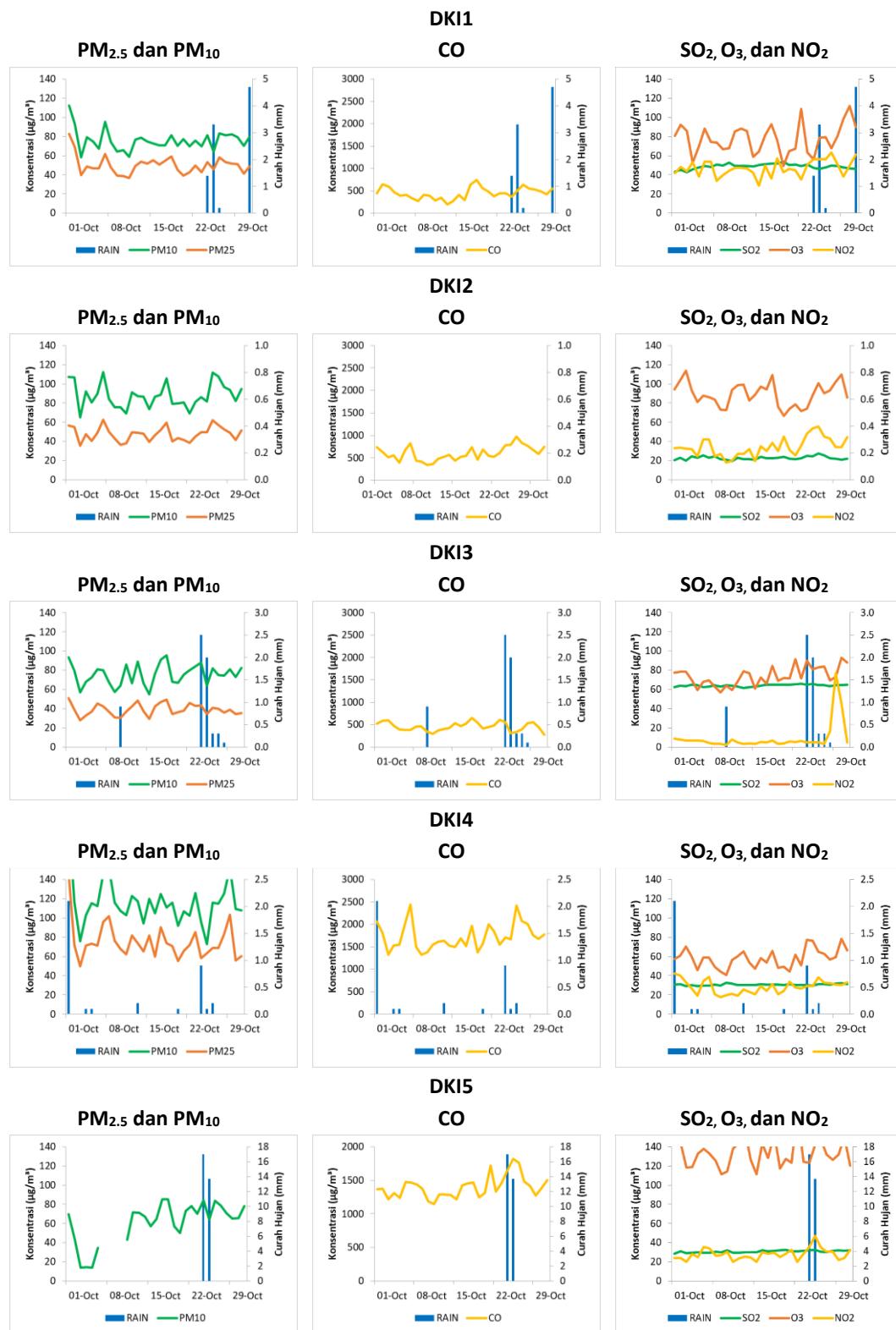
Lanjutan Lampiran 5

9. Bulan September



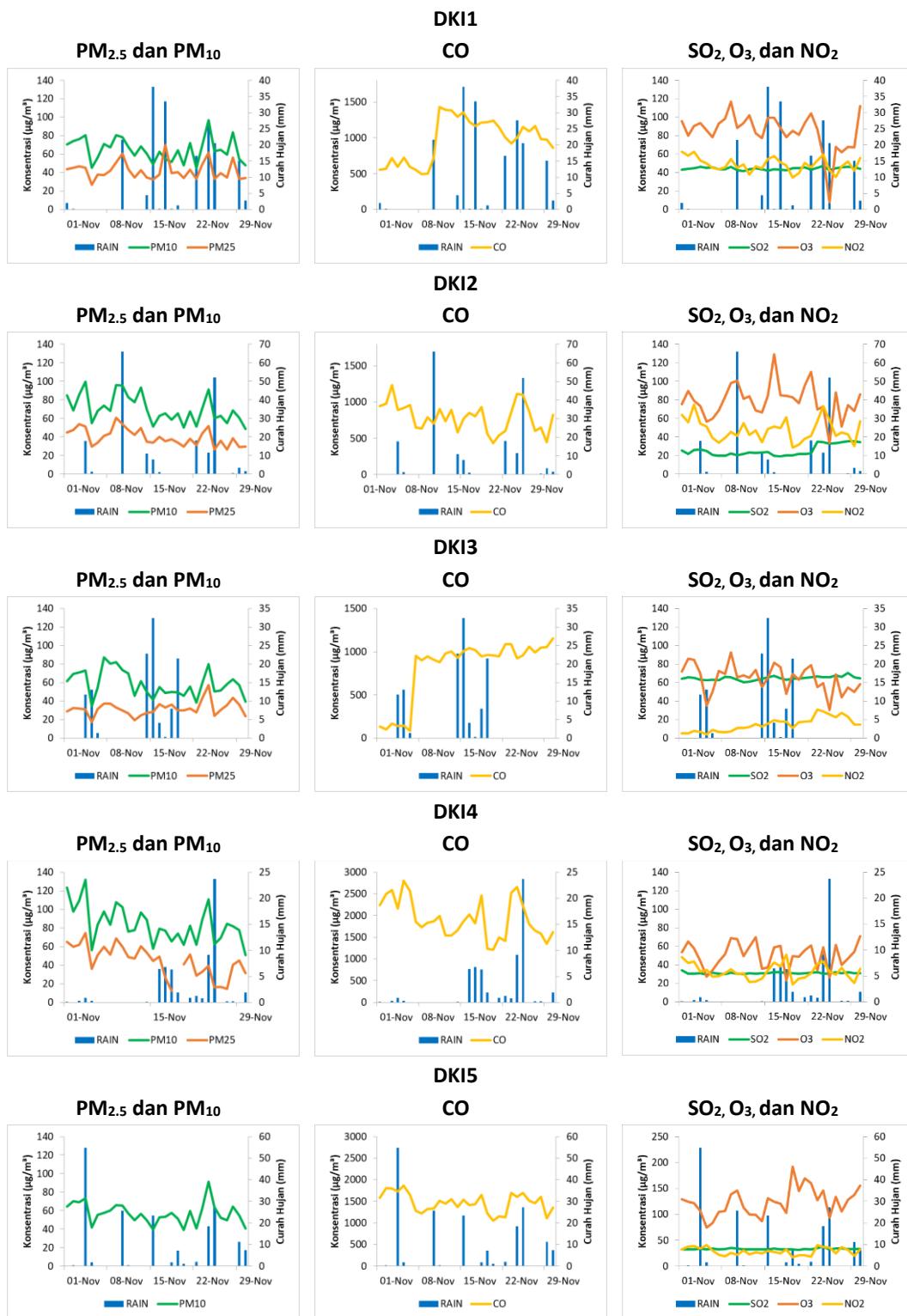
Lanjutan Lampiran 5

10. Bulan Oktober



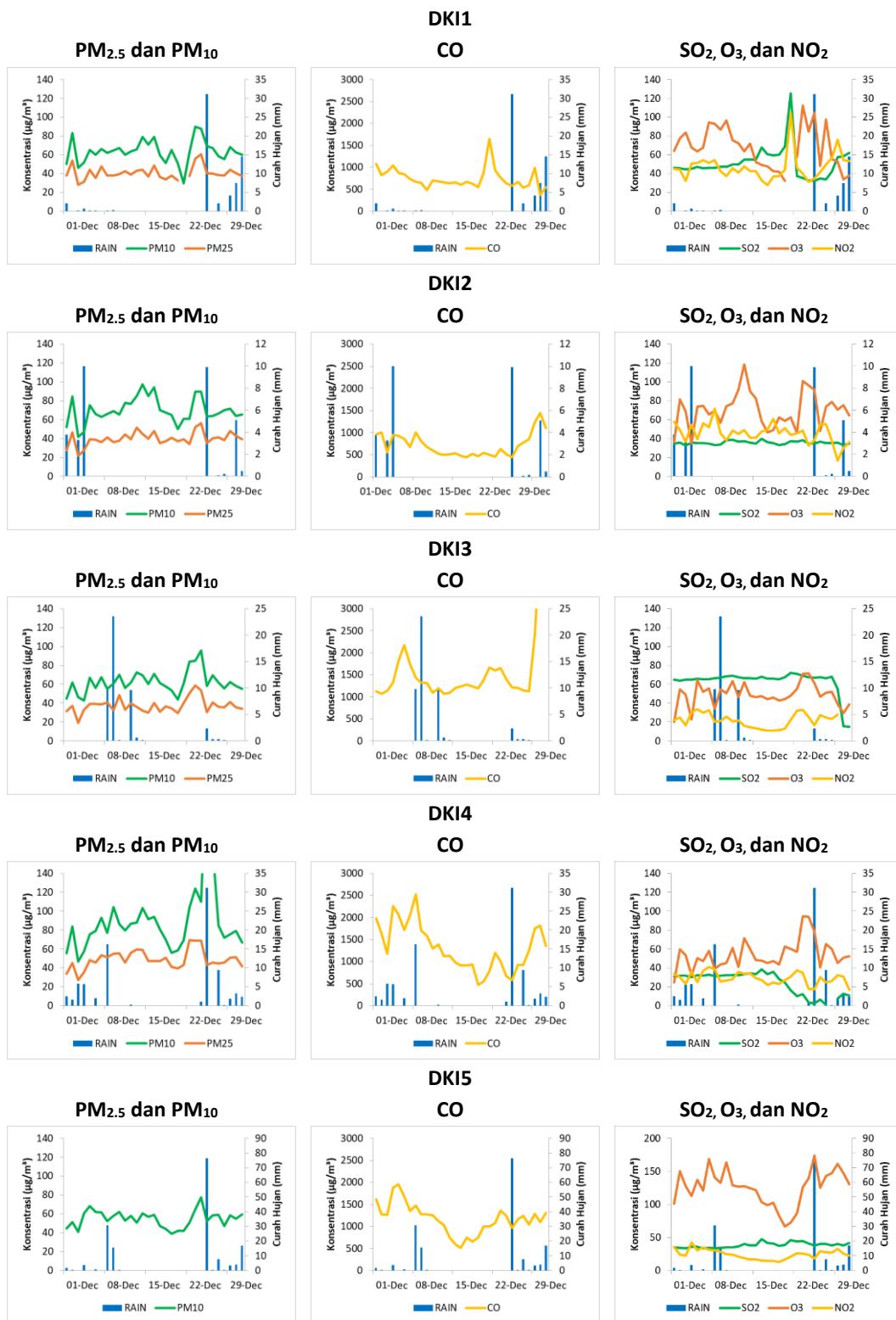
Lanjutan Lampiran 5

11. Bulan November



Lanjutan Lampiran 5

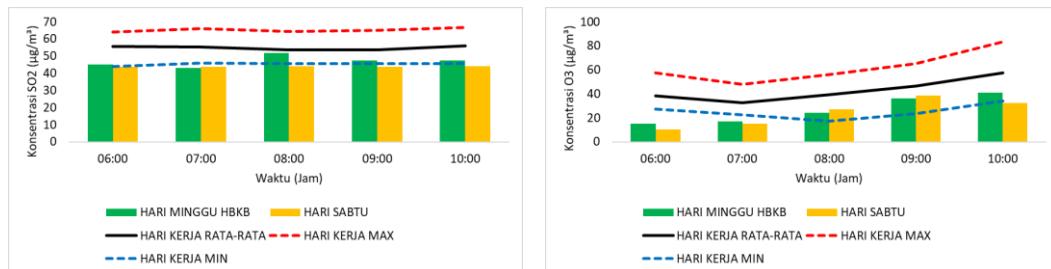
12. Bulan Desember



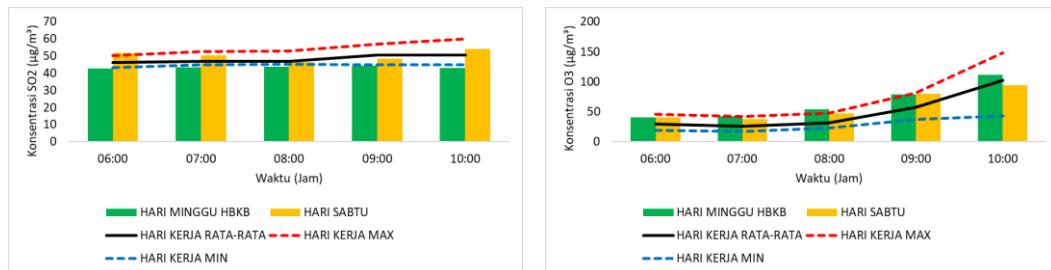
Lampiran 6 Kualitas Udara Ambien pada Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB)

a. Januari

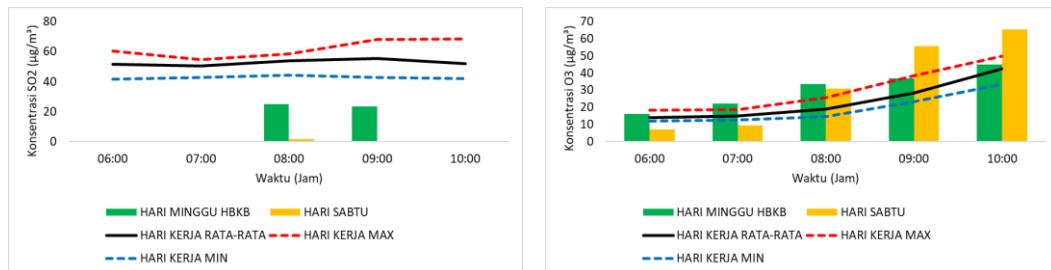
HBKB 8 Januari 2023



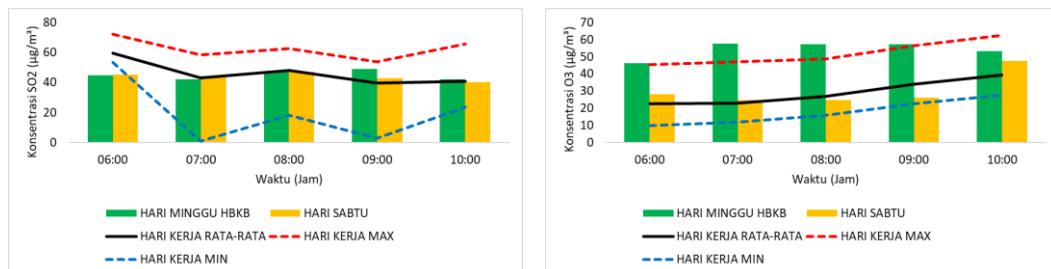
HBKB 15 Januari 2023



HBKB 22 Januari 2023



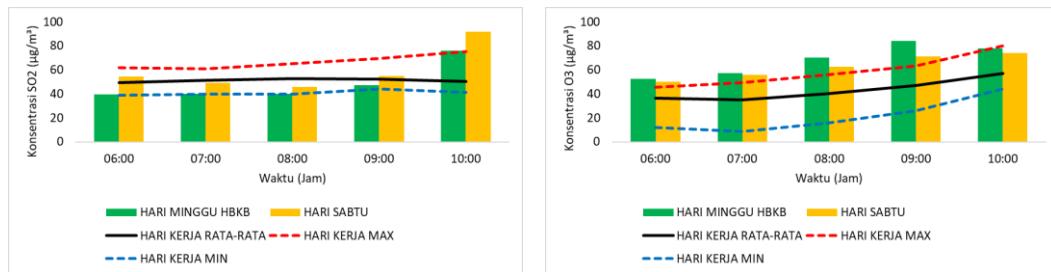
HBKB 29 Januari 2023



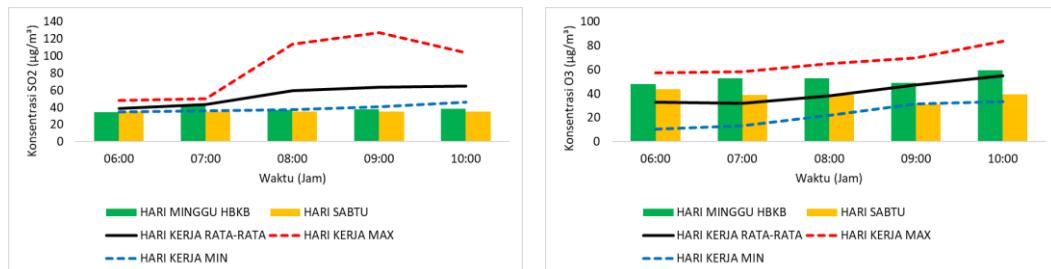
Lanjutan Lampiran 6

b. Februari

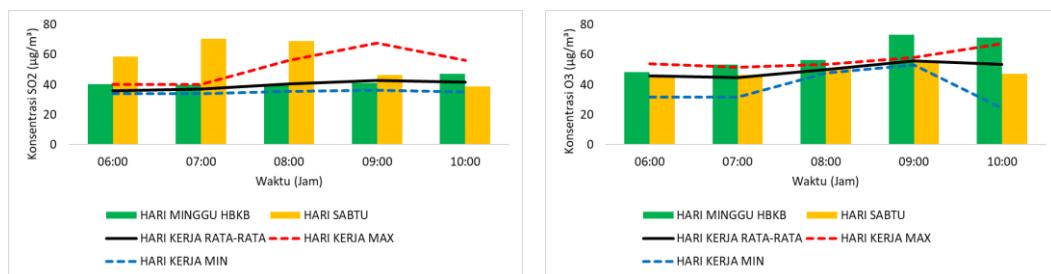
HBKB 5 Februari 2023



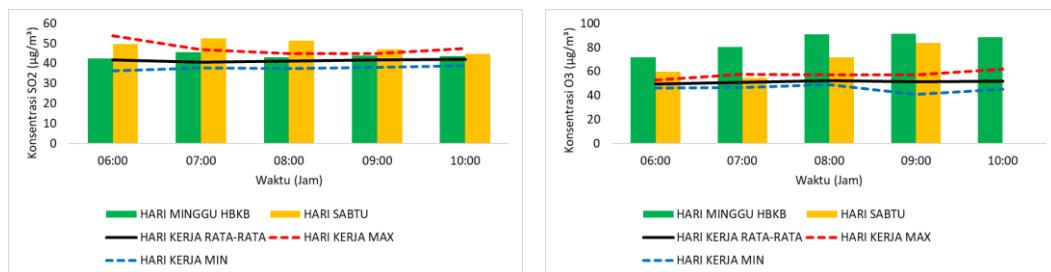
HBKB 12 Februari 2023



HBKB 19 Februari 2023

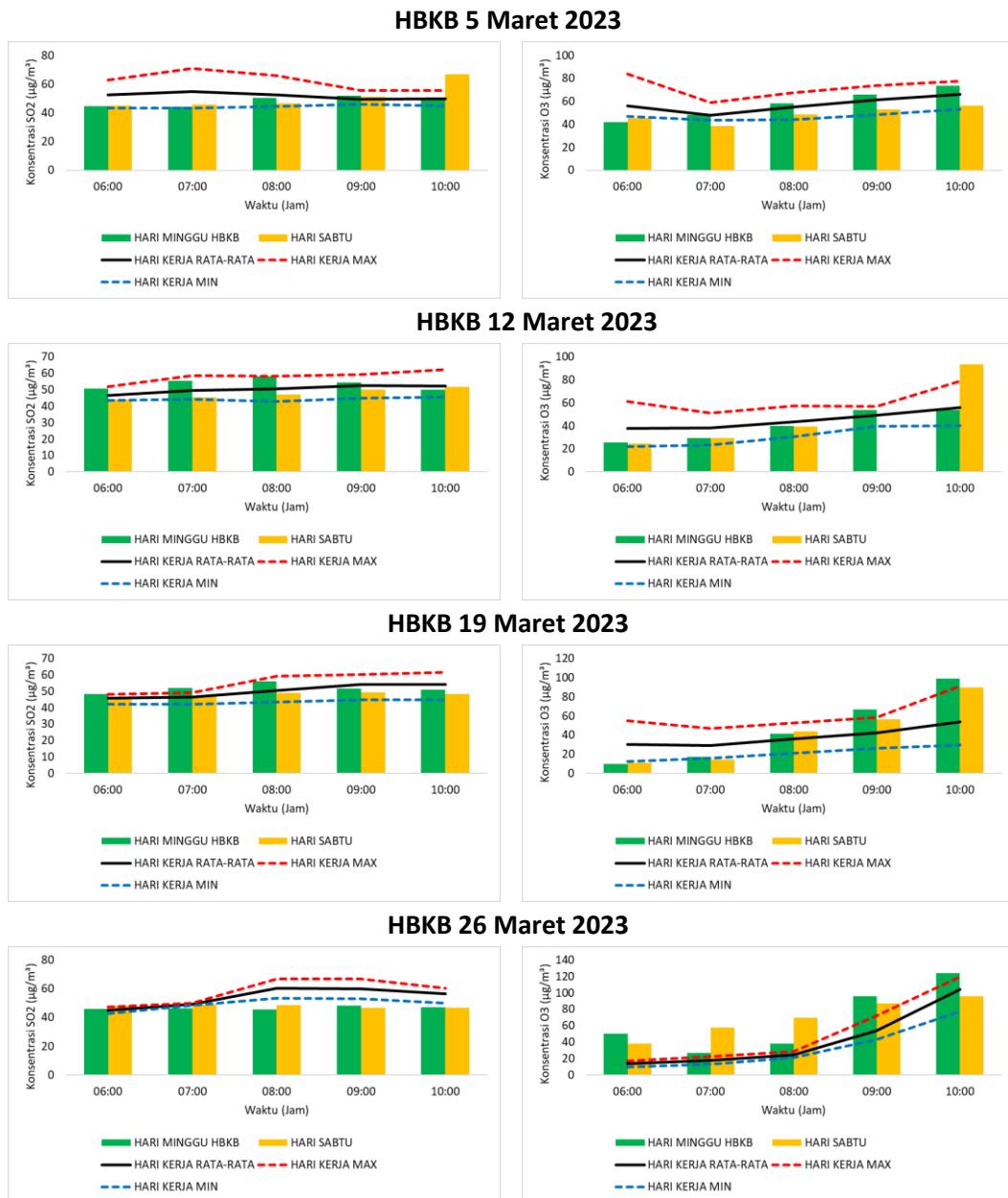


HBKB 26 Februari 2023



Lanjutan Lampiran 6

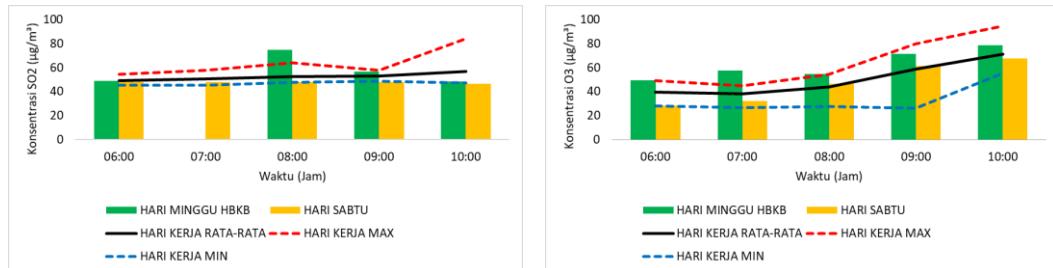
c. Maret



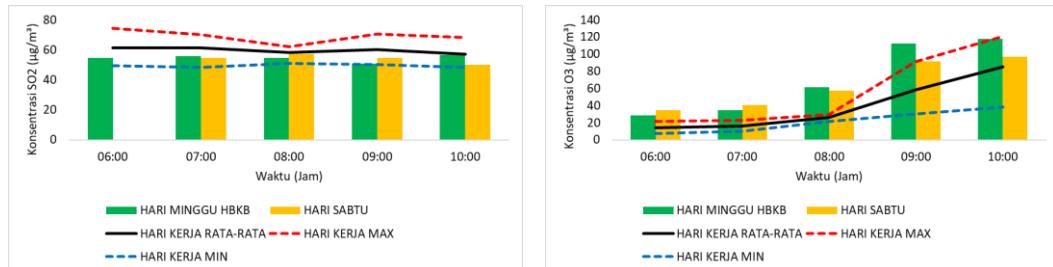
Lanjutan Lampiran 6

d. April

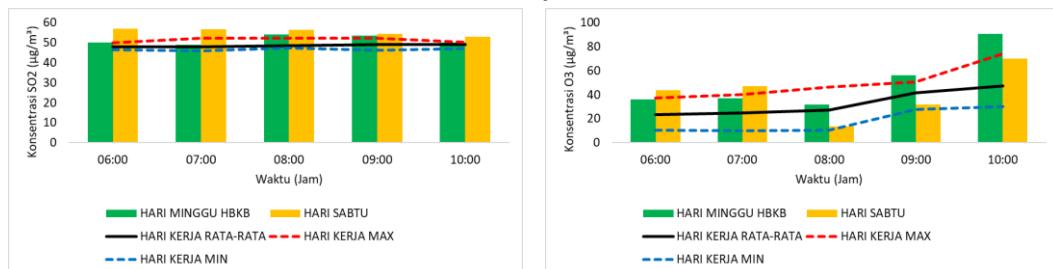
HBKB 2 April 2023



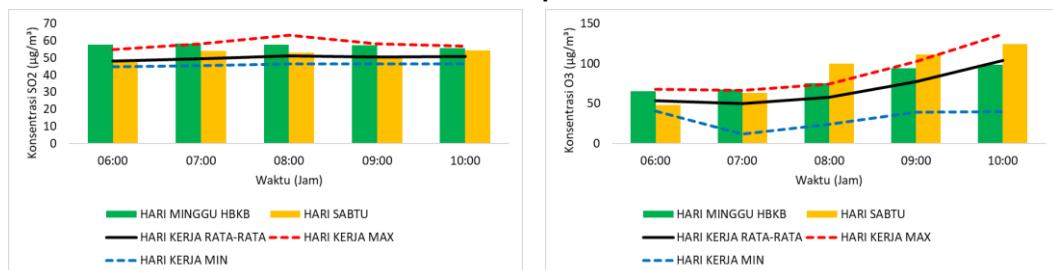
HBKB 9 April 2023



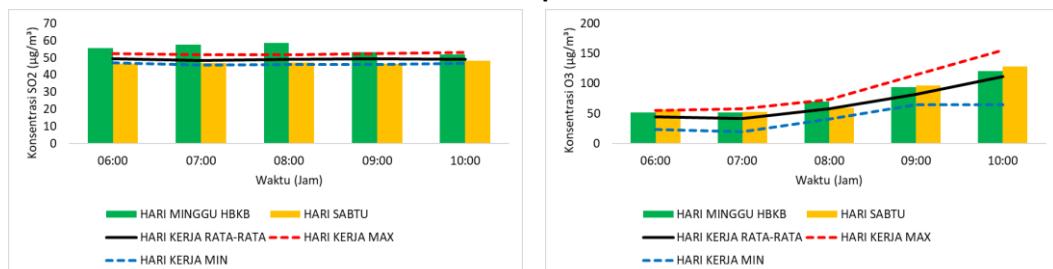
HBKB 16 April 2023



HBKB 23 April 2023



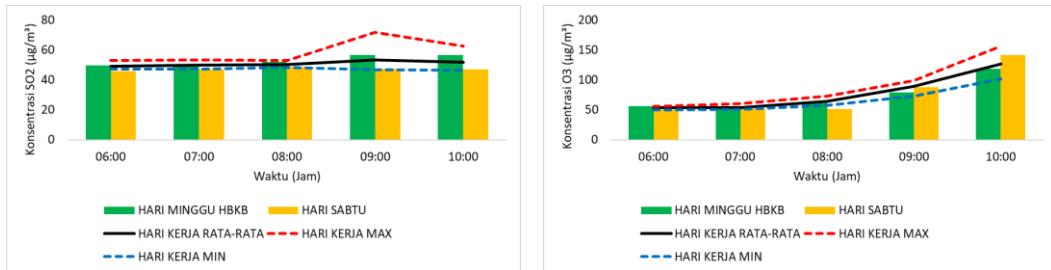
HBKB 30 April 2023



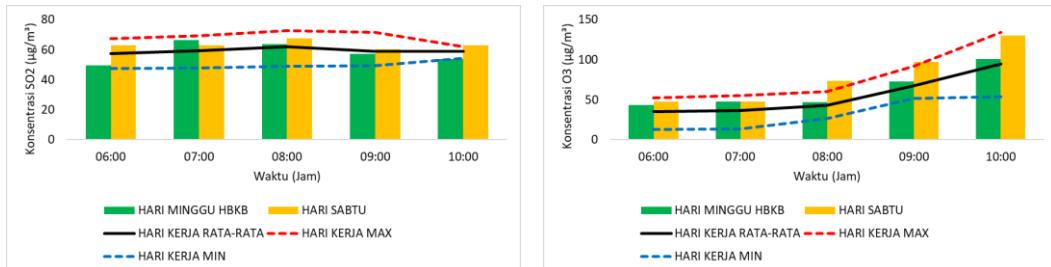
Lanjutan Lampiran 6

e. Mei

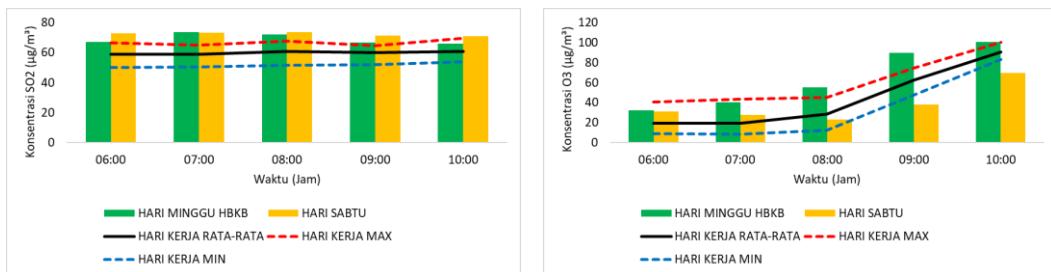
HBKB 7 Mei 2023



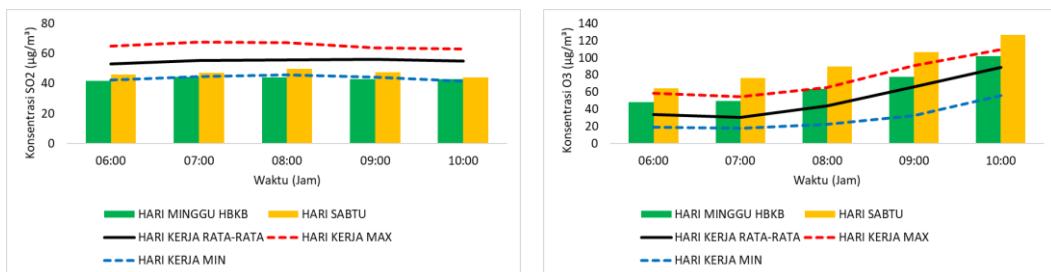
HBKB 14 Mei 2023



HBKB 21 Mei 2023



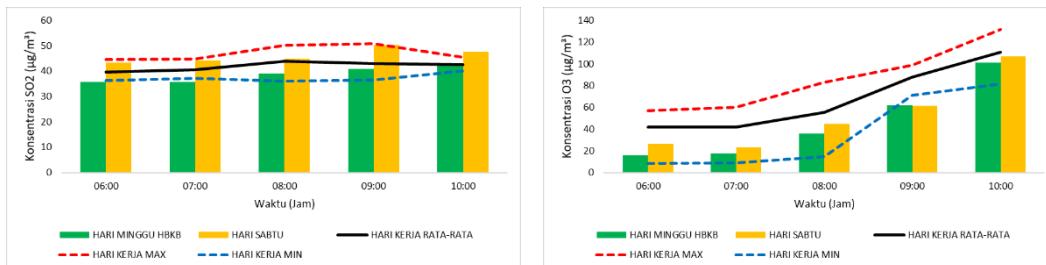
HBKB 28 Mei 2023



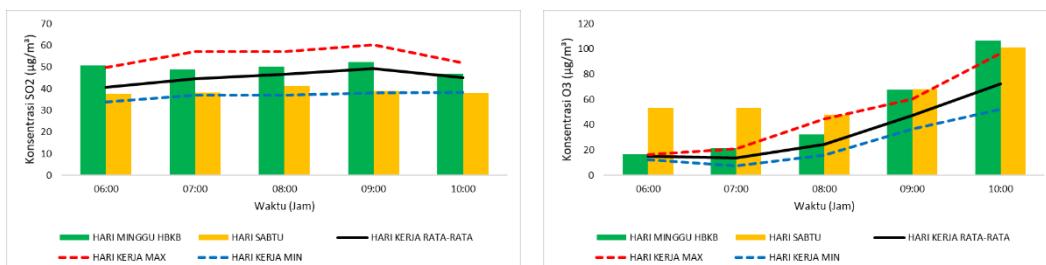
Lanjutan Lampiran 6

f. Juni

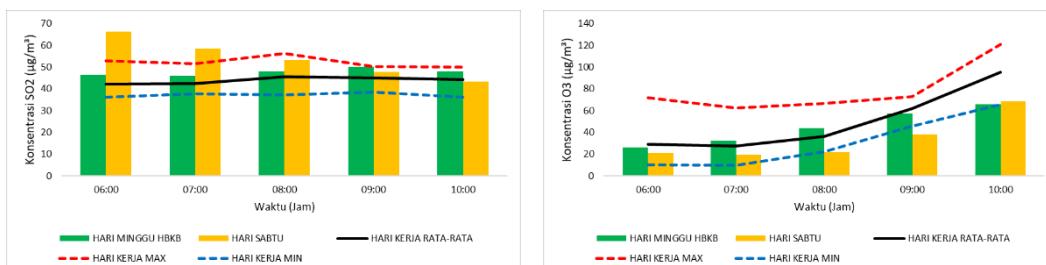
HBKB 4 Juni 2023



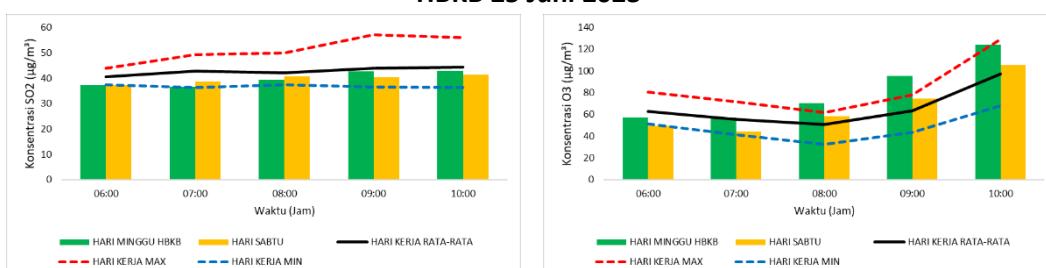
HBKB 11 Juni 2023



HBKB 18 Juni 2023



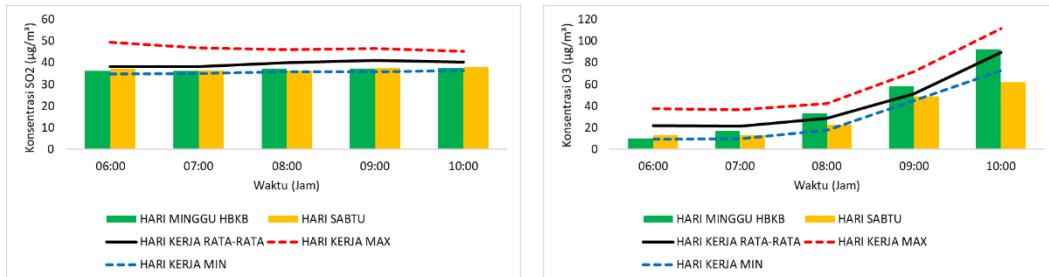
HBKB 25 Juni 2023



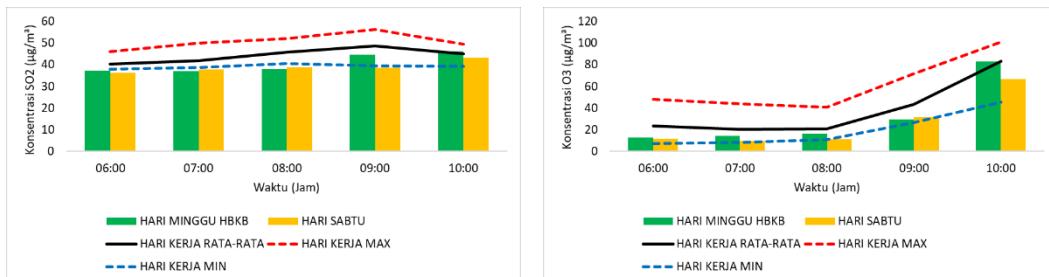
Lanjutan Lampiran 6

g. Juli

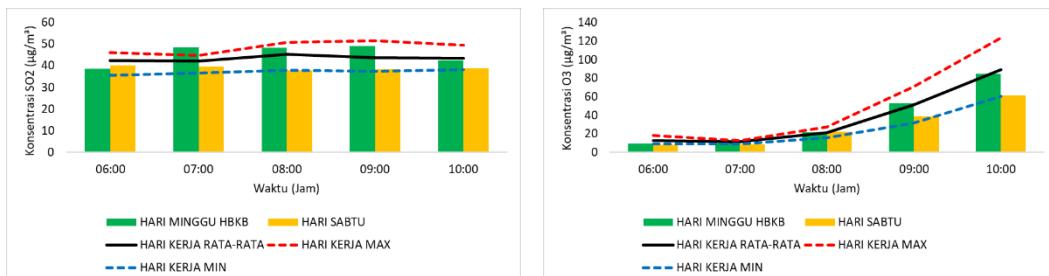
HBKB 2 Juli 2023



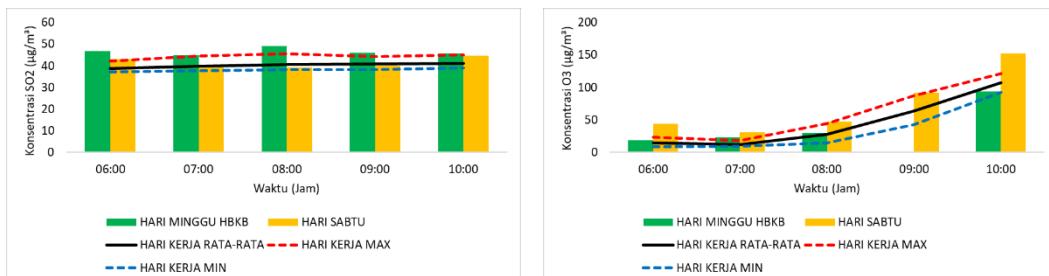
HBKB 9 Juli 2023



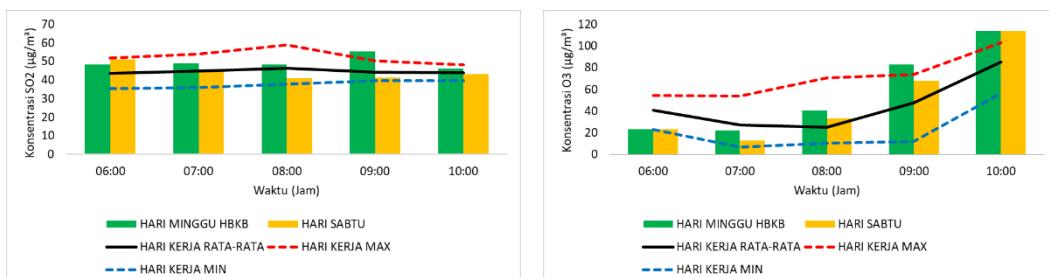
HBKB 16 Juli 2023



HBKB 23 Juli 2023



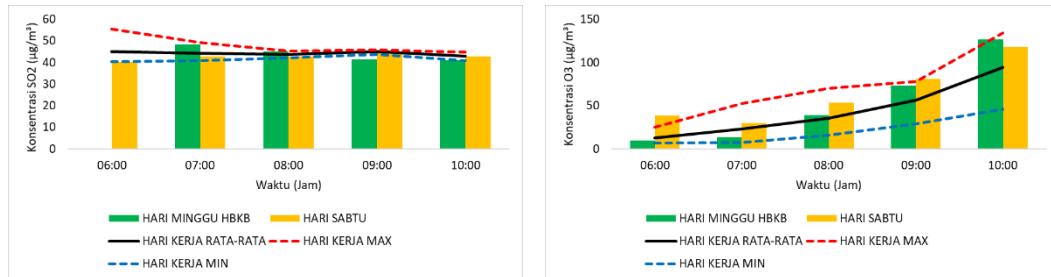
HBKB 30 Juli 2023



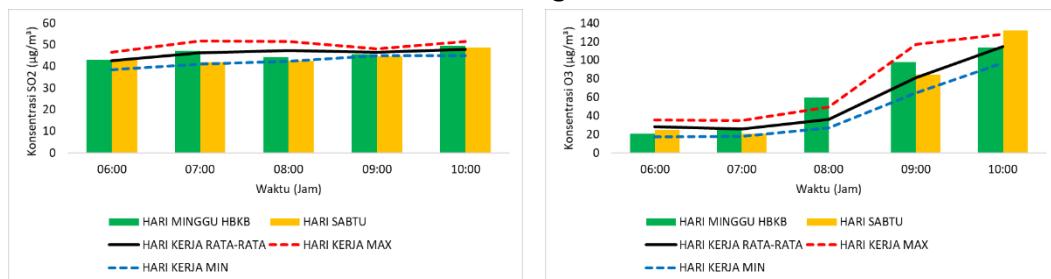
Lanjutan Lampiran 6

h. Agustus

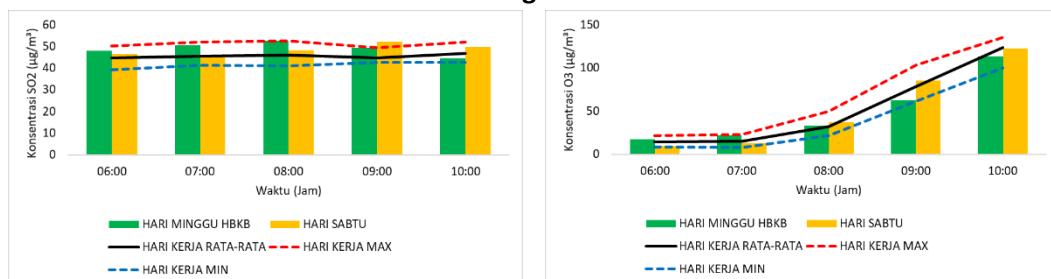
HBKB 6 Agustus 2023



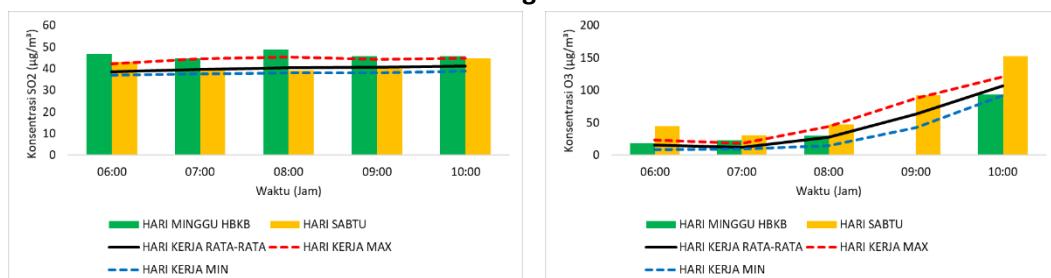
HBKB 13 Agustus 2023



HBKB 20 Agustus 2023



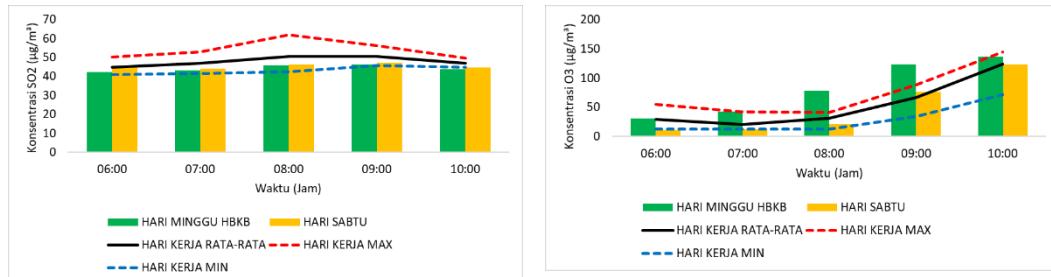
HBKB 27 Agustus 2023



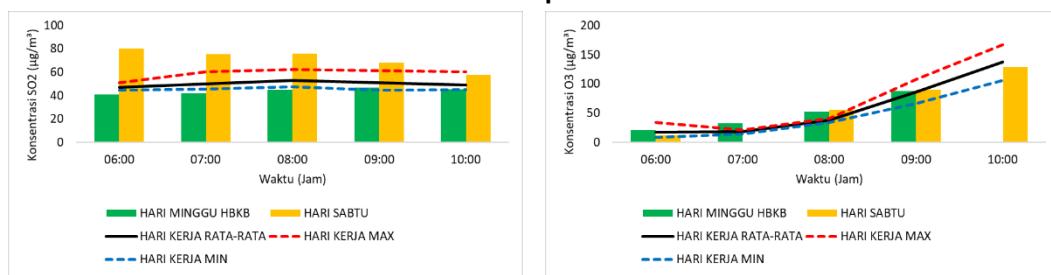
Lanjutan Lampiran 6

i. September

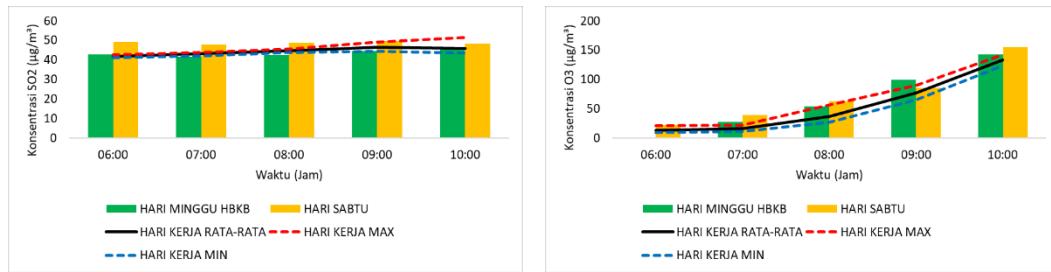
HBKB 3 September 2023



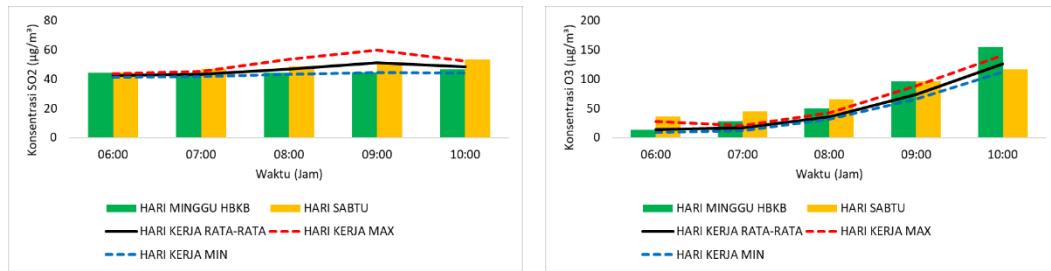
HBKB 10 September 2023



HBKB 17 September 2023



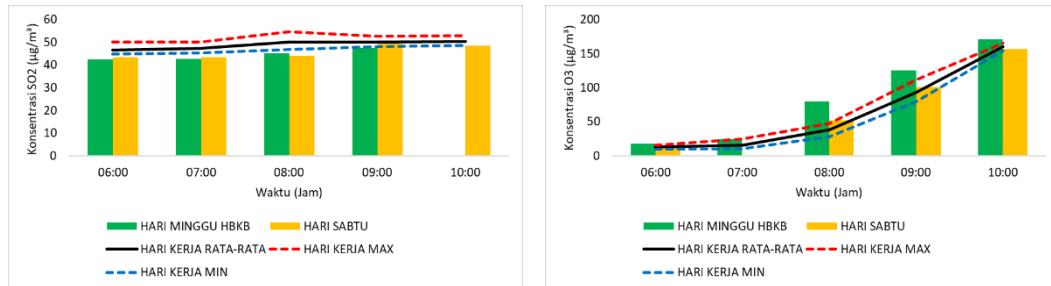
HBKB 24 September 2023



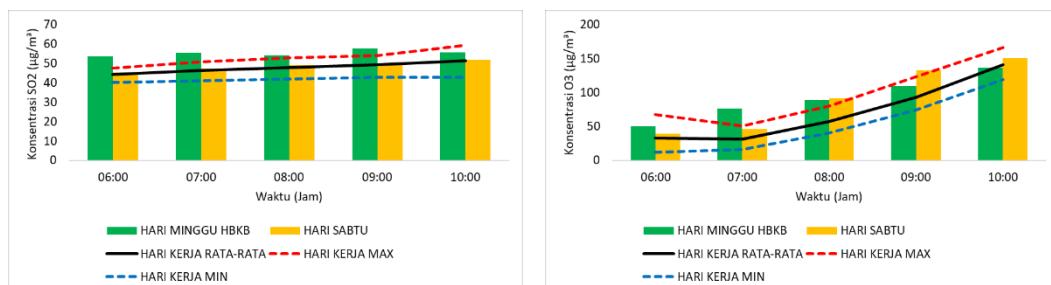
Lanjutan Lampiran 6

j. Oktober

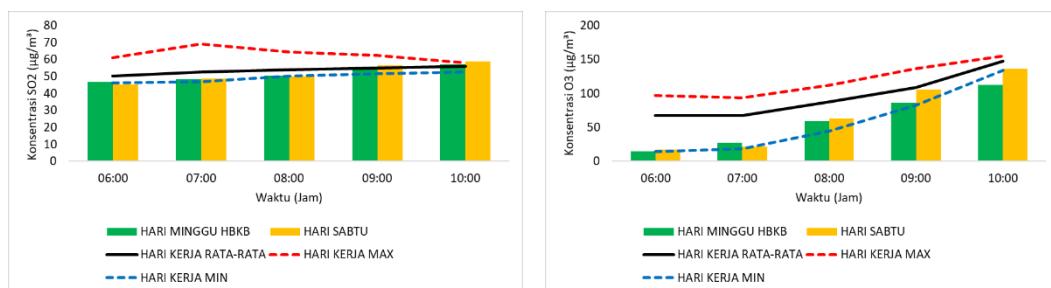
HBKB 1 Oktober 2023



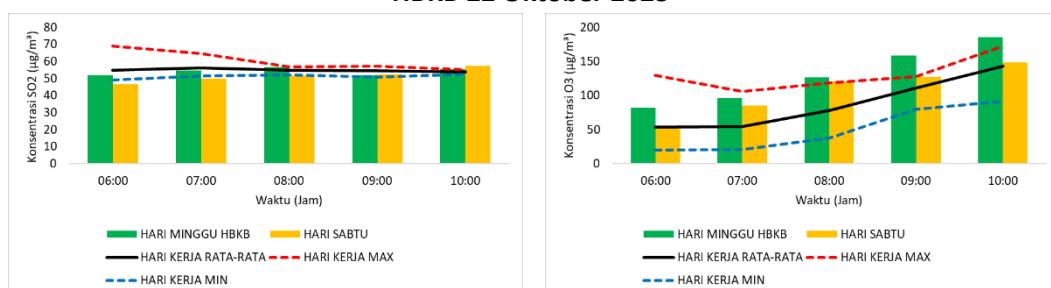
HBKB 8 Oktober 2023



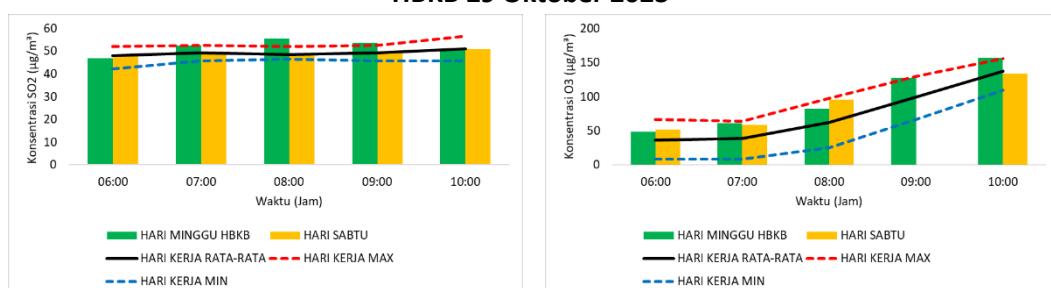
HBKB 15 Oktober 2023



HBKB 22 Oktober 2023



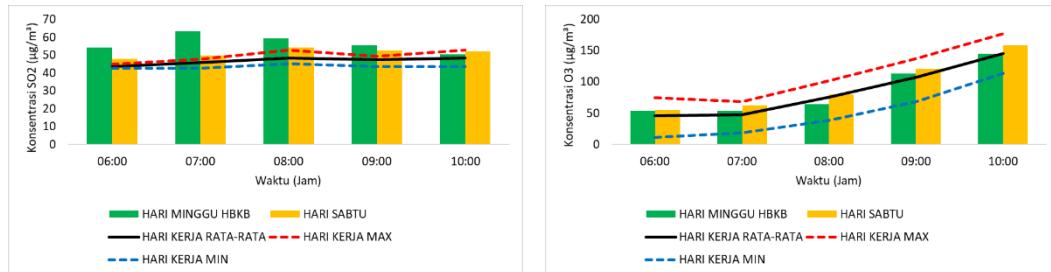
HBKB 29 Oktober 2023



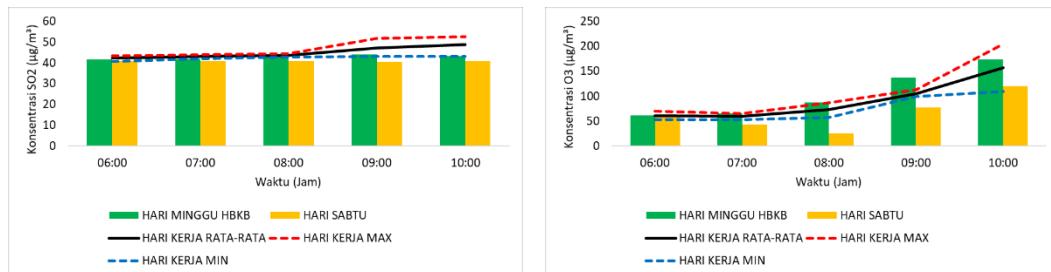
Lanjutan Lampiran 6

k. November

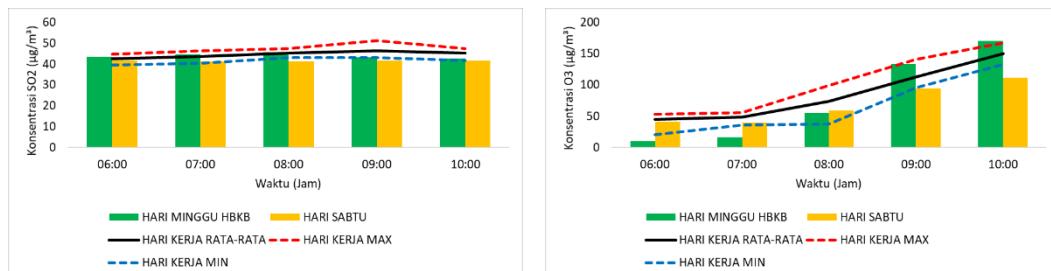
HBKB 5 November 2023



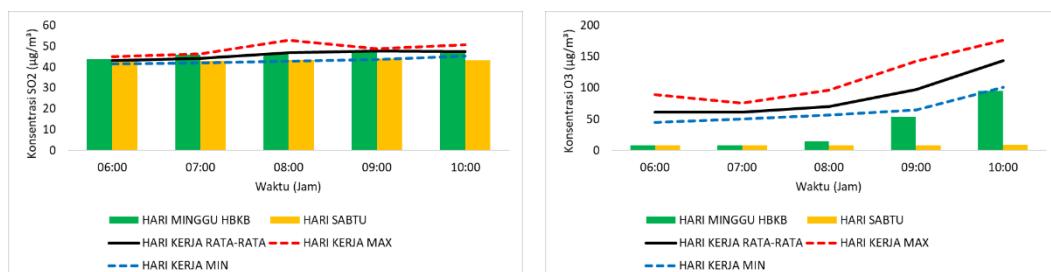
HBKB 12 November 2023



HBKB 19 November 2023



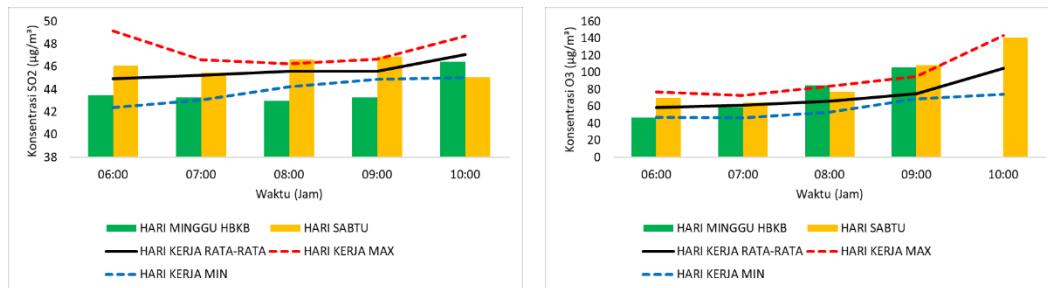
HBKB 26 November 2023



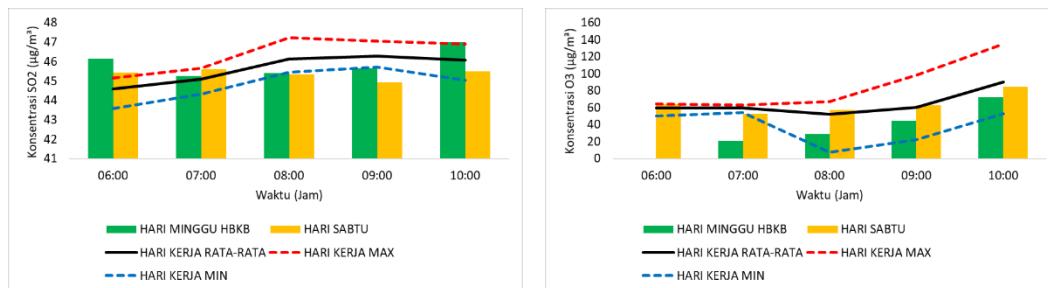
Lanjutan Lampiran 6

I. Desember

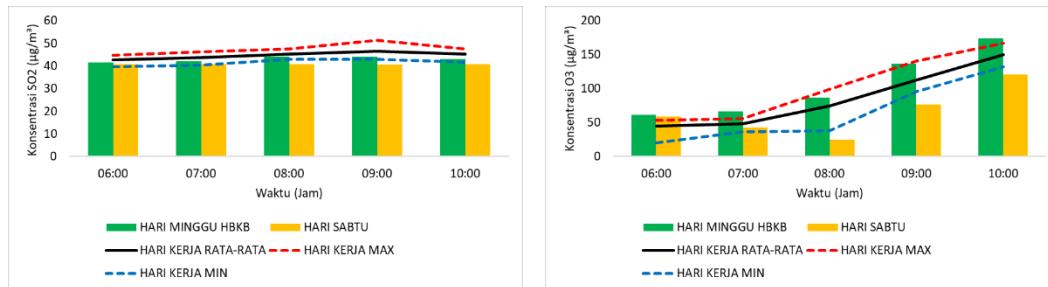
HBKB 3 Desember 2023



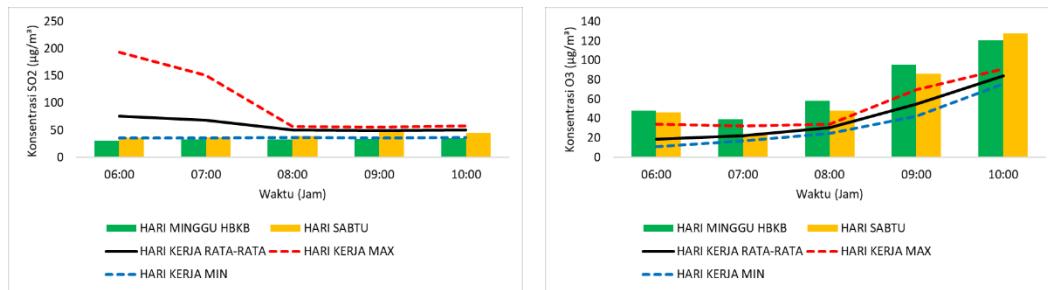
HBKB 10 Desember 2023



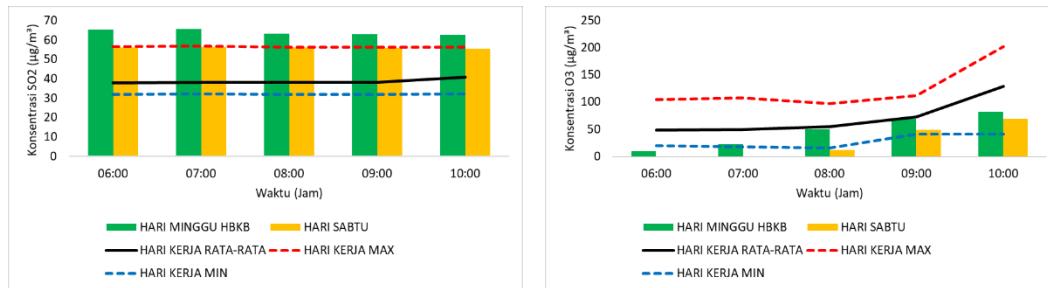
HBKB 17 Desember 2023



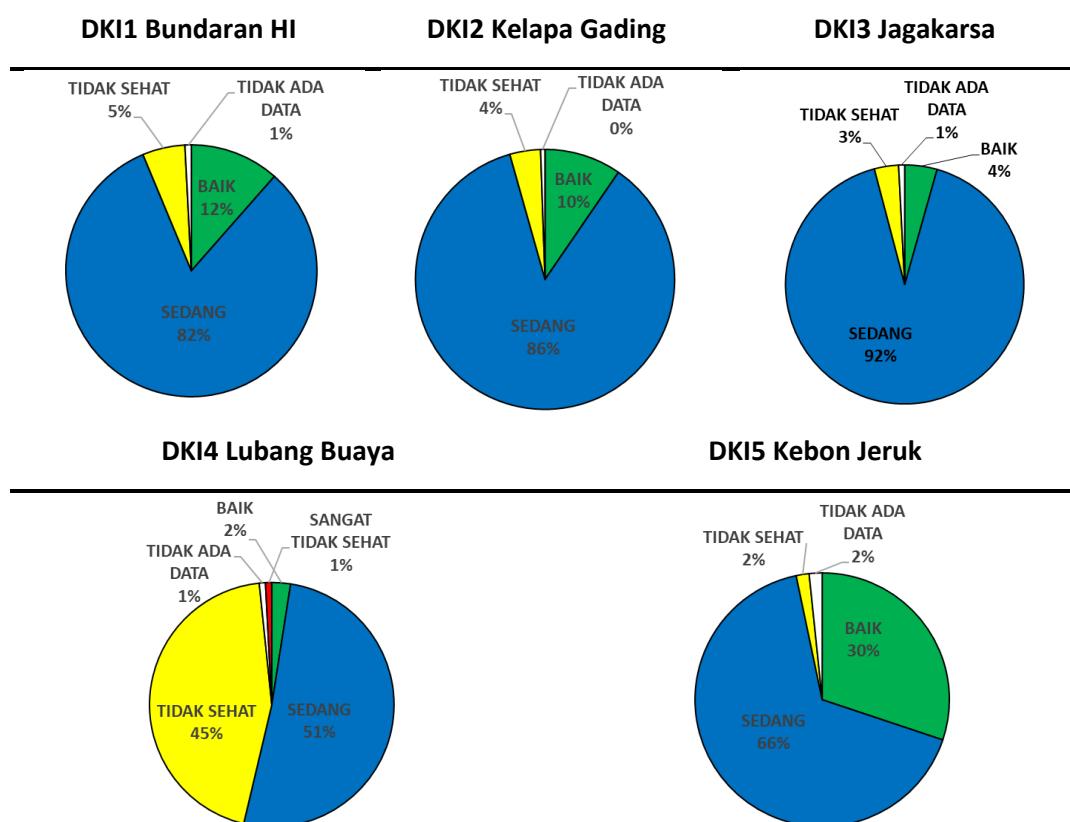
HBKB 24 Desember 2023



HBKB 31 Desember 2023

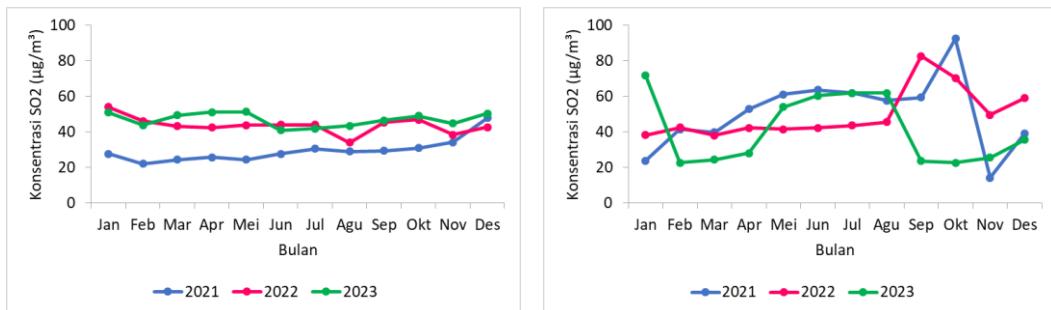


Lampiran 7 ISPU DKI Jakarta Januari-Desember Tahun 2023

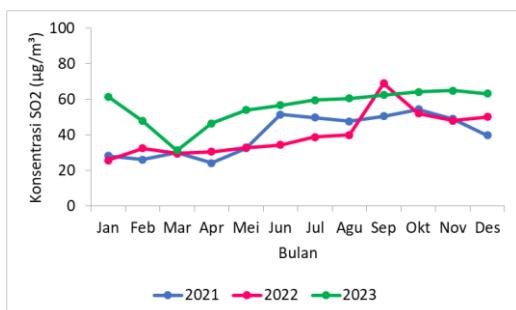


Lampiran 8 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 3 Tahun

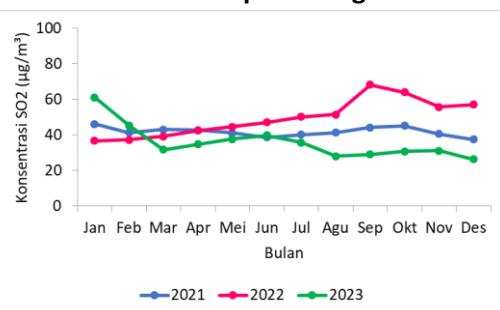
1. SO₂



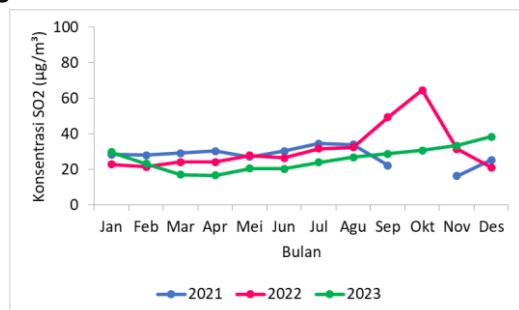
DKI1 Bundaran HI



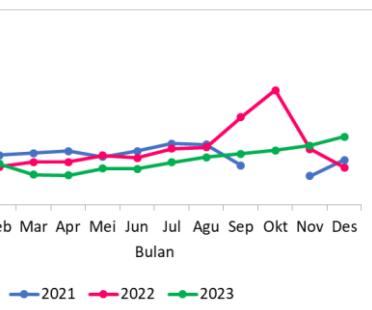
DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa

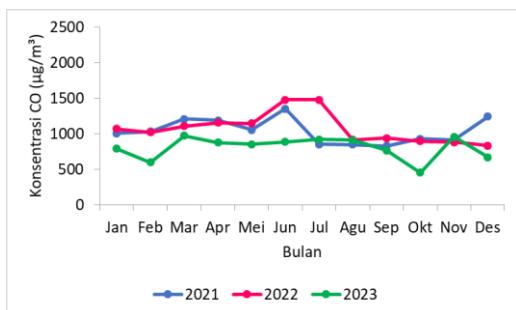


DKI4 Lubang Buaya

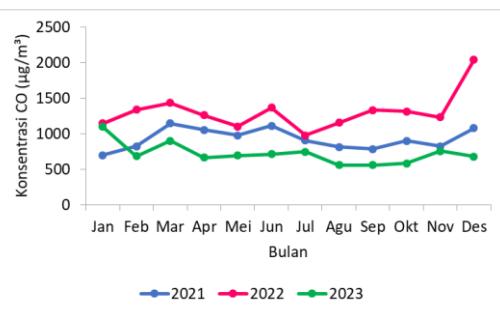


DKI5 Kebon Jeruk

2. CO

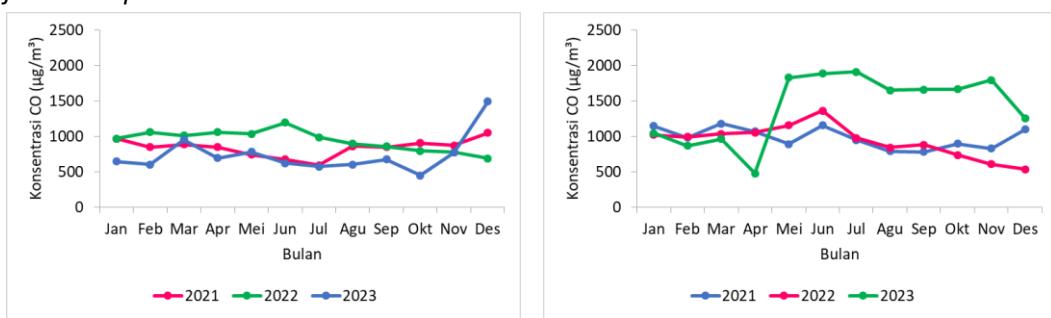


DKI1 Bundaran HI



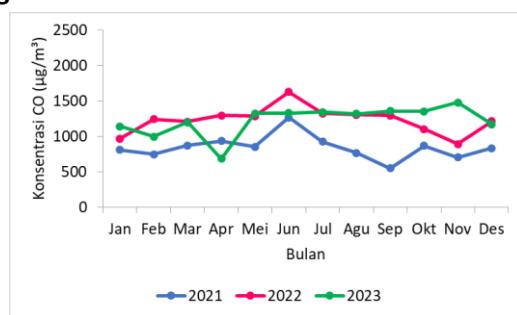
DKI2 Kelapa Gading

Lanjutan Lampiran 8



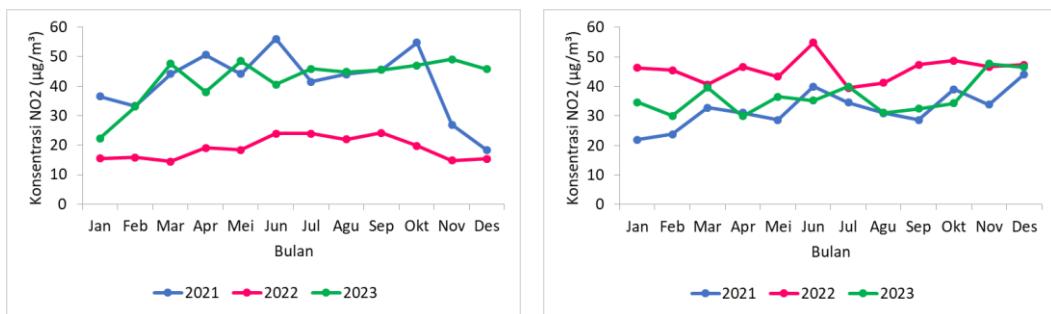
DKI3 Jagakarsa

DKI4 Lubang Buaya



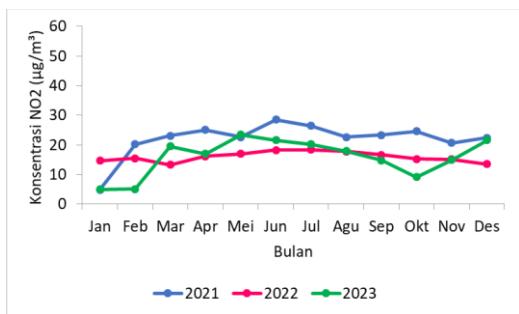
DKI5 Kebon Jeruk

3. NO_2

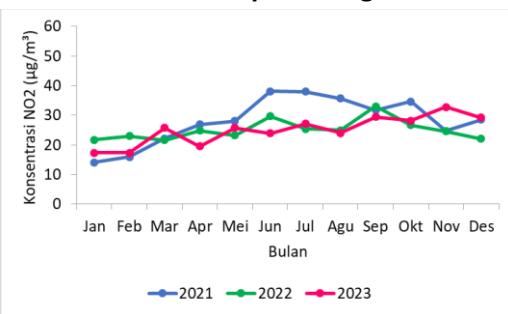


DKI1 Bundaran HI

DKI2 Kelapa Gading

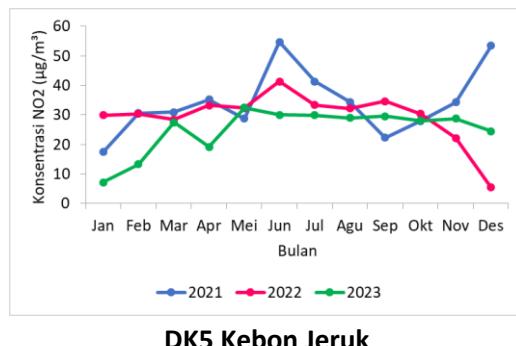


DKI3 Jagakarsa



DKI4 Lubang Buaya

Lanjutan Lampiran 8



Lampiran 9

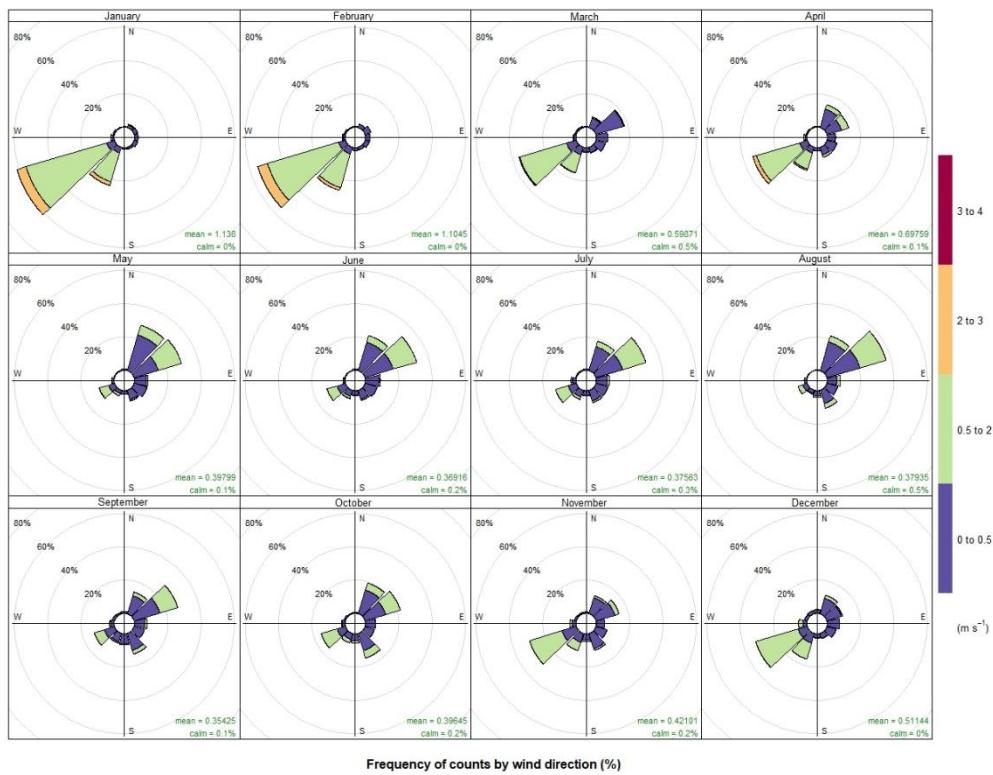
Konsentrasi polutan rata-rata saat HBKB lebih rendah dibanding saat hari kerja (negatif), lebih rendah namun tidak terlalu besar perbedaannya (negatif*)

Bulan	Minggu ke	PM10	PM2.5	SO2	CO	O3	NO	NO2	THC	NMHC
Jan	I			negatif	negatif	negatif	negatif	negatif	negatif*	negatif*
	II	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif*	negatif*
	III	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif		negatif*	negatif*
	IV			negatif	negatif		negatif	negatif		
Feb	I	negatif		negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	
	II	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	III				negatif		negatif			
	IV	negatif	negatif		negatif		negatif	negatif	negatif*	negatif*
Maret	I	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	II				negatif	negatif	negatif			
	III				negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	IV	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	V	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
April	I			negatif	negatif		negatif			
	II				negatif		negatif	negatif		
	III				negatif		negatif	negatif		
	IV				negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
Mei	I		negatif		negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	II	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif			
	III				negatif		negatif	negatif		
	IV	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif*	negatif*
Juni	I	negatif	negatif							
	II				negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	III				negatif		negatif			
	IV	negatif			negatif		negatif	negatif		
Juli	I			negatif	negatif		negatif	negatif	negatif*	negatif*
	II	negatif								
	III		negatif		negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	IV				negatif		negatif	negatif		
	V	negatif	negatif		negatif		negatif	negatif	negatif*	negatif*
Agustus	I				negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	II	negatif	negatif		negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	III				negatif		negatif	negatif		
	IV				negatif		negatif	negatif		
September	I	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif		
	II	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	III				negatif		negatif	negatif		
	IV				negatif		negatif	negatif		
Oktober	I			negatif	negatif		negatif	negatif		
	II				negatif			negatif		
	III				negatif		negatif	negatif		

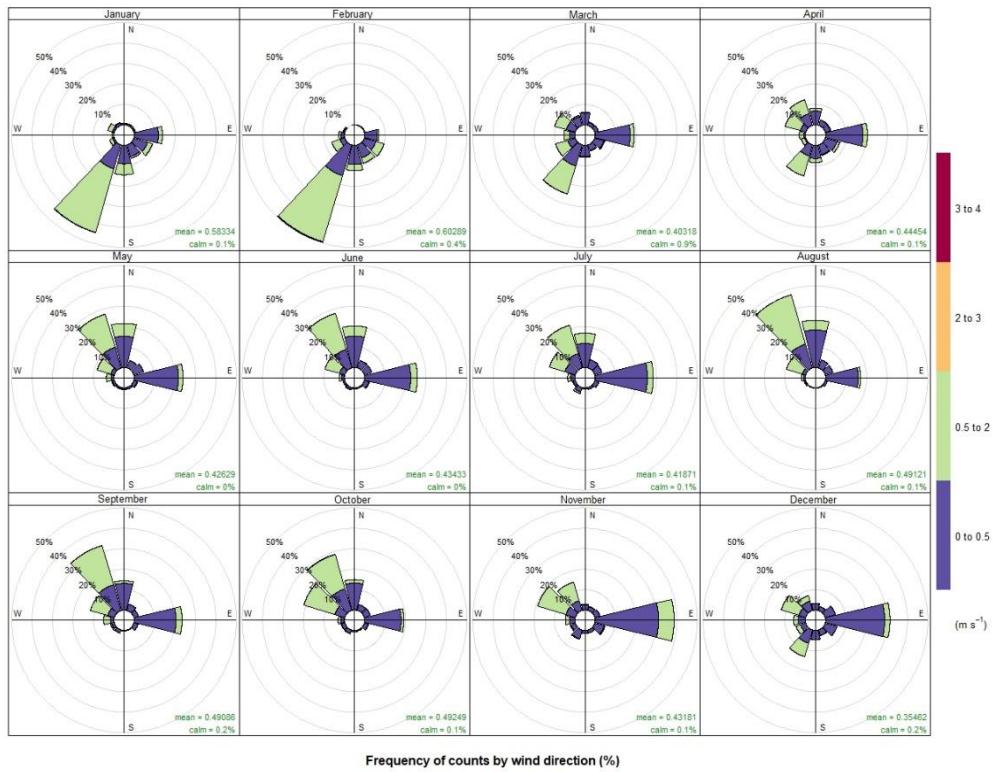
	IV						negatif	negatif		
	V						negatif	negatif	negatif	negatif
November	I	negatif	negatif				negatif			
	II	negatif	negatif	negatif			negatif	negatif	negatif	negatif
	III		negatif		negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	IV				negatif	negatif		negatif		
Desember	I	negatif	negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	II		negatif		negatif	negatif	negatif	negatif	negatif	negatif
	III		negatif	negatif	negatif		negatif	negatif	negatif	negatif
	IV			negatif	negatif		negatif	negatif		
	V				negatif	negatif	negatif		negatif	negatif
Percentase		40%	48%	48%	88%	15%	98%	85%	44%	42%

Lampiran 10 Windrose plot bulanan

DKI1 Bundaran HI

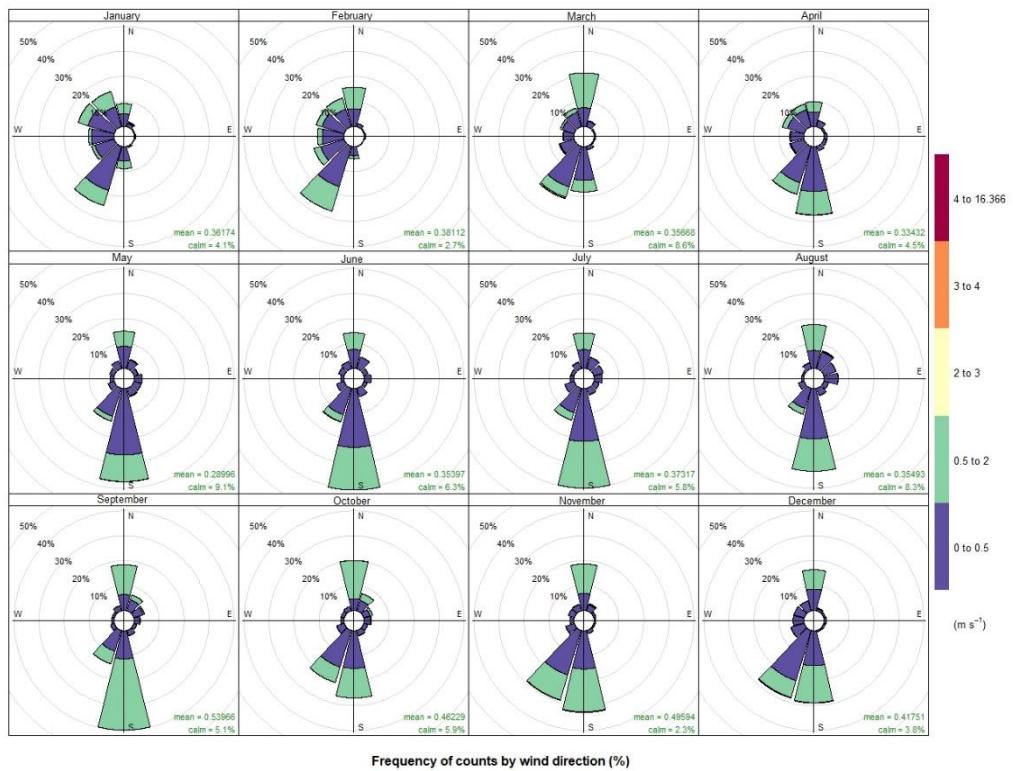


DKI2 Kelapa Gading

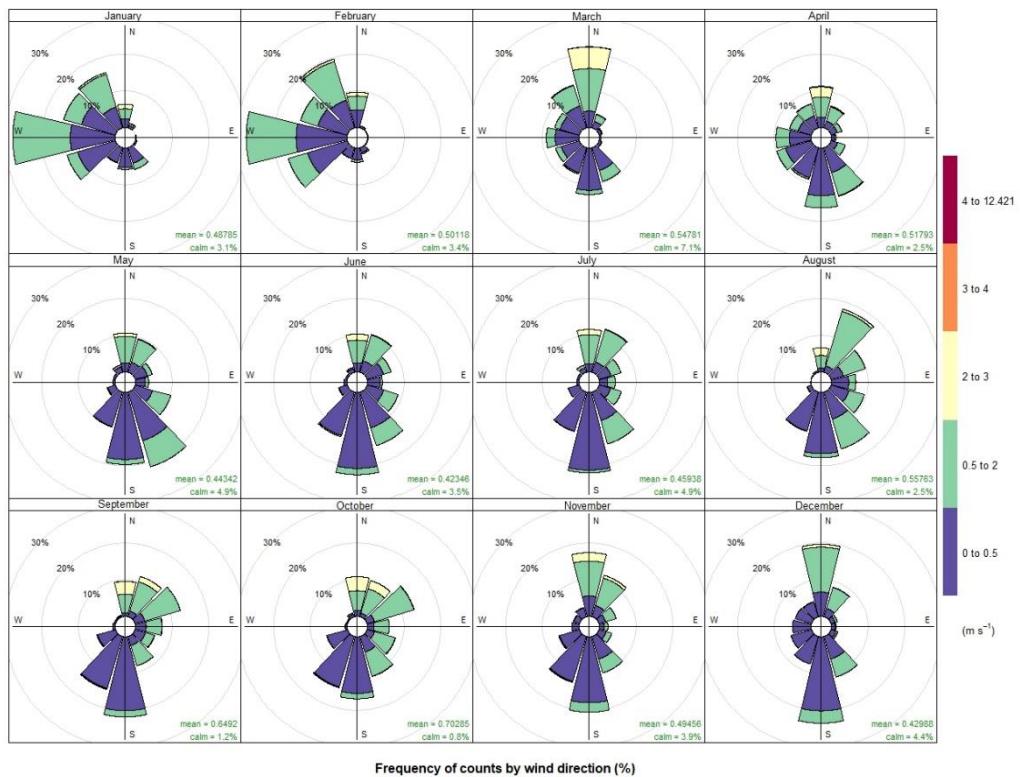


Lampiran 10 Windrose plot bulanan

DKI3 Jagakarsa

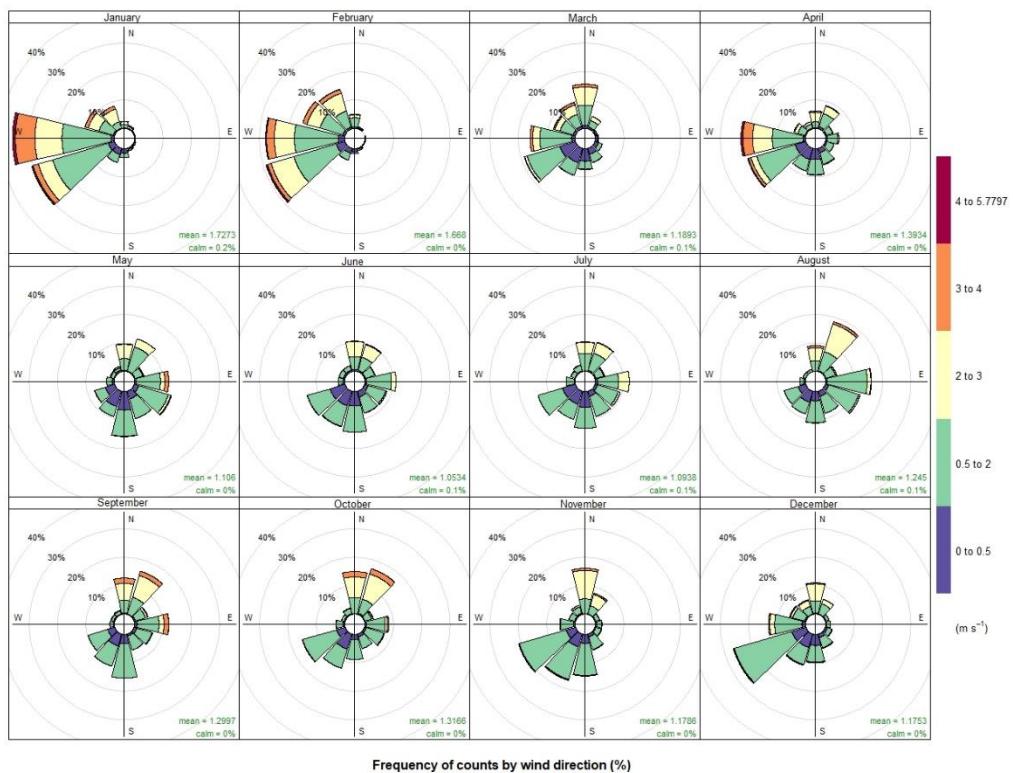


DKI4 Lubang Buaya

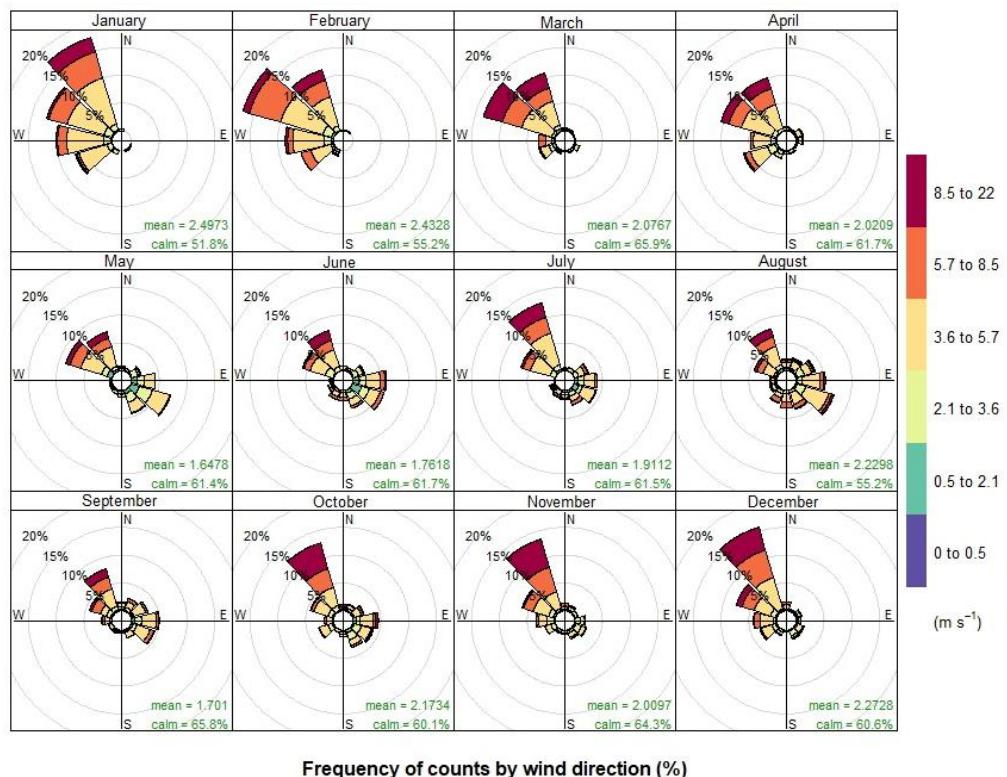


Lampiran 10 Windrose plot bulanan

DKI Kebon Jeruk



BMKG



Lampiran 11 Konsentrasi PM2.5 Yang Melebihi BMUA

