



PEMERINTAH PROVINSI
DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP



LAPORAN AKHIR

KEGIATAN PEMANTAUAN KUALITAS UDARA PROVINSI DKI JAKARTA TAHUN 2022

JENIS PEKERJAAN:

Belanja Jasa Konsultansi Penelitian
Pemantauan Kualitas Udara
Provinsi DKI Jakarta
Tahun 2022



DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IPB UNIVERSITY
2022

TIM PENYUSUN:

Ana Turyanti
Resti Salmayenti
Fithriya Yuliasih Rohmawati
Nidaa Fauziyah
Nurul Izzati Yulian

Departemen Geofisika dan Meteorologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
IPB University

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur terpanjang kepada *Allah Subhanahu wa Ta'ala*, atas karuniaNya Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta tahun 2022 dapat diselesaikan. Laporan Akhir ini disusun untuk memberi gambaran serta mengevaluasi kualitas udara DKI Jakarta selama tahun 2022.

Pemantauan kualitas udara ambien di DKI Jakarta secara kontinu telah dilakukan pada 5 Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) yaitu di Bundaran HI (DKI1), Kelapa Gading (DKI2), Jagakarsa (DKI3), Lubang Buaya (DKI4) dan Kebon Jeruk (DKI5). Hasil pemantauan tahun 2021 menunjukkan PM_{10} , $PM_{2.5}$ dan O_3 di semua SPKUA telah melampaui nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) tahunan sesuai PP No 22 Tahun 2021 Lampiran VII, sedangkan SO_2 melampaui nilai BMUA tahunan di DKI2 Kelapa Gading. Berdasar tren 3 tahun terakhir (2019 – 2021), konsentrasi rata-rata harian partikulat cenderung meningkat, sedangkan CO menurun.

Pada Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara ambien tahun 2022 ini, evaluasi kualitas udara juga dilengkapi dengan analisis kondisi meteorologi, agar dapat dipahami faktor-faktor yang memengaruhi fluktuasi pencemar udara. Selain itu, juga dilakukan evaluasi terhadap kebijakan-kebijakan terkait kualitas udara, seperti kebijakan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB), serta kebijakan pembatasan Ganjil Genap.

Hasil pemantauan kualitas udara ambien pada tahun 2022 ini menunjukkan kondisi konsentrasi rata-rata harian cenderung meningkat menjelang musim kemarau, dan menurun kembali memasuki musim hujan. Pada beberapa lokasi SPKUA terdapat sejumlah hari dengan konsentrasi melebihi nilai BMUA harian $PM_{2.5}$, PM_{10} , dan O_3 , sementara SO_2 melebihi nilai BMUA hanya di DKI4 Lubang Buaya. DKI4 Lubang Buaya memiliki hari tidak sehat tertinggi akibat konsentrasi $PM_{2.5}$, sedangkan DKI2 Kelapa Gading memiliki konsentrasi Ozon tertinggi. Hal ini memerlukan perhatian semua pihak dalam pengelolaan kualitas udara. Namun demikian, untuk parameter CO dan NO_2 tidak ada yang melebihi nilai BMUA yang berlaku.

Semoga Laporan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta tahun 2022 ini menjadi informasi yang bermanfaat bagi kita semua. Terimakasih, salam sehat.

Jakarta, Desember 2022
Kepala Dinas Lingkungan Hidup
Provinsi DKI Jakarta

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

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Tujuan.....	2
METODOLOGI.....	3
1. Identifikasi Lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien (SPKUA)	3
2. Analisis Kualitas Udara dan Faktor Meteorologi.....	3
3. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	4
4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara ..	4
5. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 4 Tahun Terakhir (2019 – 2022).....	6
6. Analisis Status Mutu Udara Ambien tahun 2022	6
7. Analisis pola sebaran konsentrasi pencemar berdasarkan modelling	6
8. Analisis prediksi sebaran pencemar dari industri / pembangkit listrik.....	7
9. Analisis Lokasi untuk Penempatan Pemantauan Kualitas Udara menggunakan Low-Cost Sensor (LCS) maupun Mobile Station	7
HASIL EVALUASI	8
1 Gambaran Umum Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA)	9
1.1. SPKUA DKI1 Bundaran HI.....	10
1.2. SPKUA DKI2 Kelapa Gading	12
1.3. SPKUA DKI3 Jagakarsa	15
1.4. SPKUA DKI4 Lubang Buaya.....	16
1.5. SPKUA DKI5 Kebon Jeruk.....	18
1.6. Stasiun Pemantau Kualitas Udara Non-DLH (KLHK, BMKG, Kedutaan Besar Amerika Serikat).....	19
2 Analisis Kualitas Udara dan Meteorologi	23

2.1. Analisis Parameter Pencemar Udara dan Perbandingan dengan nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA).....	23
2.2. Perbandingan Fluktuasi Konsentrasi Diurnal Pencemar Udara Per Pekan	98
2.3. Analisis Kondisi Meteorologi	101
2.4. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara	111
3 Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	123
3.1. ISPU SPKUA DKI1 Bundaran HI	124
3.2. ISPU SPKUA DKI2 Kelapa Gading.....	124
3.3. ISPU SPKUA DKI3 Jagakarsa	125
3.4. ISPU SPKUA DKI4 Lubang Buaya	126
3.5. ISPU SPKUA DKI5 Kebon Jeruk	127
4 Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara ..	128
5 Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara	149
4 Tahun Terakhir (2019 – 2022).....	149
5.1. PM ₁₀	149
5.2. PM _{2.5}	151
5.3. Ozon (O ₃)	153
6 Analisis Status Mutu Udara Ambien Tahun 2022	155
7 Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Pencemaran Berdasarkan <i>Modelling</i>	161
7.1 Luaran Model Sebaran Pencemar Udara Musim Hujan (Februari 2022)	161
7.2 Luaran Model Sebaran Pencemar Udara Musim Kemarau (Juni 2022)	162
8 Analisis Sebaran Pencemar Udara dari Sumber Tidak Bergerak (Industri)	164
9 Penentuan Lokasi Pemantauan Kualitas Udara Kontinu menggunakan Alat Low-Cost Sensor	165
SIMPULAN	167
DAFTAR PUSTAKA	170
LAMPIRAN	174

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi pelaksanaan kebijakan pembatasan kendaraan berplat nomor ganjil genap pada 25 ruas jalan.....	5
Gambar 2 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta	10
Gambar 3 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat (Sumber: Googlemap 2021).....	11
Gambar 4 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI (Pohon tinggi di sebelah Timur dan Timur Laut) (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, Juni 2022)	11
Gambar 5 Posisi stasiun pemantau kualitas udara <i>roadside</i> menurut SNI 19-7119.9-2005	12
Gambar 6 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021).....	12
Gambar 7 Kondisi vegetasi di sekitar alat pemantau di SPKUA DKI2 Kelapa Gading lingkaran merah sensor meteorologi, lingkaran kuning posisi sensor pencemar udara (<i>inlet</i>) (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, Juni 2022)	13
Gambar 8 Posisi ketinggian sensor alat pemantau terhadap pohon atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005	13
Gambar 9 Posisi jarak alat pemantau terhadap bangunan atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005	14
Gambar 10 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading terhadap aktivitas lainnya (industri) di wilayah Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021)	14
Gambar 11 Kondisi SPKUA DKI3 (Jagakarsa Jakarta Selatan)	15
Gambar 12 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 Jagakarsa	16
Gambar 13 Kondisi SPKUA DKI4 (Lubang Buaya Jakarta Timur)	16
Gambar 14 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya (a) kondisi vegetasi, (b) aktivitas bakar sampah masyarakat di luar pagar (c) aktivitas konstruksi dekat SPKUA (Dokumentasi Tim DLH, 2022)	17
Gambar 15 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat (Sumber: Googlemap 2021).....	18
Gambar 16 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat. Lapangan olahraga di sebelah kanan SPKUA dalam foto ini (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, Juni 2022)	19
Gambar 17 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah	20
Gambar 18 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK	20
Gambar 19 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran	21
Gambar 20 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran	21
Gambar 21 Posisi titik pantau kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat... ..	22

Gambar 22 Posisi titik pantau kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan	22
Gambar 23 Kisaran konsentrasi PM _{2.5} harian antar lokasi pemantauan tahun 2022	25
Gambar 24 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} per 30 menit tahun 2022.....	26
Gambar 25 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} di GBK tahun 2022	29
Gambar 26 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} di Stasiun BMKG dan US Embassy tahun 2022	31
Gambar 27 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2.5} tahun 2022.....	34
Gambar 28 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM _{2.5} di Stasiun GBK, BMKG, dan US Embassy.....	35
Gambar 29 Fluktuasi konsentrasi PM _{2.5} rata-rata harian tahun 2022	37
Gambar 30 Fluktuasi harian konsentrasi PM _{2.5} Stasiun GBK, BMKG dan US Embassy tahun 2022.....	39
Gambar 31 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)....	40
Gambar 32 Konsentrasi rata-rata harian PM _{2.5} per bulan tahun 2022 pada tiap SPKUA	41
Gambar 33 Kisaran nilai konsentrasi PM ₁₀ harian antar lokasi pemantauan tahun 2022	41
Gambar 34 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ per 30 menit tahun 2022	42
Gambar 35 Fluktuasi harian konsentrasi PM ₁₀ di Stasiun GBK bulan tahun 2022 ...	45
Gambar 36 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ per 30 menit tahun 2022	47
Gambar 37 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM ₁₀ di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022	48
Gambar 38 Fluktuasi konsentrasi PM ₁₀ rata-rata harian tahun 2022	50
Gambar 39 Fluktuasi harian konsentrasi PM ₁₀ di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022	51
Gambar 40 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM ₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 75 µg/m ³)....	53
Gambar 41 Konsentrasi rata-rata harian PM ₁₀ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKUA	53
Gambar 42 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2022	54
Gambar 43 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2022	55
Gambar 44 Fluktuasi konsentrasi CO tahun 2022 di GBK.....	58
Gambar 45 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2022	60
Gambar 46 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2022 di stasiun pemantau GBK	61
Gambar 47 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian tahun 2022.....	62
Gambar 48 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK	63
Gambar 49 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU	64
Gambar 50 Kisaran konsentrasi SO ₂ harian antar lokasi pemantau tahun 2022.....	64
Gambar 51 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ per 30 menit tahun 2022	65

Gambar 52 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO ₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK	68
Gambar 53 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO ₂ tahun 2022	70
Gambar 54 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO ₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK	71
Gambar 55 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ rata-rata harian tahun 2022	72
Gambar 56 Fluktuasi konsentrasi SO ₂ rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK.....	73
Gambar 57 Konsentrasi rata-rata harian SO ₂ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU	74
Gambar 58 Kisaran konsentrasi NO ₂ harian antar lokasi pemantau tahun 2022	75
Gambar 59 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ per 30 menit di DKI1 – DKI5 tahun 2022	75
Gambar 60 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ per 30 menit di GBK tahun 2022	76
Gambar 61 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO ₂ tahun 2022.....	78
Gambar 62 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO ₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK	80
Gambar 63 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ rata-rata harian di DKI1 – DKI5 tahun 2022	80
Gambar 64 Fluktuasi konsentrasi NO ₂ rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK.....	82
Gambar 65 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi NO ₂ rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 65 µg/m ³)....	82
Gambar 66 Konsentrasi rata-rata harian NO ₂ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU	83
Gambar 67 Kisaran konsentrasi O ₃ harian antar lokasi pemantau tahun 2022	84
Gambar 68 Fluktuasi konsentrasi O ₃ per 30 menit tahun 2022.....	84
Gambar 69 Fluktuasi diurnal konsentrasi O ₃ tahun 2022.....	88
Gambar 70 Fluktuasi konsentrasi O ₃ rata-rata harian tahun 2022	90
Gambar 71 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O ₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 100 µg/m ³)	91
Gambar 72 Konsentrasi rata-rata harian O ₃ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU	92
Gambar 73 Perbandingan konsentrasi O ₃ di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa tahun 2019 – 2022	92
Gambar 74 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO ₂ , NOx, dan O ₃ selama tahun 2022	93
Gambar 75 Konsentrasi NMHC per 30 Menit tahun 2022	94
Gambar 76 Konsentrasi diurnal NMHC tahun 2022	95
Gambar 77 Konsentrasi harian NMHC tahun 2022	97
Gambar 78 Konsentrasi bulan Januari – Desember per pekan pada 5 stasiun.....	99
Gambar 79 Fluktuasi diurnal rata-rata volume kendaraan per pekan di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat.....	101
Gambar 80 Fluktuasi radiasi global rata-rata harian tahun 2022.....	102
Gambar 81 Fluktuasi radiasi global diurnal tahun 2022.....	103
Gambar 82 Fluktuasi suhu rata-rata harian tahun 2022	104
Gambar 83 Fluktuasi suhu diurnal tahun 2022.....	104
Gambar 84 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2022	106

Gambar 85 Fluktuasi kelembapan diurnal tahun 2022.....	106
Gambar 86 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2022.....	108
Gambar 87 Fluktuasi kecepatan angin diurnal tahun 2022	108
Gambar 88 Sebaran arah angin menggunakan Windrose plot 2022.....	110
Gambar 89 Fluktuasi curah hujan harian bulan Oktober tahun 2022	111
Gambar 90 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2022	111
Gambar 91 <i>Polar Plot</i> partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta.....	116
Gambar 92 <i>Polar Plot</i> SO ₂ di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta.....	117
Gambar 93 Polar Plot CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta.....	118
Gambar 94 Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta.....	119
Gambar 95 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar (a) musim hujan (Januari) di SPKUA DKI1 Bundaran HI, (b) musim kemarau di SPKUA DKI 4 Lubang Buaya (c) musim kemarau (Juni) di 5 SPKUA.....	121
Gambar 96 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI1.....	124
Gambar 97 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI2.....	125
Gambar 98 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI3.....	125
Gambar 99 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI4.....	126
Gambar 100 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI5	127
Gambar 101 Kualitas udara pada saat HBKB tanggal 22 Mei 2022 dibandingkan dengan hari lain.....	128
Gambar 102 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB.....	129
Gambar 103 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Bundaran HI tanggal 29 Mei 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Mei	130
Gambar 104 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 19 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni	130
Gambar 105 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 17 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli.....	131
Gambar 106 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 21 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus	131
Gambar 107 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 18 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September.....	132
Gambar 108 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 16 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober	132
Gambar 109 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 18 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember.....	133
Gambar 110 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 5 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni	134
Gambar 111 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 3 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli	134

Gambar 112 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 7 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus.....	135
Gambar 113 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 4 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September.....	135
Gambar 114 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 12 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni	136
Gambar 115 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 10 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli.....	136
Gambar 116 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 14 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus	137
Gambar 117 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September.....	137
Gambar 118 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 9 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember.....	138
Gambar 119 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember.....	138
Gambar 120 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 19 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni	139
Gambar 121 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 17 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli.....	140
Gambar 122 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 21 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus	140
Gambar 123 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 18 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September.....	141
Gambar 124 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 16 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober	141
Gambar 125 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 18 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember.....	142
Gambar 126 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 26 Juni 2022	142
Gambar 127 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 24 Juli 2022	143
Gambar 128 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 28 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus.....	143

Gambar 129 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 25 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September.....	144
Gambar 130 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 23 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober.....	144
Gambar 131 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 27 November 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan November.....	145
Gambar 132 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan Gage dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022	146
Gambar 133 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan ganjil genap (gage) dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022.....	146
Gambar 134 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan ganjil genap (gage) dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022.....	147
Gambar 135 Jumlah kendaraan peserta kegiatan Uji Emisi tahun 2005 –2022	148
Gambar 136 Perbandingan konsentrasi PM ₁₀ bulanan dan antar tahun.....	149
Gambar 137 Perbandingan konsentrasi PM ₁₀ harian antar tahun.....	150
Gambar 138 Perbandingan konsentrasi PM _{2.5} bulanan dan antar tahun	151
Gambar 139 Perbandingan tren konsentrasi PM _{2.5} harian antar tahun	152
Gambar 140 Perbandingan konsentrasi O ₃ bulanan dan antar tahun	153
Gambar 141 Tren konsentrasi O ₃ harian antar tahun.....	154
Gambar 142 Peta dispersi PM ₁₀ rata-rata per jam musim hujan tahun 2022 (a) pukul 07.00 WIB (b) pukul 12.00 WIB (c) pukul 18.00 WIB (d) pukul 22.00 WIB	162
Gambar 143 Pola angin rata-rata bulan Juni 2022	163
Gambar 144 Model sebaran pencemar dari industri	164

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) DKI Jakarta.....	9
Tabel 2 Data konsentrasi rata-rata harian pencemar udara tahun 2022	23
Tabel 3 Rata-rata volume kendaraan harian di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat	101
Tabel 4 Korelasi antara Ozon dengan suhu, radiasi dan kelembapan udara (RH)	112
Tabel 5 Korelasi antara partikulat dan SO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH	113
Tabel 6 Korelasi antara CO dengan radiasi, suhu, dan RH	113
Tabel 7 Korelasi antara NO ₂ dengan radiasi, suhu, dan RH	114
Tabel 8 Korelasi konsentrasi pencemar udara dengan kecepatan angin	114
Tabel 9 Rentang Kategori ISPU berdasar PermenLHK No 14 Tahun 2020	123
Tabel 10 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2022....	155
Tabel 11 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tahun 2022	156
Tabel 12 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) tahun 2022	157
Tabel 13 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) tahun 2022	157
Tabel 14 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) tahun 2022	158
Tabel 15 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tahun 2022	158
Tabel 16 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2022.....	159
Tabel 17 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta tahun 2022	160

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Daerah dan Nasional	175
Lampiran 2 Windrose bulanan siang dan malam	176
Lampiran 3 Curah Hujan Harian per Bulan antar SPKUA.....	179
Lampiran 4 Korelasi bulanan parameter pencemar dan meteorologi	182
Lampiran 5 Grafik Konsentrasi Pencemar dengan Curah Hujan Harian.....	190
Lampiran 6 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 4 Tahun.....	202
Lampiran 7 Kualitas Udara Ambien pada Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB).....	207
Lampiran 8 ISPU DKI Jakarta Tahun 2022	214

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pencemaran udara di perkotaan sudah tidak dapat dihindarkan, sebagai akibat dari berbagai aktivitas masyarakat baik 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. Kota Jakarta pada tahun 2022 sudah termasuk *megacities*, dengan jumlah penduduk melebihi 10 juta jiwa (BPS 2021), sehingga berbagai permasalahan lingkungan termasuk pencemaran udara sudah memerlukan perhatian dan penanganan yang tepat.

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan sangat luar biasa, baik jangka pendek maupun jangka panjang. 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)

Provinsi DKI Jakarta telah melakukan pemantauan kualitas udara ambien secara kontinu pada 5 titik Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA), yang berada di lokasi Bundaran HI (DKI1), Kelapa Gading (DKI2), Jagakarsa (DKI3), Lubang Buaya (DKI4), dan Kebon Jeruk (DKI5). Berdasar Laporan Pemantauan Kualitas Udara Tahun 2021 (DLH DKI Jakarta 2021), parameter partikulat (PM10 dan PM_{2.5}) dan Ozon (O₃) merupakan pencemar yang terpantau melebihi nilai BMUA tahunan. Tren konsentrasi pencemar rata-rata harian menunjukkan konsentrasi rata-rata tahunan PM_{2.5} di DKI1, DKI2 dan DKI3 mengalami penurunan pada tahun 2020, dan meningkat kembali di tahun 2021. 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 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), BMKG dan juga Kedutaan Besar Amerika Serikat di Jakarta. Pada Laporan kegiatan ini ditambahkan analisis kualitas udara hasil pemantauan oleh ketiga lembaga tersebut.

Kondisi pandemi turut memengaruhi fluktuasi konsentrasi pencemar di udara ambien, terutama berkaitan dengan aktivitas transportasi yang dibatasi pada masa penerapan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB), yang berlanjut dengan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) dengan berbagai level. Sebagai contoh, di Bundaran HI tercatat penurunan konsentrasi PM_{2.5} pada tahun 2020 dibanding 2019 hingga 51% pada bulan Mei dan CO menurun hingga 77% pada bulan April. Bundaran HI merupakan area dekat perkantoran, sehingga

pembatasan aktivitas selama pandemi sangat memengaruhi kepadatan lalu lintasnya, sehingga menyebabkan penurunan emisi pencemar udara yang bersumber dari transportasi. Namun demikian pada tahun 2021 dan 2022, aktivitas kembali meningkat termasuk kendaraan bermotor, dan tercermin dari konsentrasi PM_{2.5} maupun CO yang meningkat kembali, walaupun tidak setinggi tahun 2019.

Sumber emisi lain yang turut berkontribusi terhadap kualitas udara Kota Jakarta adalah aktivitas industri yang berada di sekitar Kota Jakarta, baik dalam wilayah kota maupun di luar wilayah Kota Jakarta. 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 untuk evaluasi secara saintifik. Selain itu faktor musim juga memengaruhi kondisi kualitas udara ambien, karena pada musim kemarau ketika udara lebih kering kandungan partikulat di udara cenderung meningkat. 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 untuk kendaraan yang masuk ke Kota Jakarta, program *Car Free Day* (CFD) atau Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB), program *Low Emission Zone*, serta program Uji Emisi kendaraan bermotor. Pemantauan kualitas udara pada Zona Rendah Emisi belum dilanjutkan kembali, dan kegiatan CFD baru dimulai kembali pada akhir bulan Mei setelah sempat dihentikan selama pandemi.

2. Tujuan

Laporan evaluasi kualitas udara tahun 2022 ini bertujuan untuk memaparkan dan mengevaluasi kondisi kualitas udara DKI Jakarta hasil pemantauan kualitas udara selama tahun 2022, serta faktor-faktor yang berpotensi memengaruhinya.

METODOLOGI

Secara umum tahapan dalam analisis dan evaluasi kualitas udara ambien tahun 2022 ini terdiri dari identifikasi kondisi lokasi SPKUA, analisis data kualitas udara dan kondisi meteorologi, analisis ISPU, analisis kualitas udara pada beberapa lokasi khusus terkait kebijakan pemerintah, dan analisis tren data kualitas udara ambien 4 tahun terakhir. Selain itu disampaikan juga hasil pemodelan dispersi pencemar udara. Kegiatan tambahan pada evaluasi kualitas udara ambien tahun 2022 ini adalah analisis awal terkait potensi lokasi untuk penempatan alat pemantau *low-cost sensor* (LCS).

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. Selain itu tanaman juga dapat menjadi salah satu sumber senyawa yang mudah menguap atau dikenal sebagai *Volatile Organic Compounds* (VOCs), sebagaimana menurut literatur pembentukan O₃ akan dipengaruhi oleh emisi VOC oleh tanaman atau yang disebut sebagai BVOCs (Sadiq *et al.* 2017, Fitzky *et al.* 2019). 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), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) serta Kedutaan Besar Amerika Serikat di Jakarta (US Embassy). Pada laporan ini ditambahkan analisa dari ketiga lokasi tersebut.

2. Analisis Kualitas Udara dan Faktor Meteorologi

Konsentrasi parameter pencemar udara yang terdiri dari partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀), karbonmonioksida (CO), Nitrogen Oksida (NO, NO₂ dan NOx), Sulfurioksida (SO₂), serta ozon (O₃) 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 (CH₄, 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 Keputusan Gubernur Nomor 551 Tahun 2001 dan nilai baku mutu udara ambien nasional Peraturan Pemerintah No 22 tahun 2021 Lampiran VII. Kedua peraturan tersebut dilampirkan pada Lampiran 1 dalam dokumen ini.

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. 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 dilakukan menggunakan WRPLOT, sedangkan analisis gabungan kualitas udara dan meteorologi khususnya angin dilakukan menggunakan *RStudio* yaitu *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.

4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara

4.1. Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan HBKB

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. Namun demikian pada tahun 2022 ini kegiatan HBKB baru dimulai pada bulan Mei 2022, pasca dihentikan sementara saat pandemi Covid19. 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 diukur menggunakan *mobile station* selama sekitar 14 hari, seminggu sebelum HBKB dan seminggu setelahnya. 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. Pada beberapa wilayah, kualitas udara saat HBKB diukur menggunakan alat manual aktif, karena tidak bisa setiap waktu dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat otomatis (*mobile stations*).

4.2. Analisis Kualitas Udara di Sekitar Lokasi Penerapan Pembatasan Kendaraan Bermotor Plat Ganjil Dan Genap

Sejak mulai pandemi Covid-19, kebijakan ganjil-genap tidak dilaksanakan dan beralih kapada kebijakan Pembatasan Sosial Skala Besar (PSBB). Namun, pada bulan Oktober 2021, kebijakan ganjil-genap diterapkan kembali tepatnya pada tanggal 25 Oktober 2021 dilaksanakan pada 13 titik. Pada tanggal 26 Mei lokasi penerapan pembatasan kendaraan ganjil-genap (Gage), ditambah menjadi 25 titik lokasi yang tersebar di DKI Jakarta, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Waktu penerapan gage tersebut adalah pada pukul 06.00 – 10.00 WIB dan pukul 16.00 – 21.00 WIB, bersamaan dengan keberangkatan dan kepulangan masyarakat yang bekerja.



Gambar 1 Lokasi pelaksanaan kebijakan pembatasan kendaraan berplat nomor ganjil genap pada 25 ruas jalan

Diharapkan kegiatan ganjil-genap di ruas-ruas jalan tersebut dapat mengurangi kepadatan lalu lintas yang dapat berdampak terhadap emisi pencemar udara dan kualitas udara di sekitarnya. Dampak penerapan ganjil genap terhadap kualitas udara ambien dianalisis dengan membandingkan data konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan ganjil-genap (1 – 24 Oktober 2021) dan setelahnya,

menggunakan data dari SPKUA yang terdekat dengan lokasi penerapan ganjil-genap yaitu SPKUA DKI 1 Bundaran HI dan DKI 2 Kelapa Gading. Hal ini dilakukan karena belum ada data pengukuran langsung di lokasi gage.

4.3. Analisis Kualitas Udara di Zona Rendah Emisi

Kebijakan penataan Kawasan Kota Tua memberlakukan adanya kawasan rendah emisi atau *Low Emission Zone*, yaitu dengan membatasi kendaraan yang melalui kawasan Kota Tua, dan dialihkan ke lokasi lain. Kebijakan tersebut masih berjalan hingga saat ini, dan kemudian lokasi LEZ ditambah yaitu di sekitar Kawasan Tebet Ecopark, namun belum ada pengukuran kualitas udara pada periode tahun 2022 ini. Pada lokasi LEZ Kota Tua diukur kualitas udaranya dan dianalisis fluktuasi konsentrasi pencemar pada 2 hari sebelum penerapan LEZ yaitu tanggal 6 – 7 Februari 2021 dan 2 hari saat LEZ sudah diberlakukan (8 – 9 Februari 2021). Pemantauan kualitas udara ambien di lokasi LEZ sangat terbatas.

4.4. Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Uji Emisi

Penerapan kebijakan Uji Emisi mulai dilaksanakan pada tahun 2021 ini, walaupun kegiatan uji emisi kendaraan bermotor telah dilakukan sejak tahun 2005. Pada subbab ini analisis dilakukan dengan plot data jumlah kendaraan yang mengikuti uji emisi. Analisis pendugaan penurunan konsentrasi pencemar udara berdasar pendekatan rasio kelulusan uji emisi belum memadai untuk dilakukan karena keterbatasan data.

5. Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 4 Tahun Terakhir (2019 – 2022)

Kondisi kualitas udara selama tahun 2019 – 2022 dianalisis trennya. Fluktuasi konsentrasi per 30 menit, per jam dan rata-rata harian serta rata-rata tahunan dianalisis, dan dibandingkan antar tahun, pada bulan yang sama.

6. Analisis Status Mutu Udara Ambien tahun 2022

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 2020.

7. Analisis pola sebaran konsentrasi pencemar berdasarkan modelling

Pemodelan dispersi dilakukan menggunakan model *Weather Research Forecasting – Chemistry* (WRF/Chem), dengan tujuan untuk melihat pola penyebaran berdasar kondisi meteorologi setempat. Model ini merupakan model prediksi cuaca numerik yang dipasangkan dengan model kimia, memperhitungkan proses kimia dan fisika atmosfer yang saling memengaruhi, sehingga pendugaan kondisi meteorologi sudah melibatkan pengaruh komponen atmosfer seperti aerosol (Grell *et al.* 2005; Tucella *et al.* 2012). Melalui model ini dapat dianalisis lokasi-lokasi yang berpotensi mendapat paparan pencemar dengan konsentrasi maksimum serta pola angin yang memengaruhinya. Selain itu, berdasar pola angin dapat dilihat juga potensi lokasi sumber-sumber emisi yang memengaruhi kualitas udara di DKI Jakarta.

8. Analisis prediksi sebaran pencemar dari industri / pembangkit listrik

Sehubungan dengan adanya aktivitas industri di sekitar wilayah DKI Jakarta, maka dilakukan analisis prediksi sebaran pencemar dari industri tersebut. Metode yang digunakan adalah pemodelan serta pengukuran di lapangan. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak *AermodView*.

9. Analisis Lokasi untuk Penempatan Pemantauan Kualitas Udara menggunakan Low-Cost Sensor (LCS) maupun Mobile Station

Sehubungan dengan upaya evaluasi kualitas udara yang lebih menyeluruh dan representatif, maka perlu adanya penambahan jaringan pemantauan kualitas udara. Penambahan SPKUA belum dapat dilaksanakan, namun pada tahun 2022 ini ada penambahan alat pemantau kualitas udara menggunakan alat *Low-Cost Sensor* (LCS). Oleh karena itu dilakukan analisis lokasi yang representatif untuk penempatan LCS. Harapan dari penempatan alat pemantau tambahan, analisis kondisi kualitas udara di Kota Jakarta lebih representatif menggambarkan kualitas udara di DKI Jakarta. Metode yang digunakan salah satunya menggunakan bantuan pemodelan dispersi pencemar udara yaitu *WRFChem*, untuk mendapat gambaran lokasi-lokasi yang berpotensi sering terpapar pencemar udara dengan konsentrasi maksimum. Selain itu penentuan lokasi juga mempertimbangkan kondisi lapangan berupa sumber emisi, kepadatan penduduk, kepadatan transportasi, serta lokasi-lokasi penting lainnya.

HASIL EVALUASI

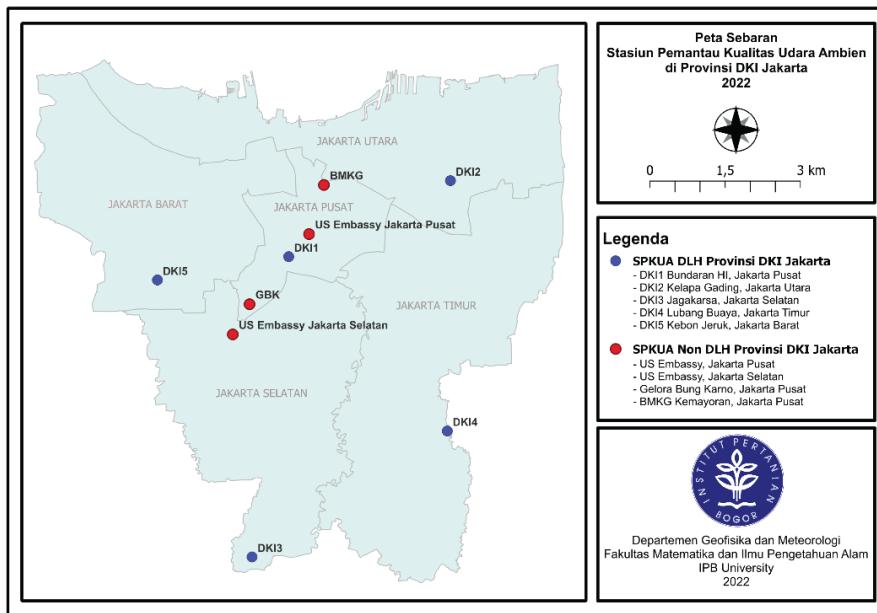
1

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 tambahan stasiun pemantau yang tetap (*fix monitoring*) yaitu di Gelora Bung Karno (GBK) dibawah kewenangan KLHK, 2 titik dibawah kewenangan Kedutaan Besar Amerika Serikat yaitu di Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan, dan di Kemayoran yaitu milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Kesembilan Stasiun Pemantau kualitas udara ambien tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Peta posisi masing-masing SPKUA di wilayah DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 2 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

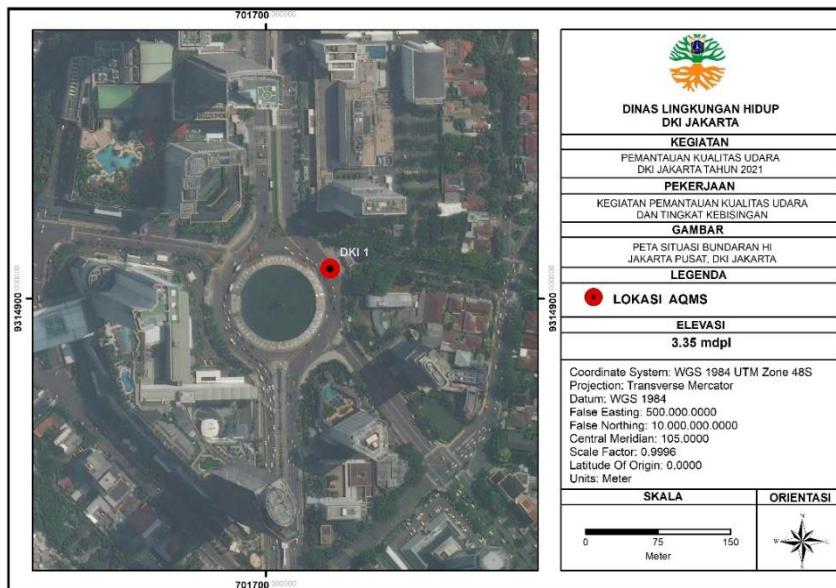


Gambar 2 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di wilayah Provinsi DKI Jakarta

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, 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 3). 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 lansekap berupa jalan aspal dan bangunan tinggi berdinding kaca lebih mendominasi, sehingga dapat memengaruhi kondisi suhu udara di sekitar lokasi Bundaran HI.



Gambar 3 Posisi SPKUA DKI1 Bundaran HI Jakarta Pusat (Sumber: Googlemap 2021)

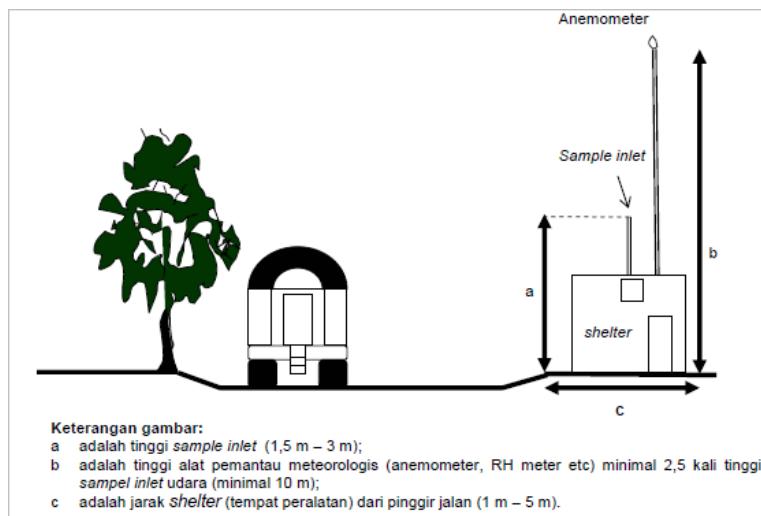
Keberadaan vegetasi yang mulai meninggi perlu diperhatikan, karena dapat memengaruhi data meteorologi yang terukur, khususnya radiasi matahari. Angin dari arah Timur, Timur Laut ataupun Tenggara dapat terhalang oleh vegetasi tersebut, sehingga meminimalisir terbawanya pencemar dari bagian Timur. Kondisi lingkungan SPKUA DKI1 Bundaran HI di lapangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI1 Bundaran HI (Pohon tinggi di sebelah Timur dan Timur Laut) (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, Juni 2022)

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 5. 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 5 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 6. 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 dukur di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, O₃.

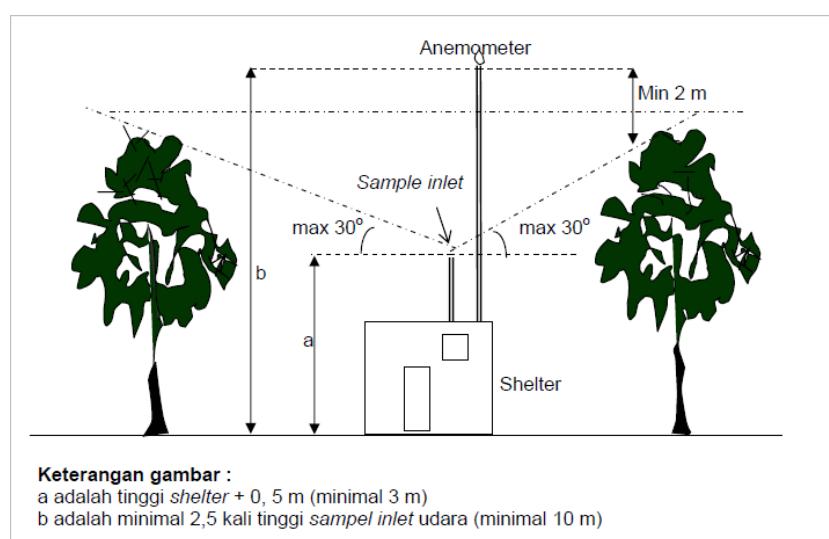


Gambar 6 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021)

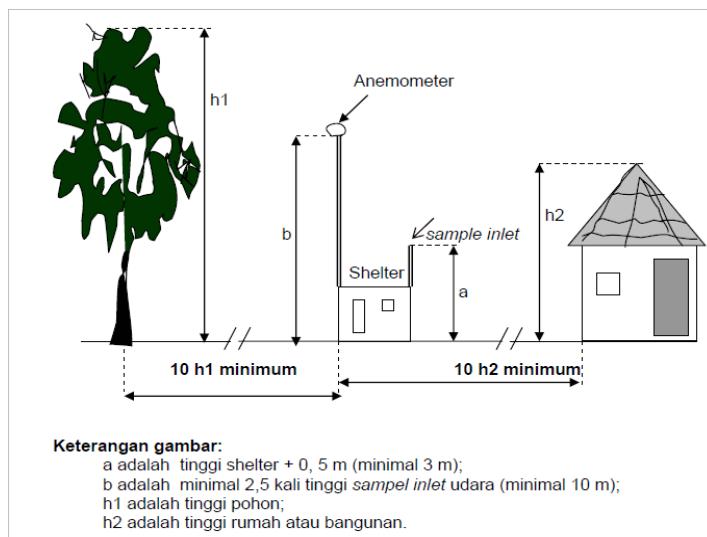
Hasil survei ke lokasi didapatkan bahwa bangunan SPKUA dikelilingi vegetasi yang cukup dekat dengan sensor alat pengukuran (Gambar 7). Selain itu terdapat bangunan-bangunan yang cukup tinggi dengan jarak dekat, yang dapat memengaruhi aliran udara di sekitar SPKUA. Hal ini akan memengaruhi hasil pengukuran 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 8 dan 9.



Gambar 7 Kondisi vegetasi di sekitar alat pemantau di SPKUA DKI2 Kelapa Gading lingkaran merah sensor meteorologi, lingkaran kuning posisi sensor pencemar udara (*inlet*) (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI Jakarta, Juni 2022)

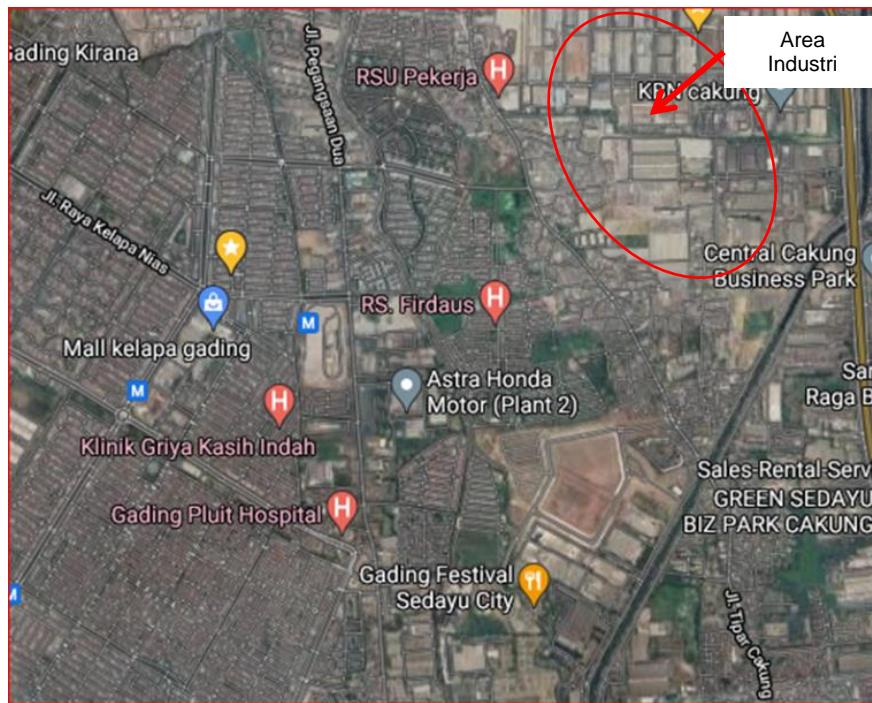


Gambar 8 Posisi ketinggian sensor alat pemantau terhadap pohon atau vegetasi terdekat menurut SNI 19-7119.6-2005



Gambar 9 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 10). Namun demikian, kondisi ini memerlukan penelaahan lebih lanjut melalui pemodelan.



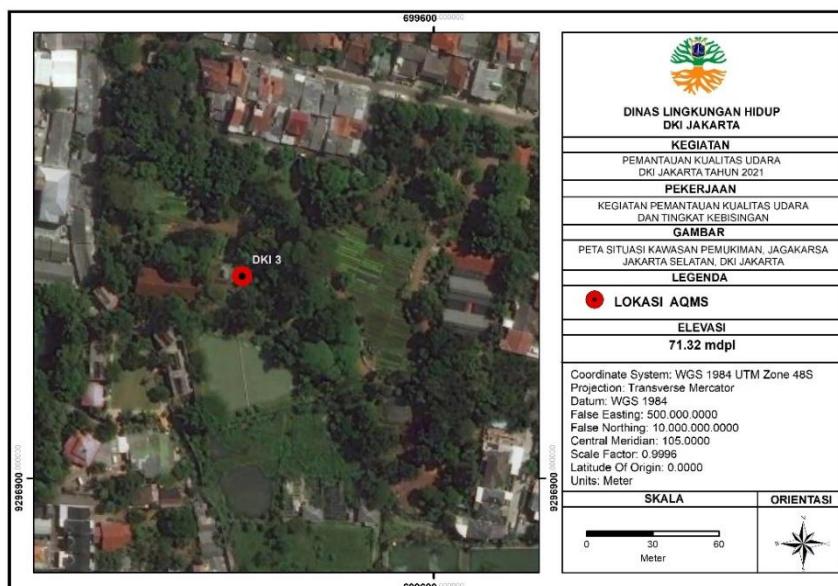
Gambar 10 Posisi SPKUA DKI2 Kelapa Gading terhadap aktivitas lainnya (industri) di wilayah Jakarta Utara (Sumber: Googlemap 2021)

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 dukur di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, 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 11). Perlu adanya pantauan aktivitas di sekitar SPKUA tersebut, agar tetap dalam kondisi tidak terpapar pencemar lain yang dapat memengaruhi konsentrasi yang terukur, yang tidak menunjukkan kondisi alaminya. Sebagai contoh aktifitas 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 12).



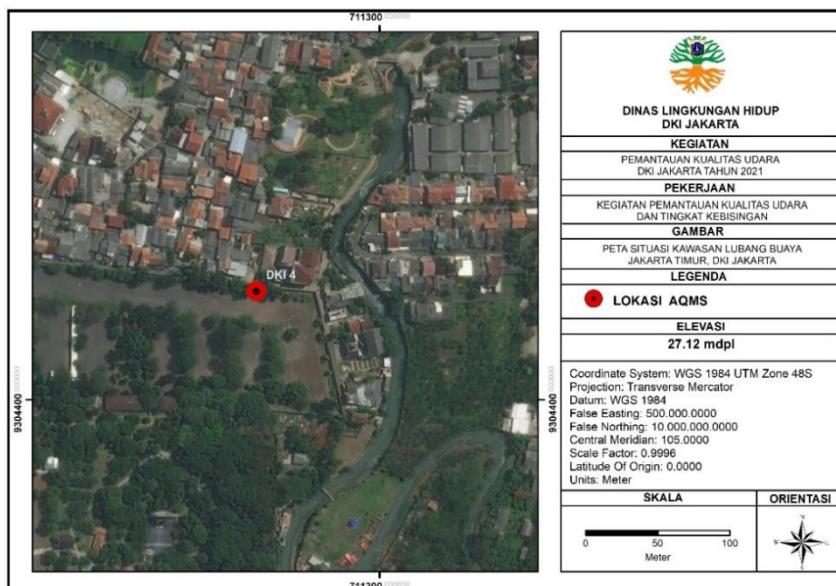
Gambar 11 Kondisi SPKUA DKI3 (Jagakarsa Jakarta Selatan)



Gambar 12 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI3 Jagakarsa
(Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, Desember 2021)

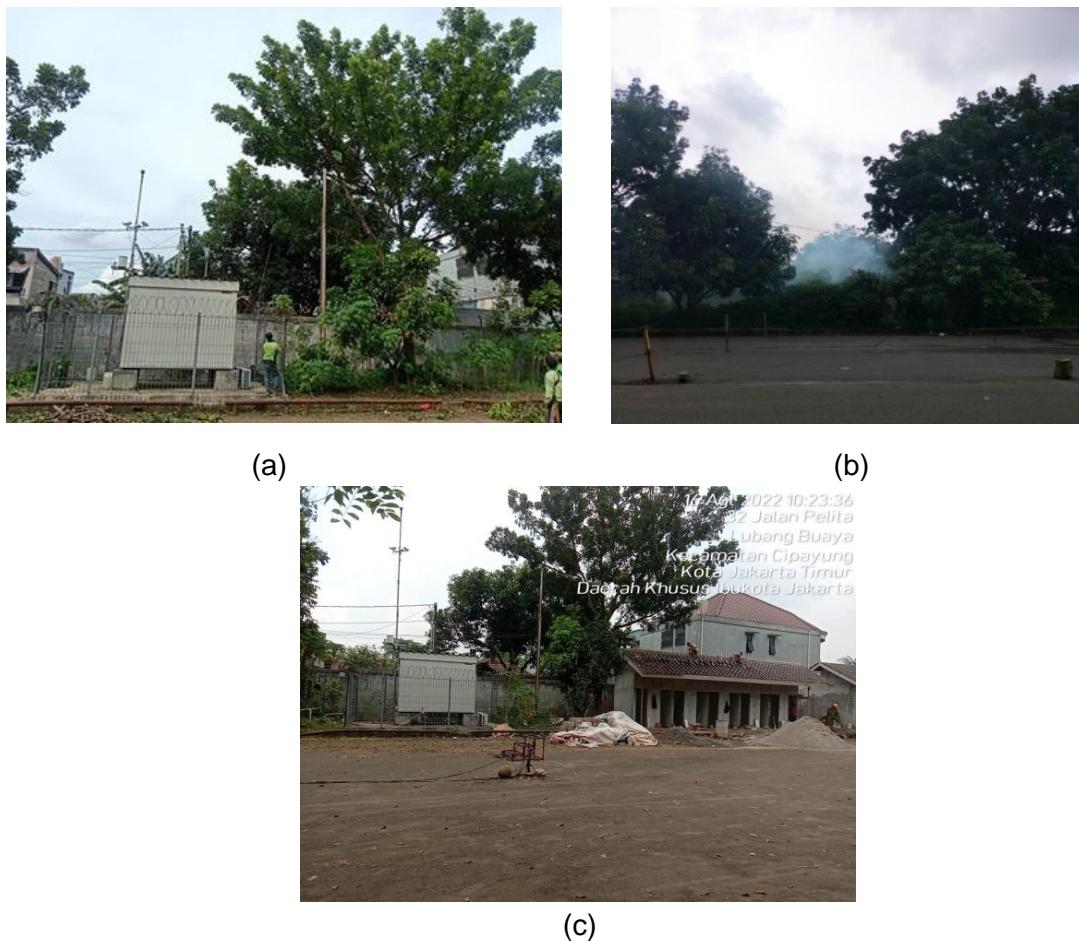
1.4. SPKUA DKI4 Lubang Buaya

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 13). Pemukiman terdapat di sebelah Utara stasiun, terhalang oleh pagar dan jalan. Parameter yang diperiksa di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, O₃.



Gambar 13 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 14a). 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 (Gambar 14b), maupun adanya aktivitas lain seperti pembakaran arang batok kelapa, yang berada sekitar 225 m ke arah Tenggara dari posisi SPKUA. Selain itu pada tahun 2022 terdapat kegiatan konstruksi bangunan kecil di dekat lokasi SPKUA (Gambar 14c).

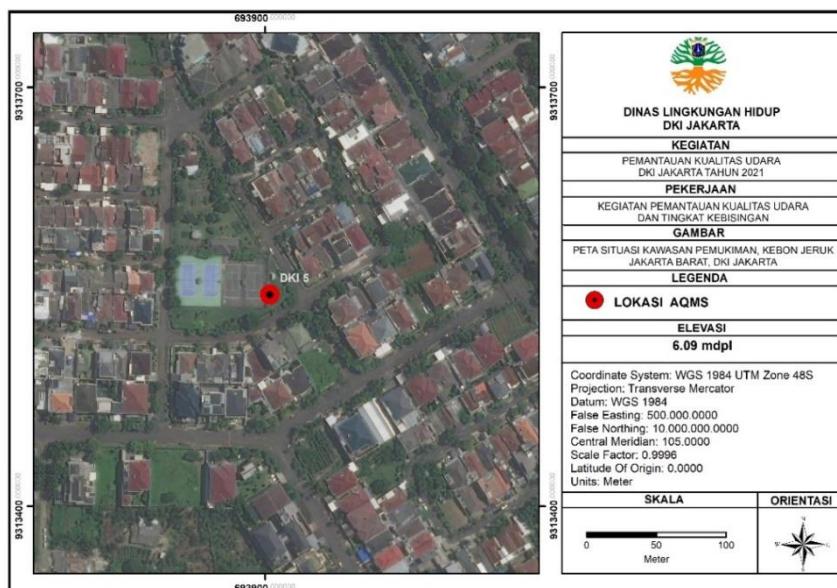


Gambar 14 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya (a) kondisi vegetasi, (b) aktivitas bakar sampah masyarakat di luar pagar (c) aktivitas konstruksi dekat SPKUA (Dokumentasi Tim DLH, 2022)

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 15). Sumber emisi pencemar udara terdekat yang lebih dominan adalah aktivitas domestik masyarakat di pemukiman. Parameter yang diperlukan di lokasi ini adalah partikulat, SO₂, NO₂, NOx, NO, CO, O₃.

Berdasarkan data kondisi lapangan, tidak ada tegakan vegetasi maupun bangunan yang tinggi dengan jarak sangat dekat (Gambar 16). 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 15 Kondisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat (Sumber: Googlemap 2021)

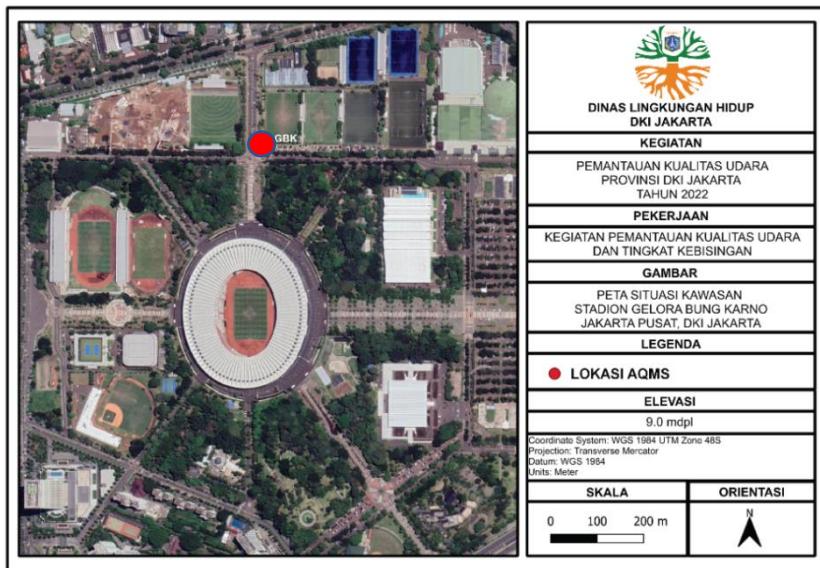


Gambar 16 Kondisi lingkungan sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk Jakarta Barat. Lapangan olahraga di sebelah kanan SPKUA dalam foto ini (Dokumentasi: Tim Survey DLH DKI, Juni 2022)

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

a. 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 17, berdekatan dengan jalan raya dan sekaligus perempatan. Kondisi sekitar lokasi pemantauan kualitas udara di GBK ditunjukkan pada Gambar 18, 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.



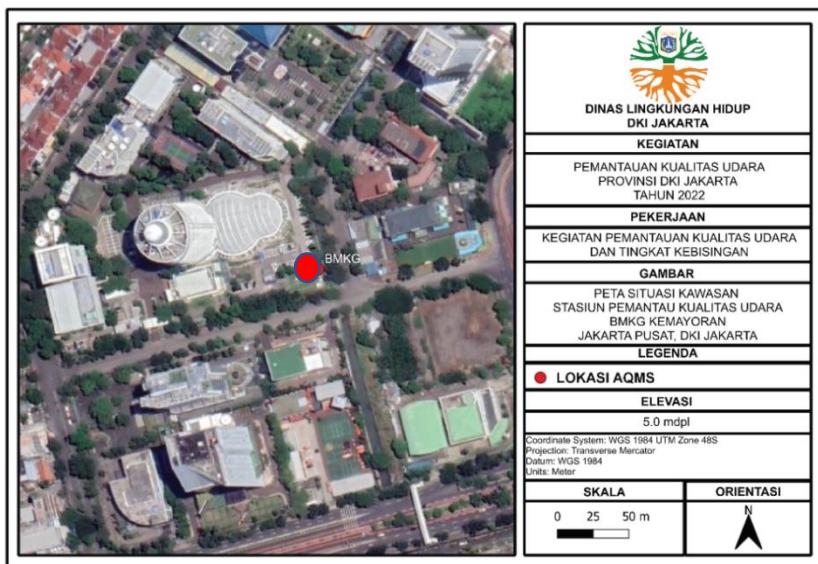
Gambar 17 Lokasi pemantauan kualitas udara ambien Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di area Gelora Bung Karno (GBK) Jakarta Pusat, posisi stasiun ditandai simbol berwarna merah



Gambar 18 Kondisi sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara di GBK (Dokumentasi DLH 2021)

b. 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 19). 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 20. Parameter pencemar yang diolah dalam laporan ini hanya partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dengan periode data per jam.



Gambar 19 Lokasi pemantauan kualitas udara di SPKUA milik BMKG Kemayoran



Gambar 20 Posisi alat pengukur kualitas udara di BMKG Kemayoran

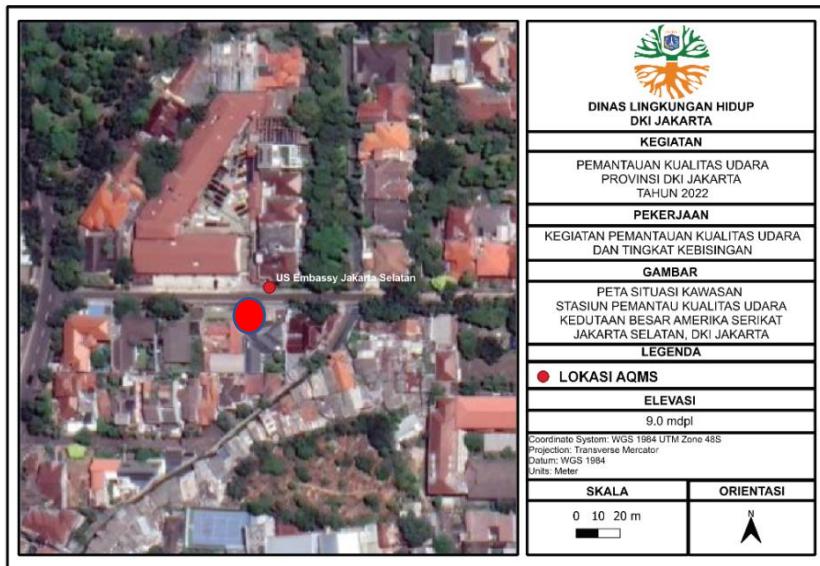
(a) posisi terhadap gedung utama (b) posisi terhadap vegetasi di sekitarnya (Sumber: Dokumen Tim DLH)

c. 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 21), sedangkan di Jalan Hang Jebat merupakan jalan raya yang lebih kecil, dan merupakan pemukiman penduduk (Gambar 22).



Gambar 21 Posisi titik pantau kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Pusat (sekitar Tugu Tani - lingkaran merah)



Gambar 22 Posisi titik pantau kualitas udara milik US Embassy di Jakarta Selatan (Jalan Hang Jebat - lingkaran merah)

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 Stasiun GBK (KLHK), dan 2 Stasiun milik US Embassy (Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat), serta pemantauan milik BMKG.

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

Konsentrasi pencemar udara tahun 2022 di SPKUA milik DLH Provinsi DKI Jakarta memiliki nilai yang beragam. Berdasar data rata-rata harian selama Januari – Desember 2022, konsentrasi partikulat baik PM₁₀ maupun PM_{2.5} melebihi nilai BMUA tahunan nasional berturut-turut sebesar 40 µg/m³ dan 15 µg/m³. Data 5 SPKUA menunjukkan rata-rata harian PM₁₀ tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading, sedikit di atas DKI4 Lubang Buaya dan DKI3 Jagakarsa. Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi rata-rata harian tercatat di DKI4 Lubang Buaya, terendah di DKI1 Bundaran HI. Pencemar SO₂ tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya (melebihi nilai BMUA), terendah di DKI5 Kebon Jeruk. Karbonmonoksida (CO) dan Nitrogen dioksida (NO₂) tertinggi terukur di DKI2 Kelapa Gading, terendah DKI3 Jagakarsa. Ozon (O₃) bernilai tertinggi di DKI2 Kelapa Gading (189 µg/m³) sekaligus sudah melampaui nilai BMUA tahunan nasional, sementara terendah di DKI1 Bundaran HI. PM₁₀, PM_{2.5} dan NO₂ rata-rata tahunan sudah melampaui nilai AQG WHO (WHO 2021). Selengkapnya ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Data konsentrasi rata-rata harian pencemar udara tahun 2022

Para meter	Konsentrasi rata-rata harian (µg/m ³)									BMUA Nasional	AQG WHO
	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	GBK	BMKG	USE JP	USE JS		
PM10	54	66	63	64	54	31	45***			40	15
PM2.5	32	34	37	52	38	33	39	27	36	15	5
SO2	41	43	35	46	29	30				45	40*
CO	963	1018	707	742	1007	945				4000**	4000*
O3	67	189	79	69	98	98				35	100**
NO2	19	45	16	25	32	36				50	10

Keterangan: *) 24 jam **) 8 jam; ***) data pemantauan PM10 dari BMKG hanya 3 bulan (Januari-Maret)

Sumber data:

DKI1 : Bundaran HI (SPKUA DLH Provinsi Jakarta)

DKI2 : Kelapa Gading (SPKUA DLH Provinsi Jakarta)

DKI3 : Jagakarsa (SPKUA DLH Provinsi Jakarta)

DKI4 : Lubang Buaya (SPKUA DLH Provinsi Jakarta)

DKI5 : Kebon Jeruk (SPKUA DLH Provinsi Jakarta)

BMKG : Stasiun Pemantau Kualitas Udara Kemayoran (BMKG)

GBK : Stasiun pemantau di Gelora Bung Karno (KLHK)

USE JP : Stasiun pemantau Kedutaan Besar Amerika Serikat (US Embassy) Jakarta Pusat

USE JS : Stasiun pemantau Kedutaan Besar Amerika Serikat (US Embassy) Jakarta Selatan

BMUA : PP 22 Tahun 2021

Sementara itu, pengukuran pencemar di SPKUA non DLH Provinsi DKI Jakarta dilakukan di empat lokasi. Parameter yang diukur di masing-masing lokasi berbeda. SPKUA milik **BMKG** yang berada di Kemayoran hanya mengukur partikulat, dengan nilai rata-rata harian selama Januari – Oktober 2022, sebesar **39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk $\text{PM}_{2.5}$** . Sementara untuk **PM_{10} sebesar 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , berdasar rata-rata harian selama Januari – Maret. Data BMKG tidak sepenuhnya lengkap dari Januari – Desember 2022 sehingga belum bisa mewakili data keseluruhan di lokasi tersebut.

SPKUA milik KLHK di Kawasan Stadion Gelora Bung Karno mengukur PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , dan NO_2 , tetapi O_3 tidak dimasukkan di dalam laporan karena kurangnya kelengkapan data. Nilai rata-rata harian di GBK adalah 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk $\text{PM}_{2.5}$, dan 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM_{10} (namun data hanya sampai bulan Maret). Sementara SPKUA milik Kedutaan Besar Amerika Serikat hanya mengukur $\text{PM}_{2.5}$, nilai rata-rata harian di masing-masing SPKUA sebesar 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk lokasi Jakarta Pusat dan 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di lokasi Jakarta Selatan. Kondisi sekitar lokasi pemantauan di Jakarta Selatan cukup ramai dan padat penduduk serta lalu lintas di jalan yang relatif lebih kecil dibanding di Jakarta Pusat. Nilai rata-rata harian partikulat di GBK maupun US Embassy tersebut sudah di atas BMUA 1 tahun.

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*)

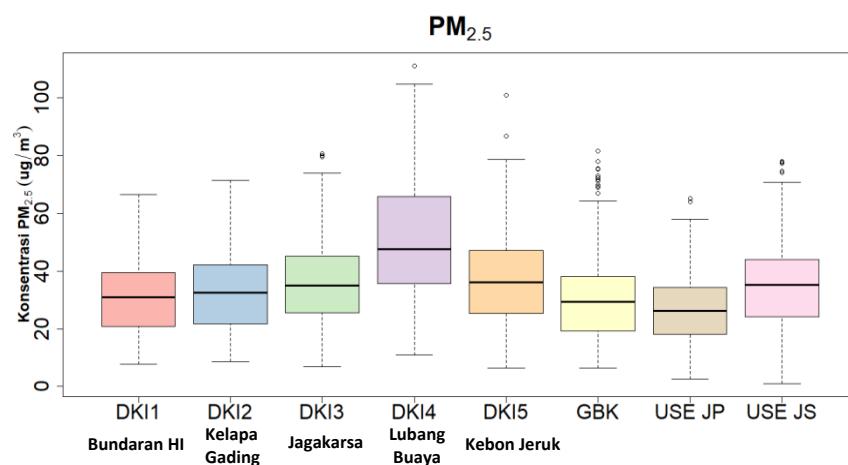
Partikulat atau partikel, merupakan salah satu bentuk pencemar udara, yang juga dikenal masyarakat umum sebagai debu. Di perkotaan seperti Jakarta, sumber partikulat dapat berupa aktivitas kendaraan bermotor, industri, maupun aktivitas konstruksi, atau juga dari aktivitas masyarakat dalam membakar sampah di area terbuka. Menurut 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 μm), dan $\text{PM}_{2.5}$ (partikel dengan ukuran diameter kurang dari 2.5 μm). Selain itu, dikenal juga istilah *coarse particles* (partikel dengan ukuran 2.5 – 10 μm) dan *ultrafine particles* (partikel dengan ukuran diameter kurang dari 0.1 μm). 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).

a. $\text{PM}_{2.5}$

Partikulat dengan ukuran diameter < 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), 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.

Data nilai kisaran konsentrasi PM_{2.5} harian di Jakarta pada bulan Januari - Desember 2022 terukur sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Analisis *boxplot* dapat memberikan gambaran kisaran nilai serta data pencilan yang didapatkan. Kisaran data di setiap lokasi pemantauan dapat terlihat dari grafik *boxplot* pada Gambar 23. Konsentrasi minimum relatif sama antar lokasi, namun konsentrasi maksimum sangat berbeda besarnya. Wilayah Jakarta Selatan dalam hal ini diwakili 2 titik pemantauan, yaitu DKI3 Jagakarsa, dan US Embassy Hang Jebat, menunjukkan data yang hampir sama sebarannya. Konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta Pusat berdasar data USEmbassy (Patung Tani) memiliki nilai rata-rata median terendah. Data BMKG tidak dimasukkan dalam *boxplot* karena tidak lengkap (hanya bulan Januari – Oktober).



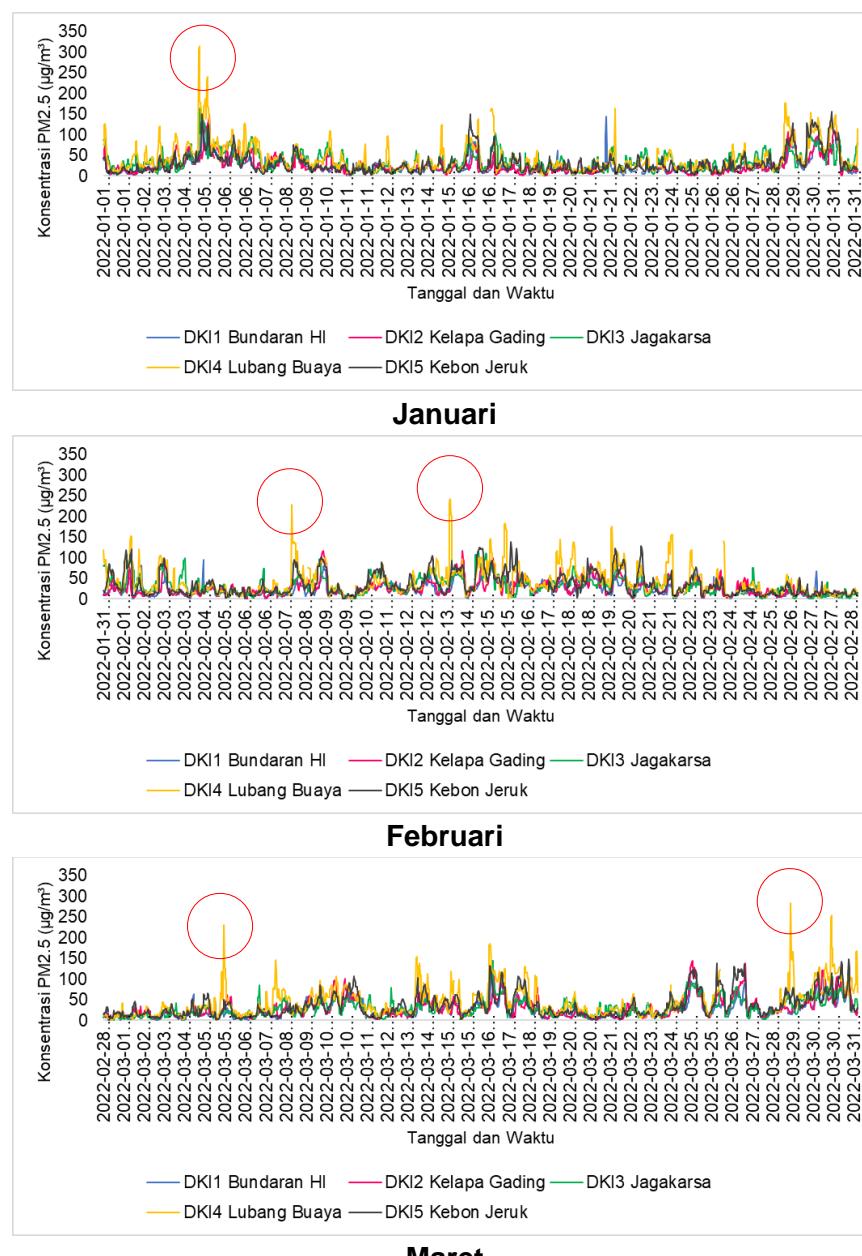
Gambar 23 Kisaran konsentrasi PM_{2.5} harian antar lokasi pemantauan tahun 2022

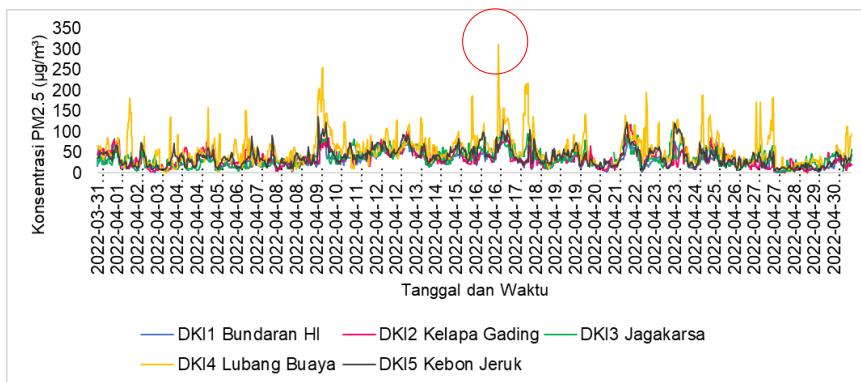
Fluktuasi Konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit: SPKUA DLH DKI dan KLHK

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 24 bisa dilihat pergerakan grafik naik dan turun antar SPKUA relatif bersamaan. Data pencilan bisa jadi menunjukkan adanya sumber emisi yang tiba-tiba muncul dari aktivitas di sekitarnya, oleh karena itu tidak dihilangkan. Namun untuk menganalisis kondisi rata-rata, data pencilan yang ekstrim perlu dikeluarkan, agar nilai rata-rata menjadi

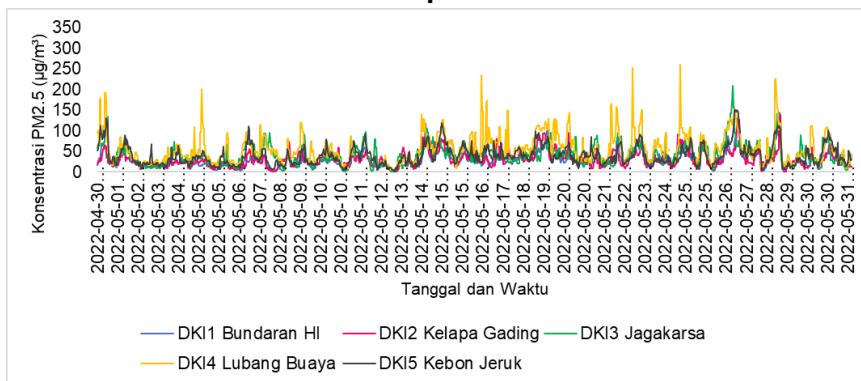
representatif. Data ekstrim pada Gambar 24 diberi tanda lingkaran merah.

Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi hasil pengukuran per 30 menit periode Januari – Desember 2022 adalah 334.6 µg/m³ pada bulan Juni di DKI1 Bundaran HI dan 315 µg/m³ pada bulan Januari di DKI4 Lubang Buaya. Memasuki bulan April, nilai konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit mulai mengalami peningkatan, terutama di DKI4 Lubang Buaya. Hingga bulan Desember, konsentrasi PM_{2.5} di Lubang Buaya tetap tinggi dibandingkan 4 SPKUA lainnya. Pada periode tersebut terdapat pembangunan sarana umum di sekitar lokasi parkir Musium, dan sangat dekat dengan posisi Stasiun Pemantau Kualitas Udara. Pada bulan Oktober - Desember, terdapat data kosong cukup tinggi hingga > 60% di SPKUA DKI 5 Kebon Jeruk. Hal tersebut terjadi karena adanya gangguan alat pengukur.

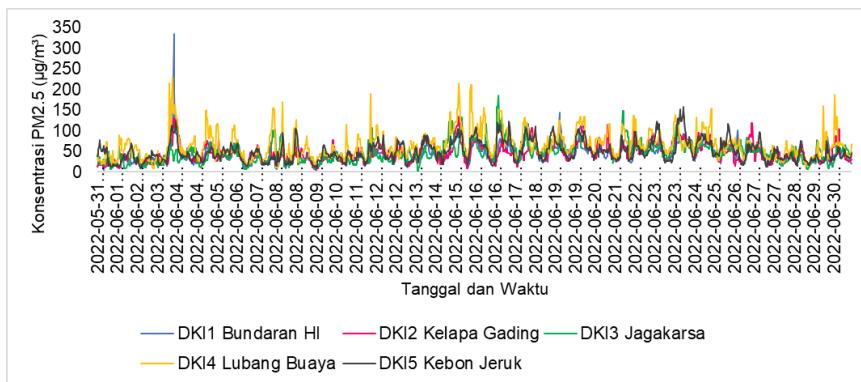




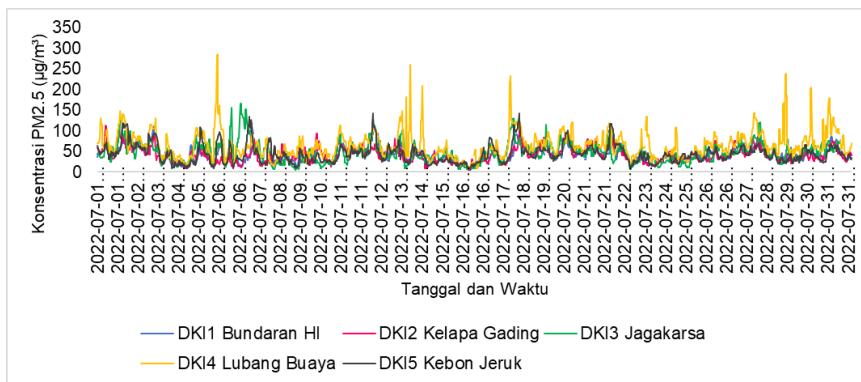
April



Mei

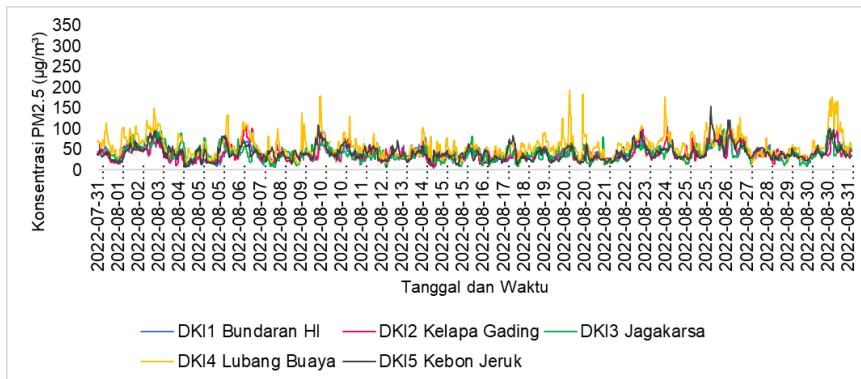


Juni

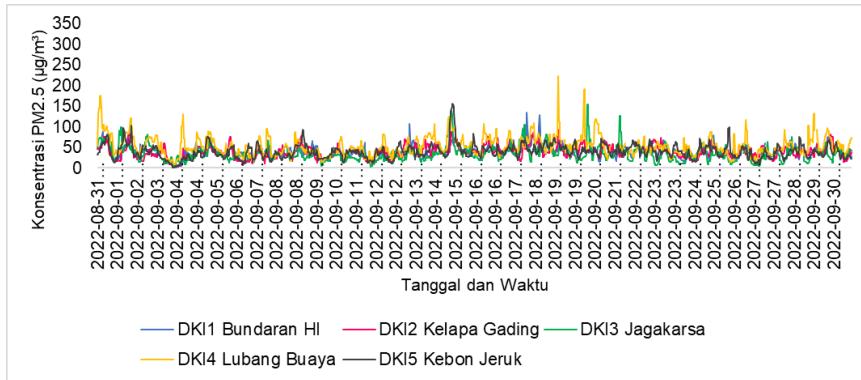


Juli

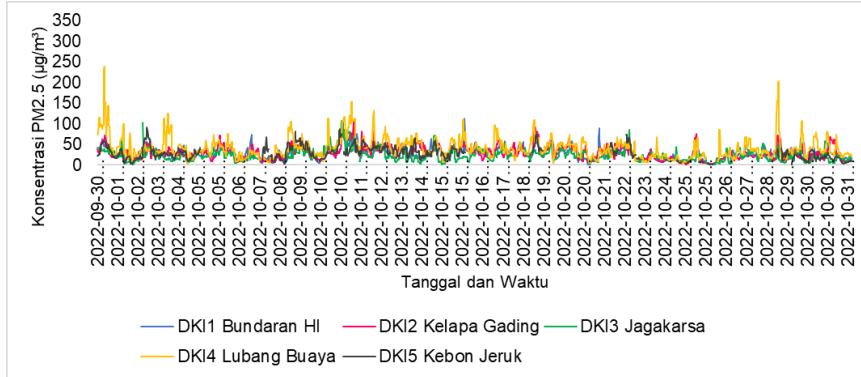
Gambar 24 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2022



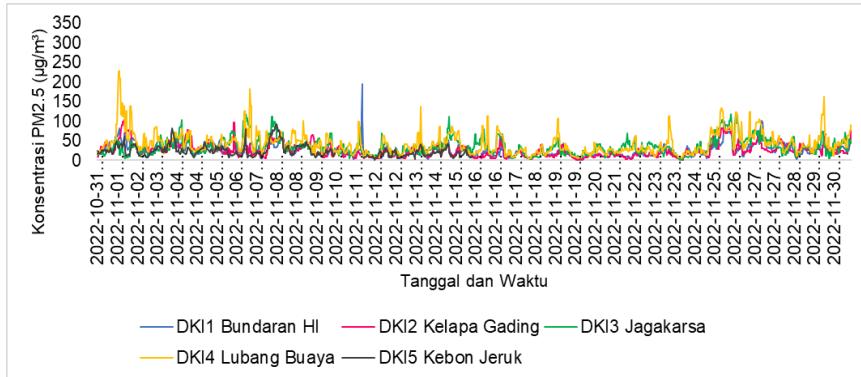
Agustus



September

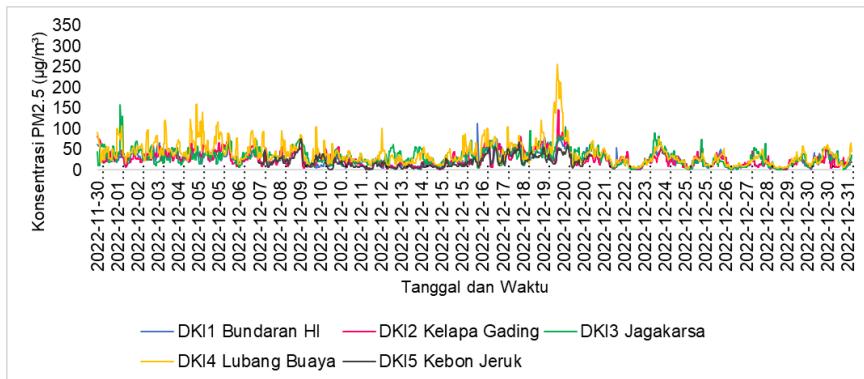


Oktober



November

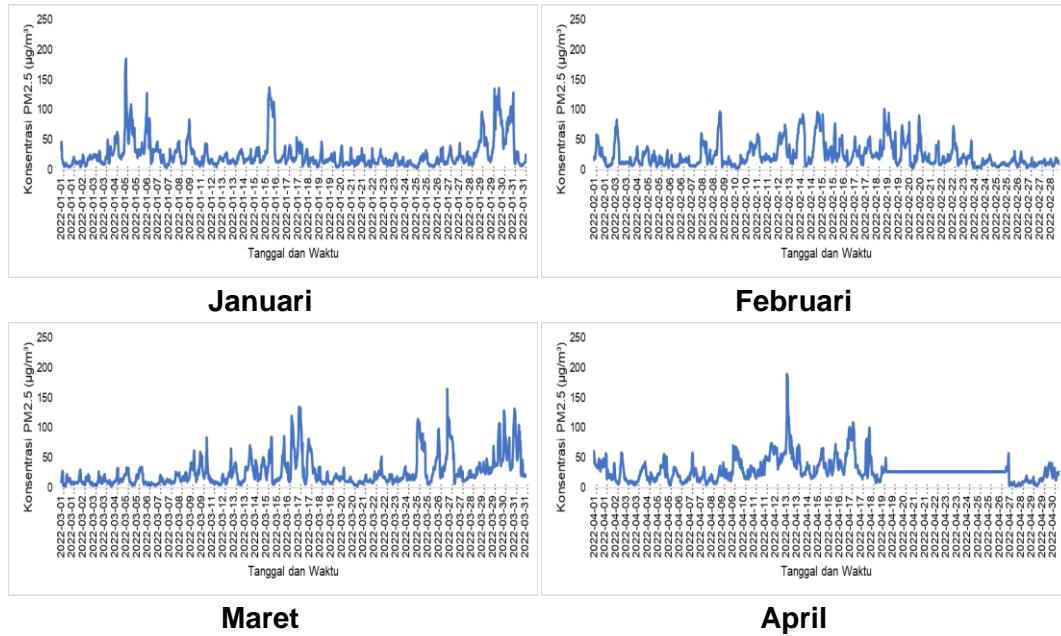
Gambar 24 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2022



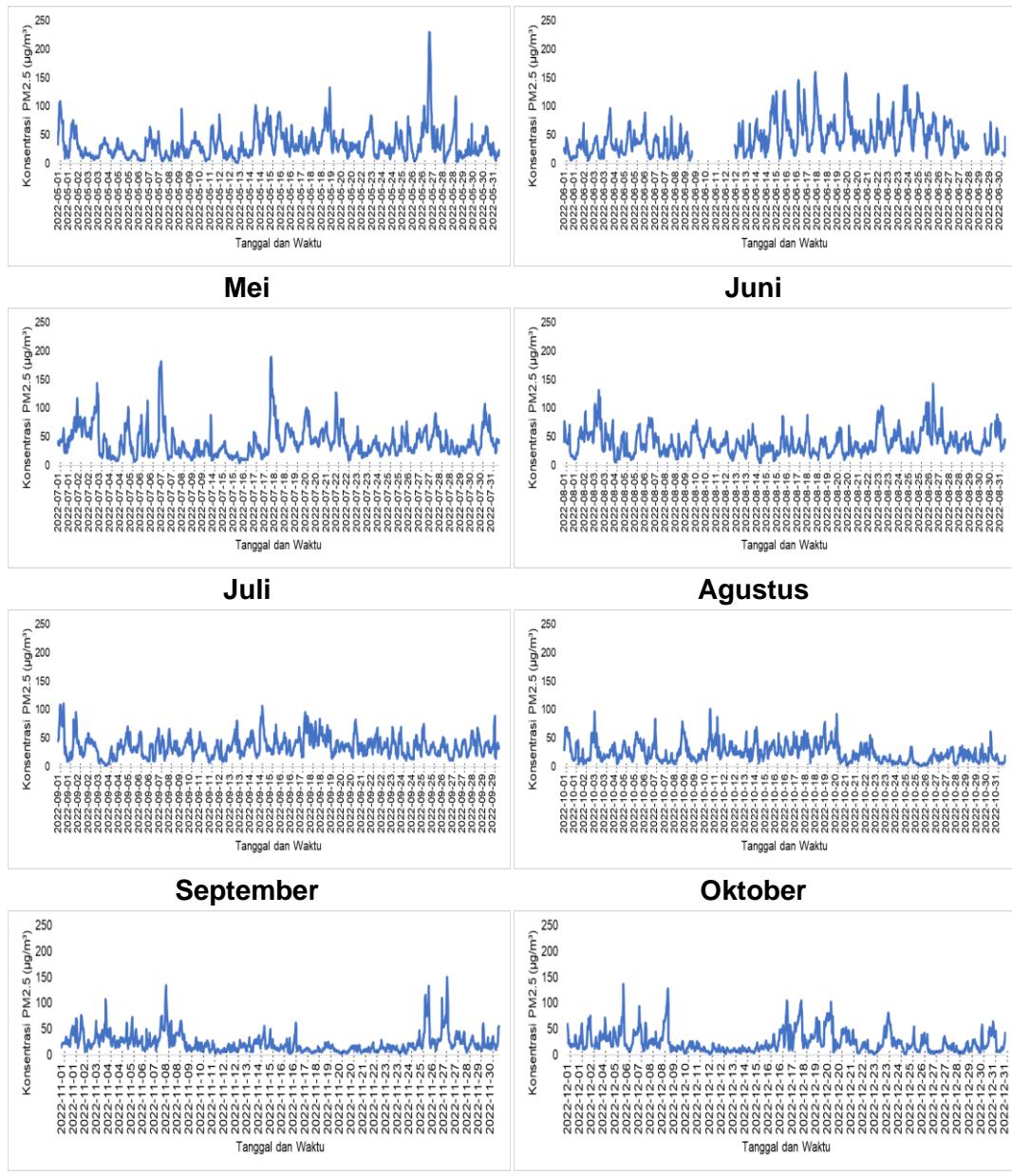
Desember

Gambar 24 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit tahun 2022

Data hasil pengukuran per 30 menit oleh KLHK di Stasiun Pemantau GBK tahun 2022, menunjukkan nilai maksimum 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan Mei. Namun nilai tersebut masih lebih rendah daripada nilai konsentrasi maksimum di DKI1 Bundaran HI. Pola fluktuasi data konsentrasi PM_{2.5} per 30 menit di GBK ditunjukkan pada Gambar 25. Pola tersebut hampir serupa dengan pola konsentrasi PM_{2.5} di DKI1 Bundaran HI maupun DKI2 Kelapa Gading, sebagai contoh terdapat kenaikan konsentrasi pada tanggal-tanggal yang bersesuaian, seperti tanggal 4 – 6 Januari, 15 – 16 Januari, juga di akhir Januari.



Gambar 25 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} di GBK tahun 2022

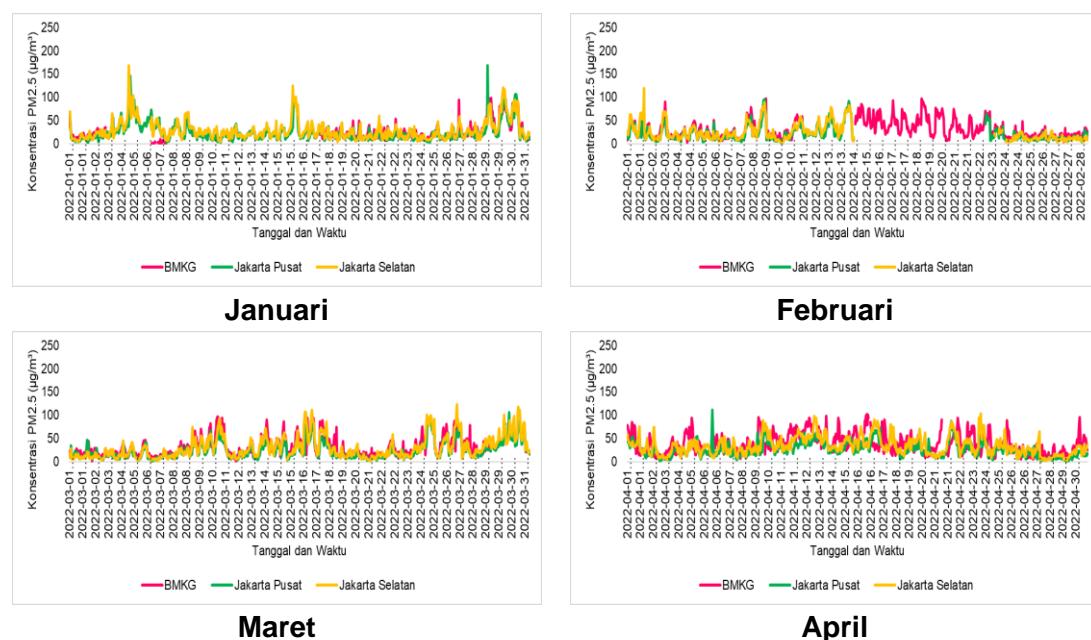


Gambar 25 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} di GBK tahun 2022

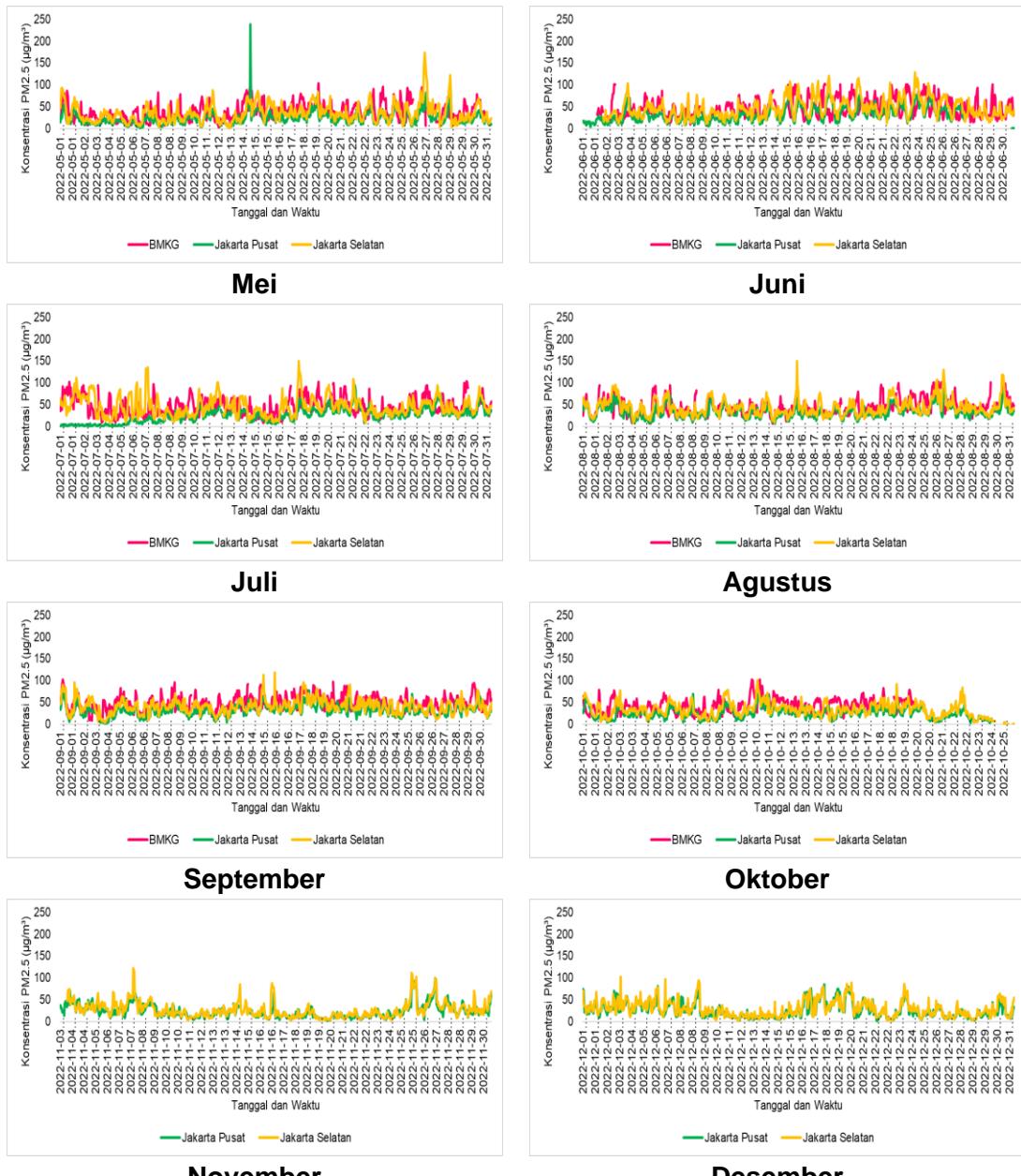
Fluktuasi data per jam: SPKUA BMKG dan US Embassy

Data PM_{2.5} hasil pemantauan di 2 stasiun pemantauan US Embassy dan BMKG Kemayoran berupa data per jam. Oleh karena itu ketiga data tersebut disampaikan bersamaan. Konsentrasi PM_{2.5} di pantauan US Embassy Jakarta Pusat hampir sama dengan konsentrasi di Jakarta Selatan. Fluktuasi konsentrasinya pun hampir sama. Walaupun karakteristik lokasi cukup berbeda lokasi pemantauan di Jakarta Pusat berposisi di dekat Tugu Tani, merupakan daerah yang ramai, dan merupakan jalan utama (arteri). Sedangkan di Jakarta Selatan, lokasi pemantauan di Jalan Hang Jebat yang merupakan jalan yang lebih kecil, namun merupakan wilayah padat penduduk, dengan sumber emisi berupa berbagai moda kendaraan bermotor.

Data konsentrasi PM_{2.5} yang diukur oleh US Embassy merupakan data per jam, pola fluktuasinya menunjukkan hal yang sama dengan data dari DKI1-DKI5 dan GBK (Gambar 26). Hal tersebut menunjukkan bahwa fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} dari waktu ke waktu di seluruh Kota Jakarta hampir sama, hanya beda besarnya. Maka yang dapat disimpulkan adalah konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta tidak hanya ditentukan oleh sumber emisi setempat (di sekitar stasiun pemantau) tetapi juga ada sumber emisi lain yang terbawa ke seluruh Kota Jakarta pada periode waktu yang sama. Data BMKG PM_{2.5} hanya dari Januari – Oktober, sehingga tidak dapat dianalisis keseluruhannya.



Gambar 26 Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} di Stasiun BMKG dan US Embassy tahun 2022



Gambar 26 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} di Stasiun BMKG dan US Embassy tahun 2022

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 di jalan, dan bangkitan debu dari jalan. 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

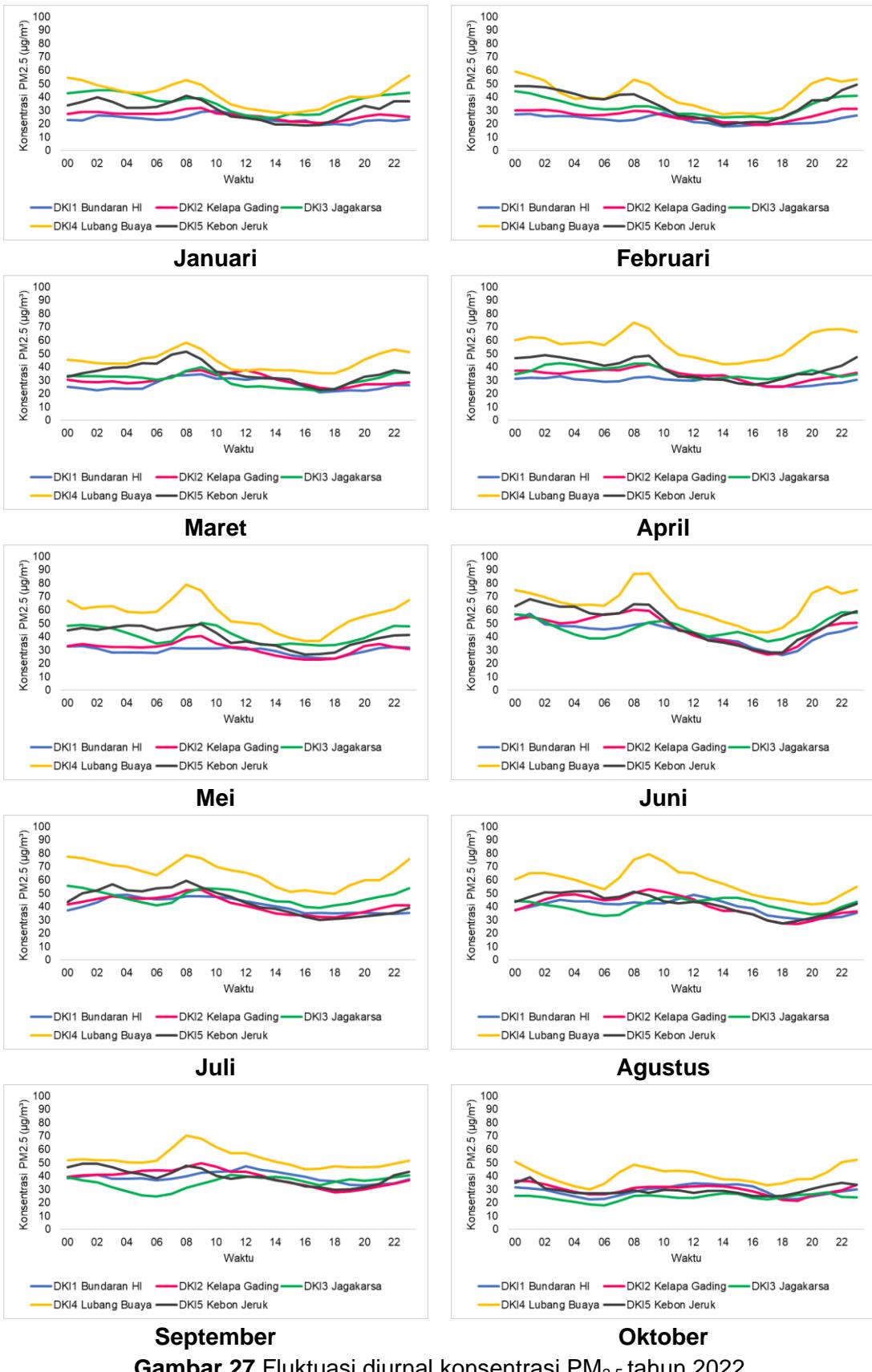
dilakukan analisis fluktuasi diurnal, berdasar data rata-rata tiap jam.

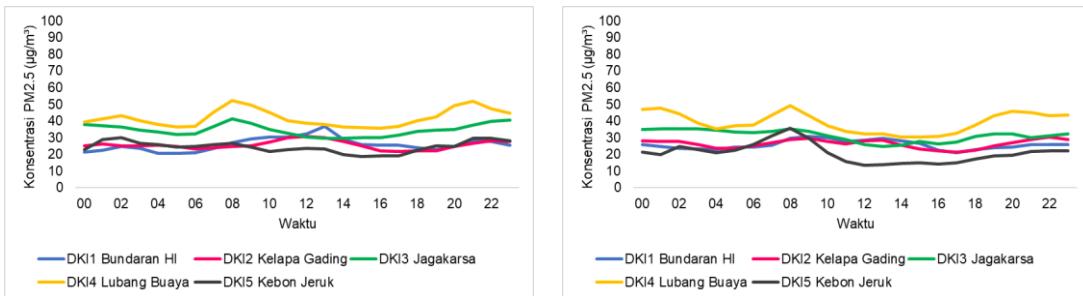
Konsentrasi rata-rata per jam selama 24 jam (diurnal) menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} menurun pada siang hari, dengan konsentrasi terendah pada umumnya terjadi pada pukul 15.00 – 17.00 WIB (Gambar 27). Pada pukul 07.00 – 09.00 WIB terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA, dengan waktu yang berbeda-beda, peningkatan signifikan terukur di DKI4 Lubang Buaya. Fluktuasi paling rendah terukur di DKI1 Bundaran HI, sekaligus memiliki nilai rata-rata diurnal yang paling rendah dibanding 4 SPKUA lainnya. Pada malam hari terjadi peningkatan kembali konsentrasi PM_{2.5} di semua SPKUA, tertinggi di DKI4 Lubang Buaya dan terendah peningkatannya di DKI1 Bundaran HI. Konsentrasi diurnal yang tinggi juga tercatat menjelang tengah malam pada seluruh bulan.

Pada akhir bulan April hingga bulan Oktober konsentrasi PM_{2.5} di DKI4 Lubang Buaya jauh lebih besar dibanding 4 SPKUA lainnya, memasuki bulan Oktober konsentrasi tersebut menurun kembali. Hal ini dapat berkaitan dengan peningkatan curah hujan pada bulan-bulan basah. Hasil penelaahan lebih lanjut tentang sumber-sumber partikulat halus yang terukur di DKI4 Lubang Buaya, terutama mulai bulan April, adalah adanya aktivitas konstruksi sebuah bangunan di dekat SPKUA. Aktivitas masyarakat sekitar yang berkontribusi terhadap peningkatan partikulat perlu diidentifikasi, mengingat di sekitar DKI4 Lubang Buaya beberapa kali terinfokan adanya pembakaran sampah maupun aktivitas lainnya.

Peningkatan sesaat pada pagi hari dapat terjadi dipengaruhi sumber emisi berupa kendaraan bermotor di sekitar lokasi pemantauan. Lokasi DKI4 Lubang Buaya berada di area parkir Monumen Pancasila Sakti, dan berdampingan dengan jalan menuju pemukiman penduduk, sehingga kemungkinan dipengaruhi oleh lalu lintas yang ramai pada pagi hari menjelang keberangkatan bekerja. 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).

Nilai konsentrasi rata-rata diurnal menunjukkan kecenderungan peningkatan pada siang hingga sore hari, mulai Juni hingga November, terutama di DKI3 Jagakarsa dan DKI2 Kelapa Gading. Bahkan di semua SPKUA pada bulan Agustus – Oktober 2022. Hal yang serupa tercatat di stasiun pemantau milik BMKG di Kemayoran.

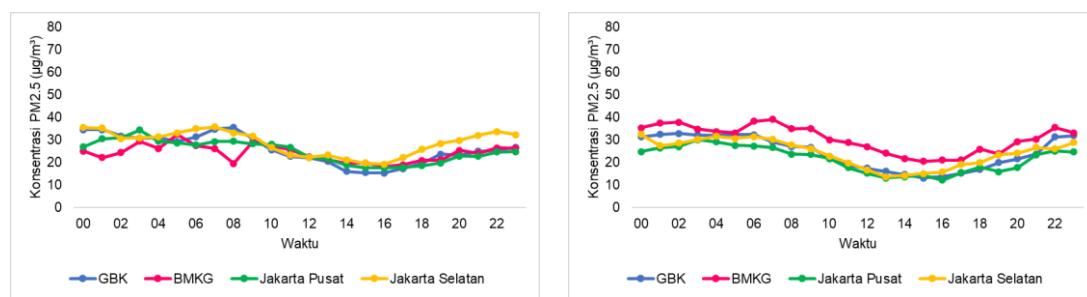




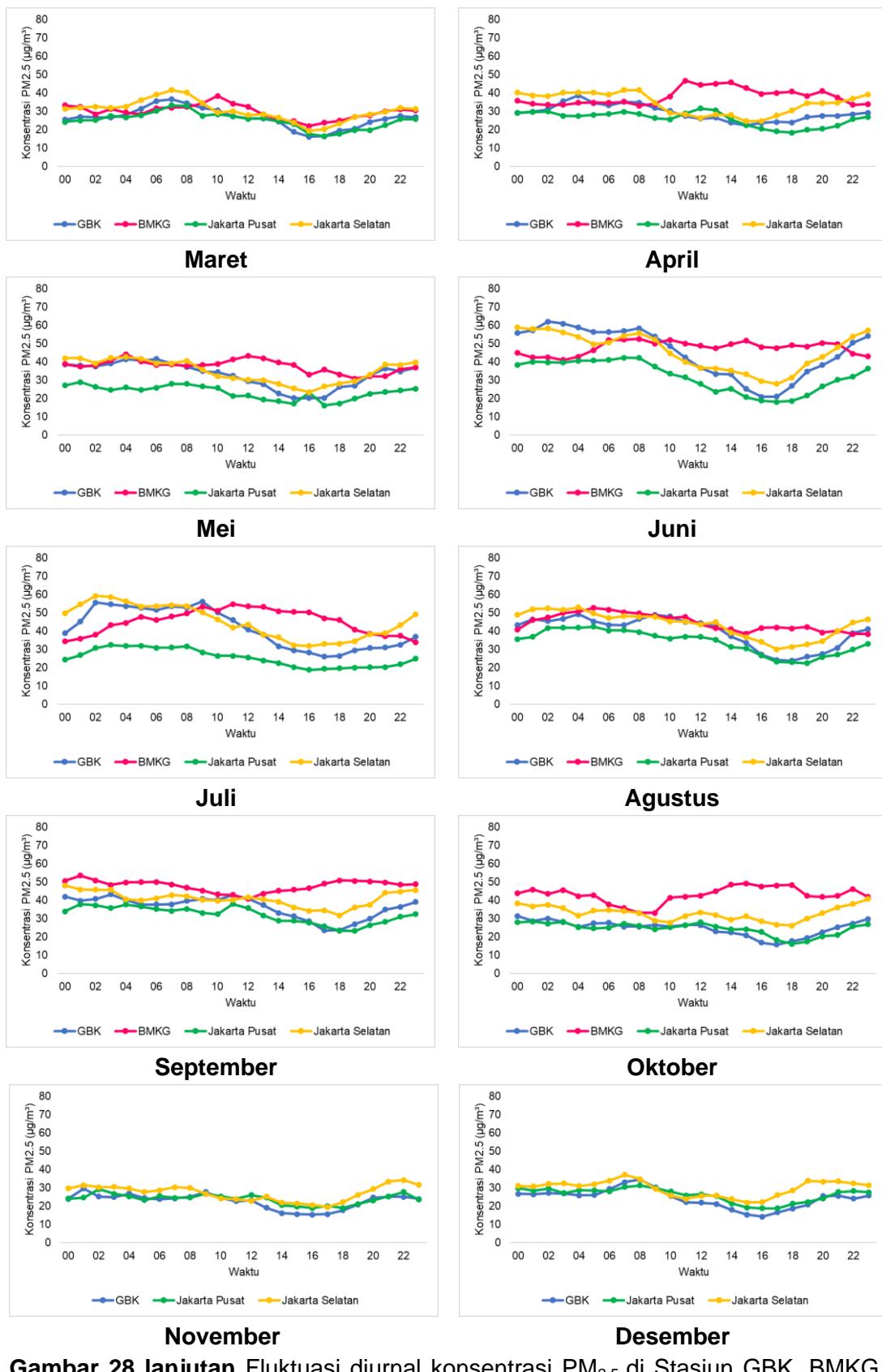
Gambar 27 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} tahun 2022

Data fluktuasi diurnal konsentrasi per jam, di GBK, BMKG, dan US Embassy ditunjukkan pada Gambar 28, dengan konsentrasi meningkat pada malam hari, dan rendah pada siang menjelang sore hari, sebagaimana pola diurnal yang terjadi di lokasi SPKUA DKI1 – DKI5. Fluktuasi antar jam berbeda-beda setiap bulan, namun konsentrasi PM_{2.5} rata-rata perjam menurun di Februari dan meningkat mulai Maret hingga Juni lalu menurun lagi pada bulan Juli.

Secara umum, konsentrasi PM_{2.5} rata-rata per jam di GBK, US Embassy Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan lebih rendah dibandingkan dengan data 5 SPKUA DKI, dan peningkatan konsentrasi pagi hari juga tidak terlalu jelas seperti di 5 SPKUA tersebut. Data PM_{2.5} yang terukur di BMKG memiliki fluktuasi diurnal yang relatif lebih datar dibanding lokasi lain terutama pada bulan Januari, penurunannya pada siang hari tidak drastis, bahkan pada bulan Februari terjadi peningkatan kembali di siang hari (Gambar 28), sehingga lebih tinggi dibanding yang lainnya. Hal ini memberi gambaran bahwa sumber emisi di sekitar stasiun pemantau BMKG cukup konstan sepanjang hari. Kondisi lokasi pemantau di Taman Alat BMKG merupakan area yang berdekatan dengan jalan yang cukup ramai oleh kendaraan bermotor dan juga penjual makanan. Sehingga sepanjang hari bisa terjadi adanya emisi dari aktivitas tersebut. Bahkan pada bulan April hingga Oktober, konsentrasi PM_{2.5} hasil pemantauan di BMKG mengalami peningkatan pada siang hingga sore hari, sementara di lokasi pemantauan US Embassy dan GBK siang hingga sore menurun. Memasuki bulan Mei – Juli, fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta Pusat (US Embassy) jauh di bawah data GBK dan US Embassy Jakarta Selatan. Bulan Agustus – Desember konsentrasi ketiga lokasi hampir sama polanya dengan kisaran konsentrasi lebih kecil.



Gambar 28 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} di Stasiun GBK, BMKG, dan US Embassy



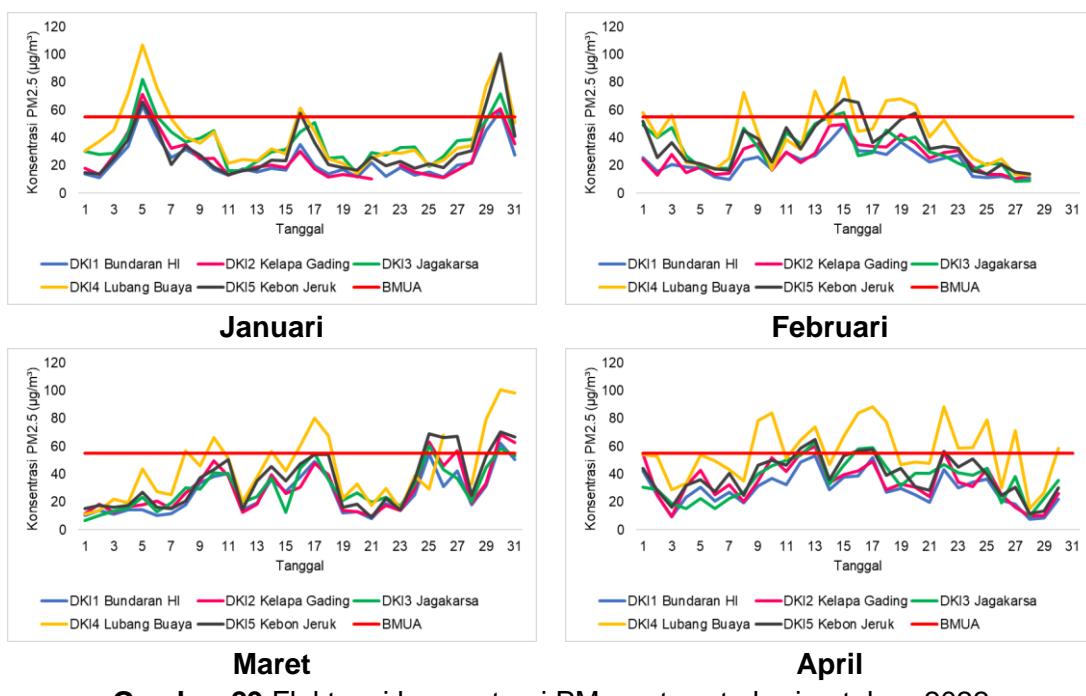
Gambar 28 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{2.5} di Stasiun GBK, BMKG, dan US Embassy

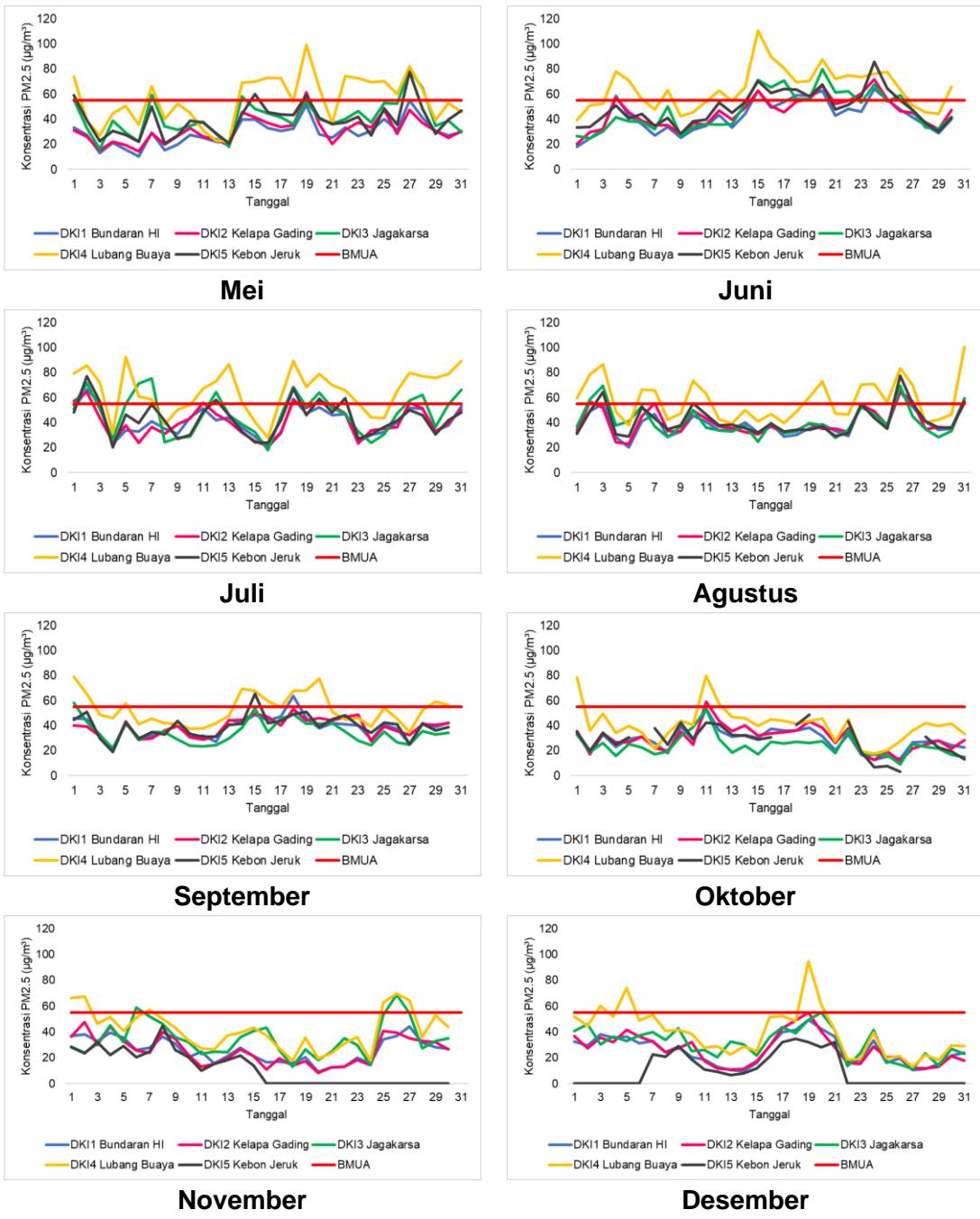
Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

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 yang berlaku untuk PM_{2.5} adalah sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata 24 jam di DKI Jakarta pada bulan Januari – Desember 2022 ditampilkan pada Gambar 29. Pada umumnya fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian hampir sama di kelima titik pantau, walaupun dengan besaran yang berbeda-beda. Konsentrasi rata-rata harian tertinggi tercatat pada bulan Juni sebesar 110.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI4 Lubang Buaya. Pada bulan April – Agustus jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} melampaui nilai BMUA meningkat, terbanyak di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi PM_{2.5} di DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebun Jeruk memiliki nilai konsentrasi harian yang setara.

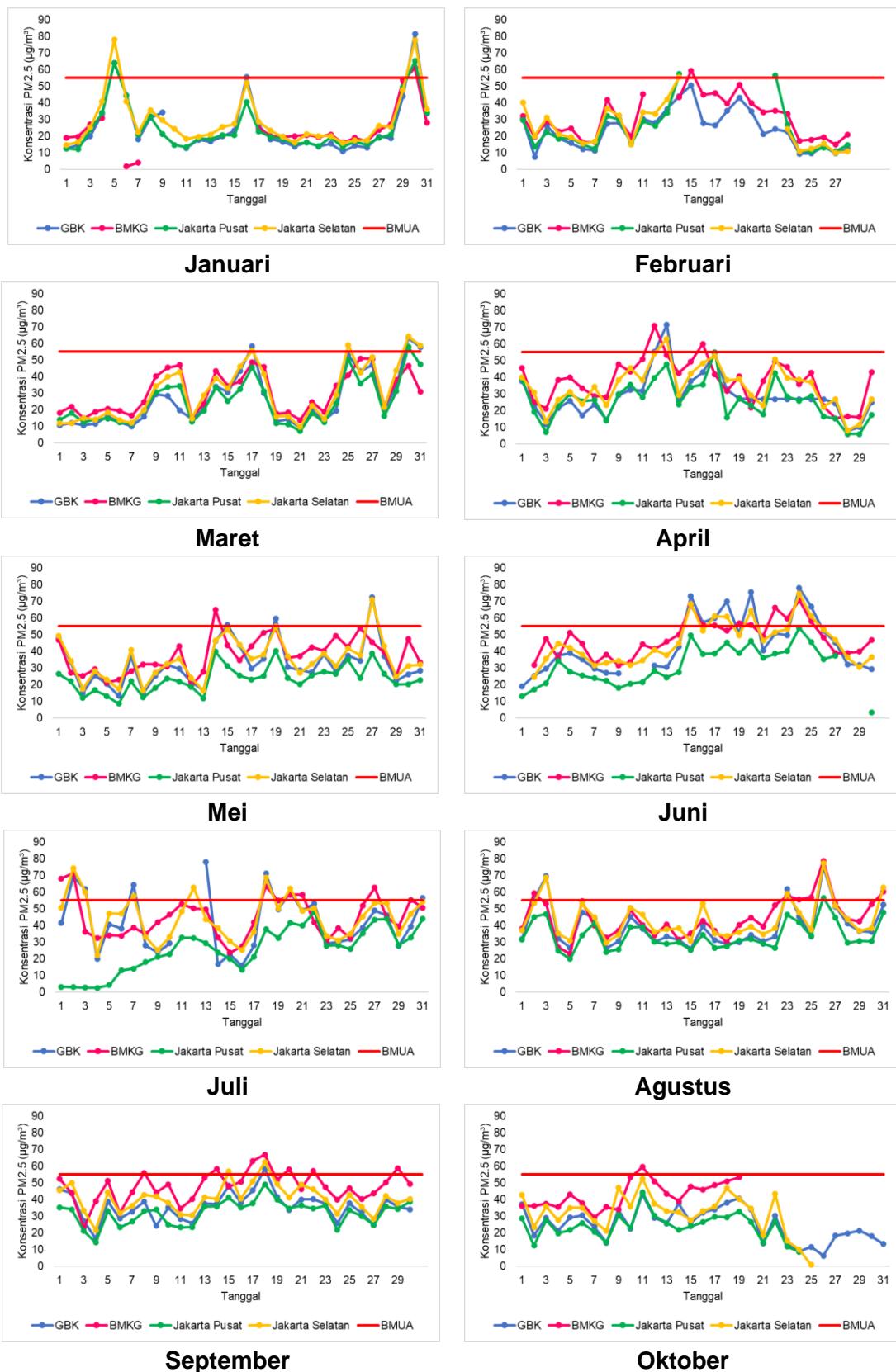
Terdapat data kosong dari tanggal 15 November – 6 Desember dan 23 -31 Desember di Kebon Jeruk. Hal ini memerlukan perhatian terkait kondisi alat pemantau khususnya PM2.5 di lokasi tersebut. Fluktuasi rata-rata harian di DKI4 Lubang Buaya pada bulan November hampir sama besarannya dengan SPKUA lain, tetapi pada bulan Desember terdapat peningkatan kembali.



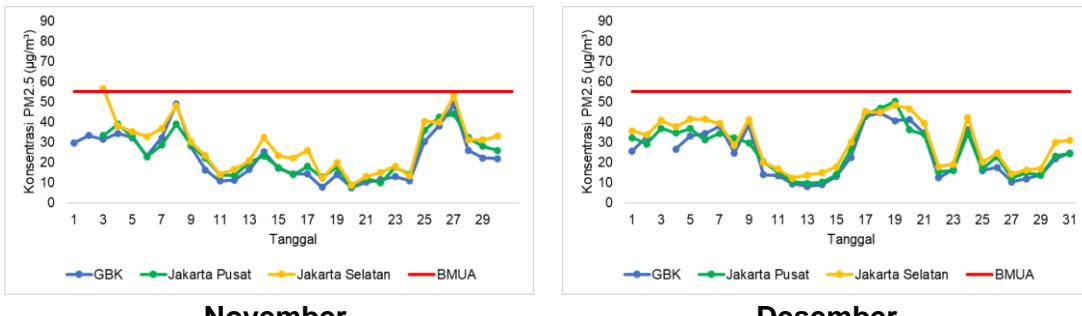


Gambar 29 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian tahun 2022

Pola fluktuasi konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian yang tercatat di GBK, BMKG dan US Embassy (Gambar 30) menunjukkan pola yang sangat fluktuatif. Hal ini diperkirakan karena lokasi pemantauan sangat berdekatan dengan jalan raya non arteri sehingga beragam jenis kendaraan yang melaluinya, serta banyak aktivitas masyarakat lainnya yang mempengaruhi. Konsentrasi rata-rata harian di GBK, BMKG, dan US Embassy pada bulan Desember tidak ada yang melebihi nilai BMUA. Bulan Mei – Oktober, konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian di pemantauan US Embassy Jakarta Pusat lebih rendah dibanding 3 pemantauan lainnya.



Gambar 30 Fluktuasi harian konsentrasi PM_{2.5} Stasiun GBK, BMKG dan US Embassy tahun 2022

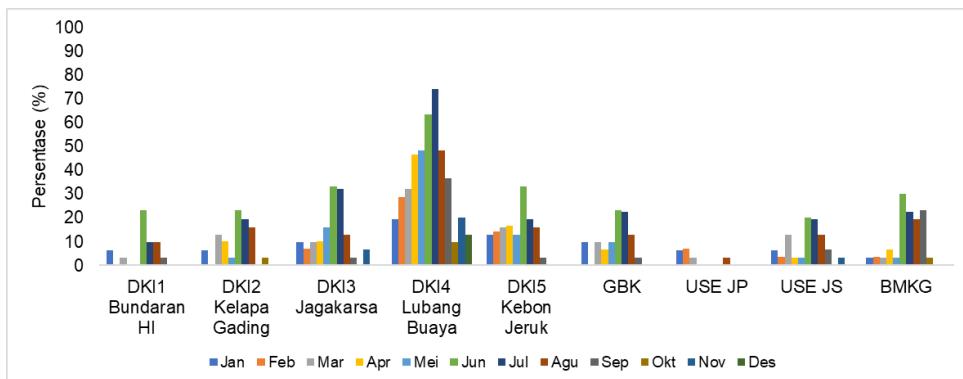


November

Desember

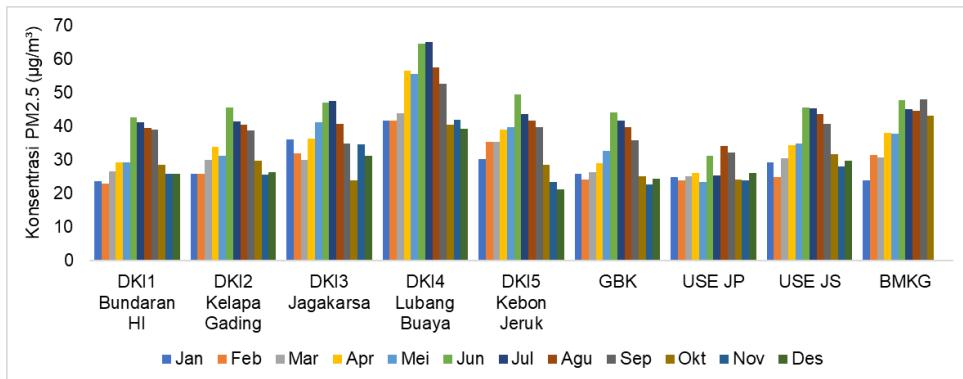
Gambar 30 lanjutan Fluktuasi harian konsentrasi PM_{2.5} Stasiun GBK, BMKG dan US Embassy tahun 2022

Jumlah hari dengan nilai konsentrasi rata-rata melebihi nilai BMUA 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tertinggi terdapat di DKI4 Lubang Buaya, mulai bulan Januari (19.4%) hingga Juli (74.2%). Konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian di semua titik pemantauan selama Januari – Desember memiliki data hari dengan konsentrasi melebihi nilai BMUA 24 jam, namun yang menunjukkan peningkatan yang signifikan adalah data SPKUA DKI4 Lubang Buaya. Sementara di US Embassy masih di bawah 20% serta GBK dan BMKG dibawah 30%.



Gambar 31 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi PM_{2.5} rata-rata harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} bulan Januari – Desember di semua lokasi pemantauan menunjukkan peningkatan dari mulai bulan Februari. Peningkatan terbesar terjadi pada bulan Juni – Juli. Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} tertinggi setiap bulan tercatat di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi PM_{2.5} cenderung menurun pada akhir tahun, tetapi di BMKG relatif tetap tinggi (Gambar 32).

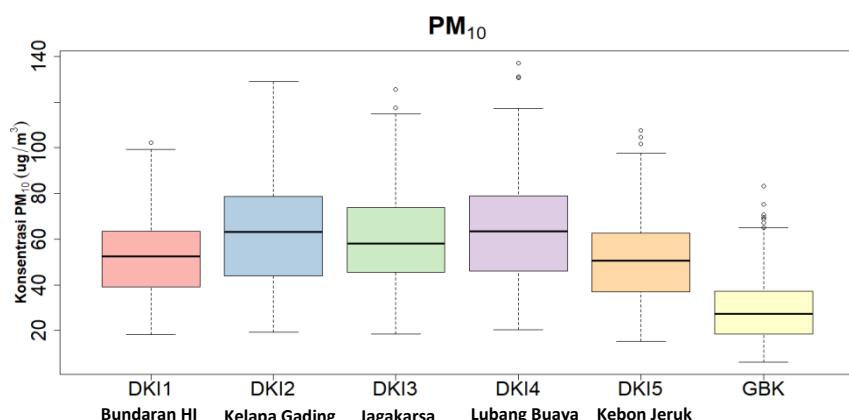


Gambar 32 Konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} per bulan tahun 2022 pada tiap SPKUA

b. PM₁₀

Menurut WHO (2006), sumber 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. 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%. Parameter PM₁₀ diukur baik di SPKUA DKI1 – DKI5, juga di GBK dan BMKG, tetapi tidak ada pengukuran di lokasi pemantauan US Embassy.

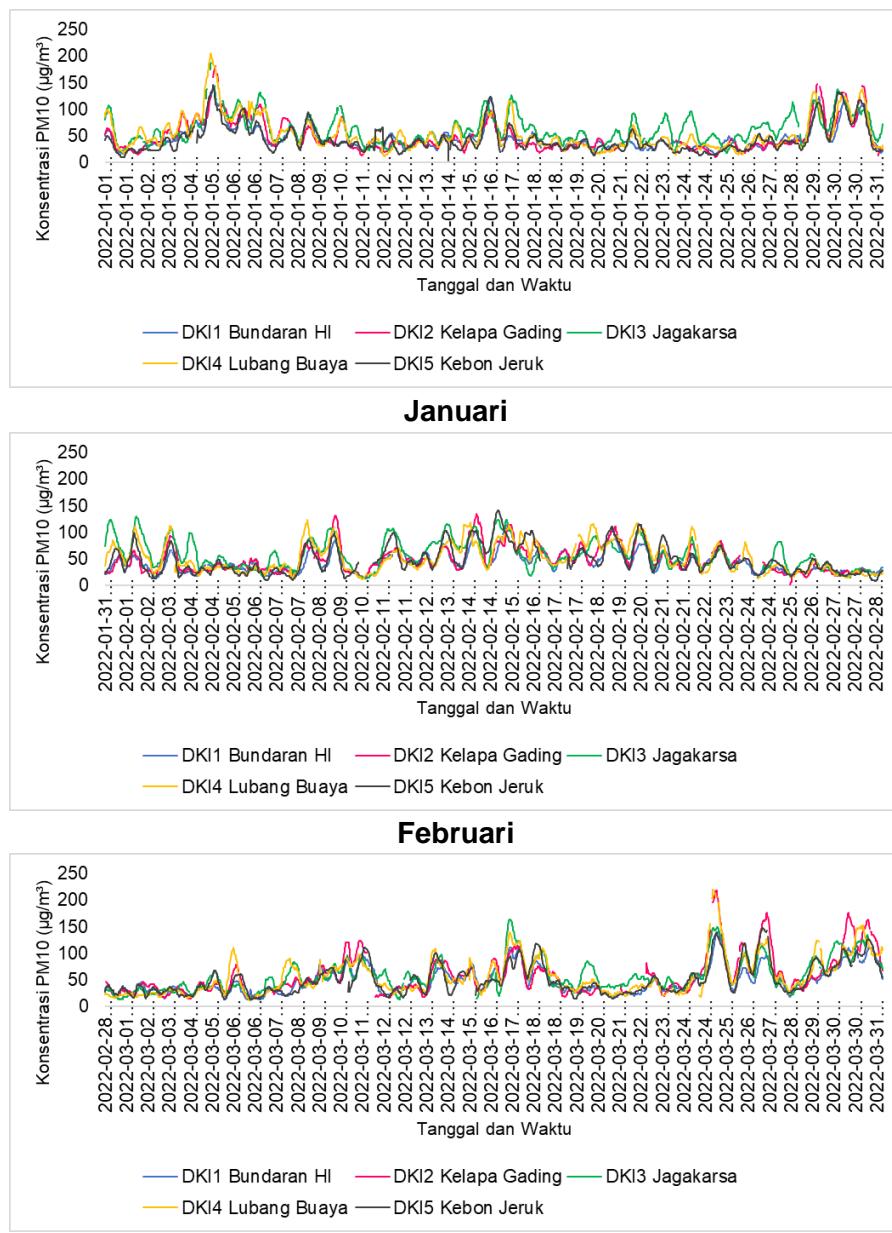
Data konsentrasi PM₁₀ harian hasil pemantauan pada bulan Januari – Desember 2022 menunjukkan kisaran konsentrasi PM₁₀ yang terukur di SPKUA DLH DKI relatif tidak banyak data ekstrim atau pencilan (Gambar 33). Nilai rata-rata terendah untuk DLH DKI tercatat di DKI5 Kebon Jeruk, sementara 4 SPKUA lain relatif sama, hanya kisarannya cukup besar di DKI2 Kelapa Gading dan DKI4 Lubang Buaya. Nilai rata-rata PM₁₀ di GBK lebih rendah dibanding lokasi lain. Data stasiun BMKG tidak dimasukkan dalam boxplot, karena tidak lengkap (Januari – Maret).



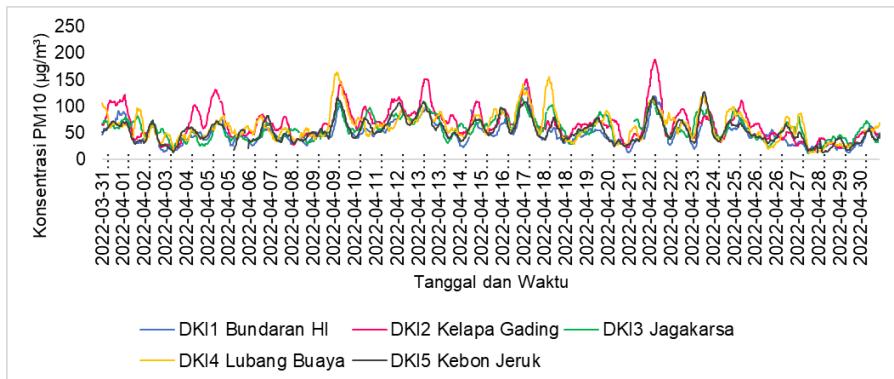
Gambar 33 Kisaran nilai konsentrasi PM₁₀ harian antar lokasi pemantauan tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit: DLH DKI, GBK, dan BMKG

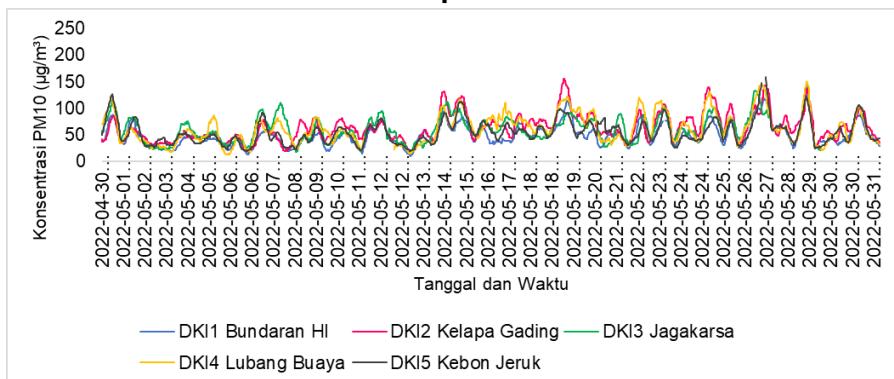
Fluktuasi konsentrasi PM₁₀, memiliki pola kenaikan dan penurunan konsentrasi hampir sama di setiap lokasi, sehingga dari grafik terlihat pola pergerakan yang sama (Gambar 34). Sebagai contoh pada tanggal 5 Januari, konsentrasi PM₁₀ meningkat di semua lokasi, begitu pula pada 24 – 25 Maret, serta 25 – 26 Agustus, pola di semua lokasi SPKUA sama.



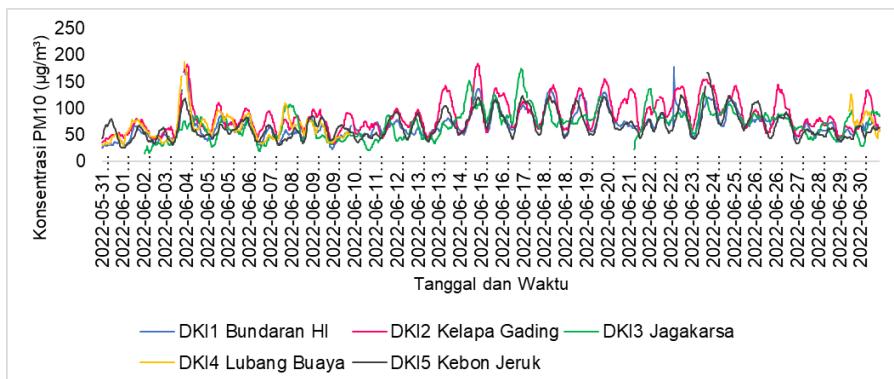
Gambar 34 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2022



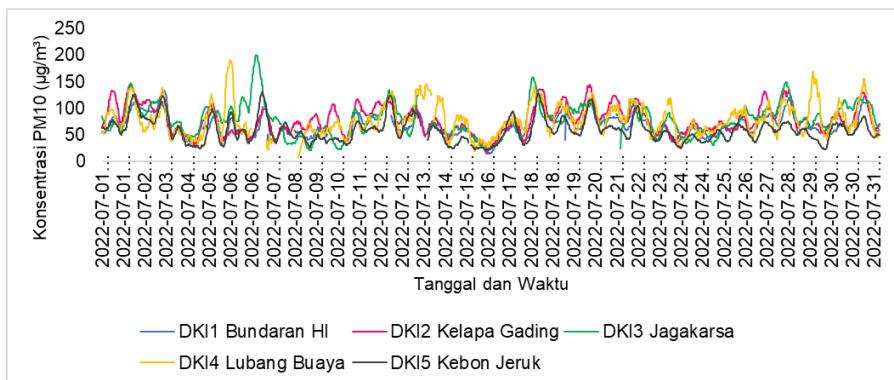
April



Mei

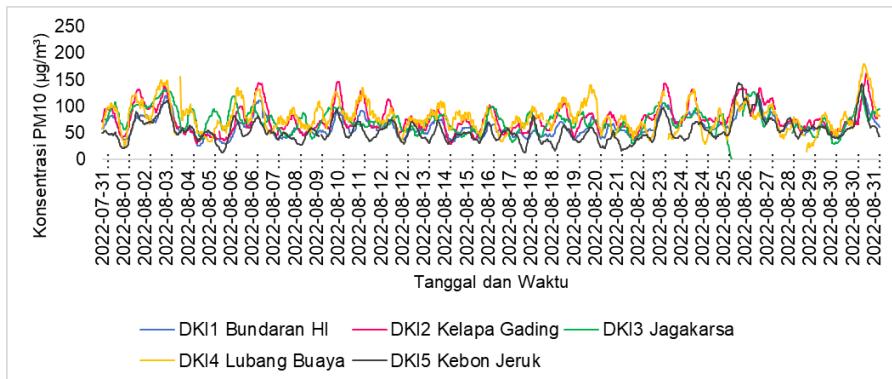


Juni

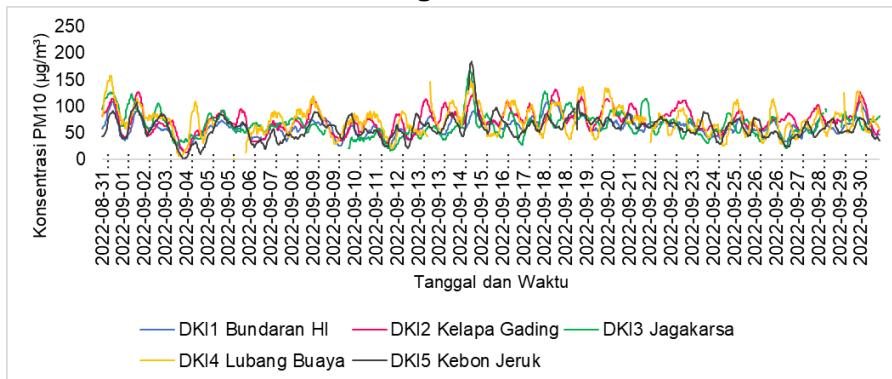


Juli

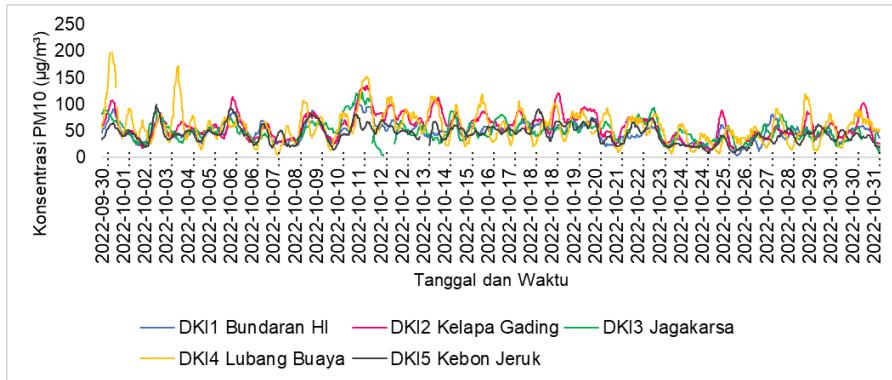
Gambar 34 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2022



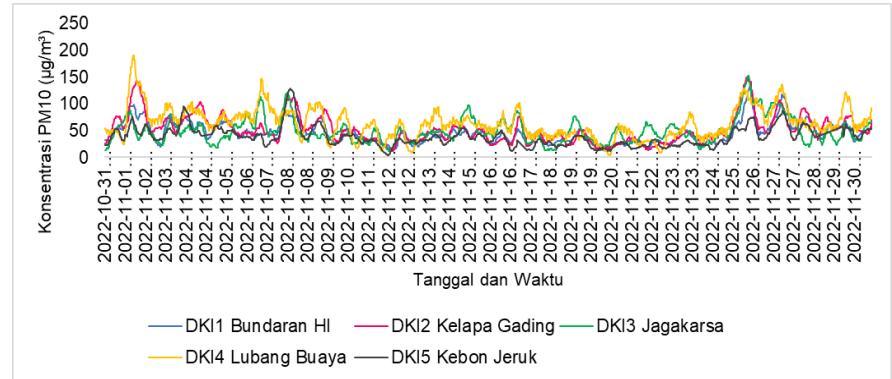
Agustus



September

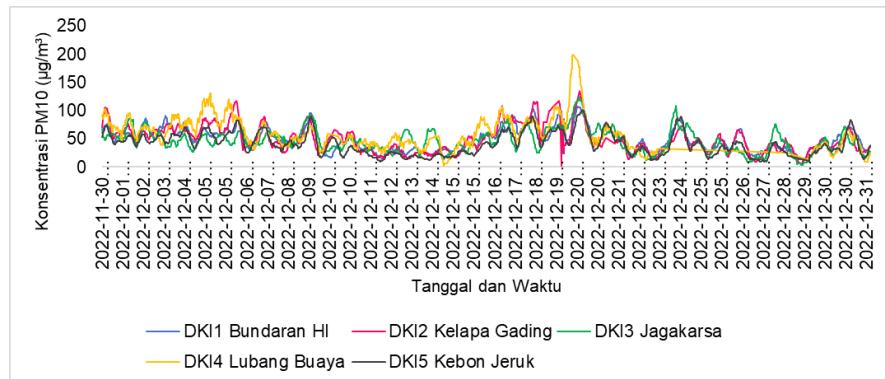


Oktober



November

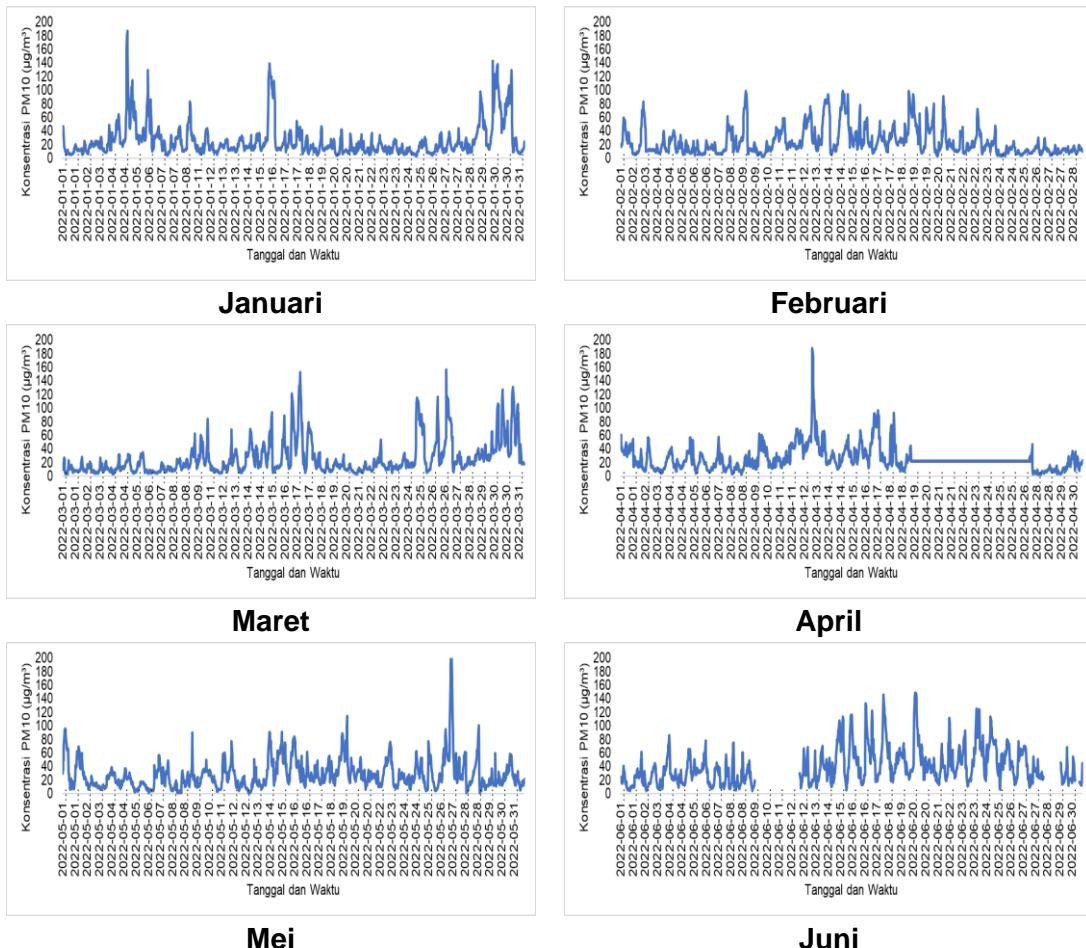
Gambar 34 lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2022



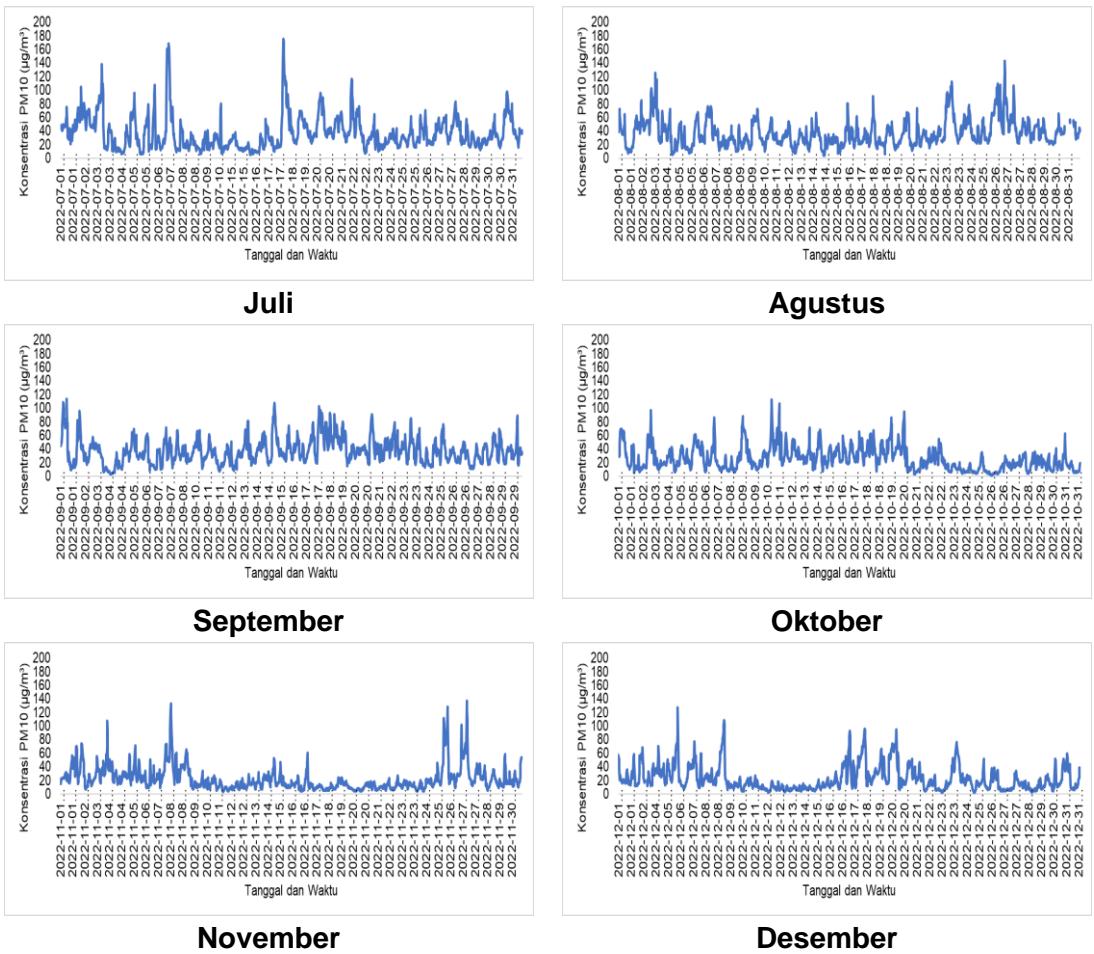
Desember

Gambar 34 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK relatif sama, namun ada data-data penciran cukup ekstrim dibanding data sebelum dan sesudahnya, yaitu pada bulan Januari dan April dengan konsentrasi maksimum mencapai sekitar 187 µg/m³, dan sekitar 200 µg/m³ pada bulan Mei (Gambar 35).



Gambar 35 Fluktuasi harian konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK bulan tahun 2022



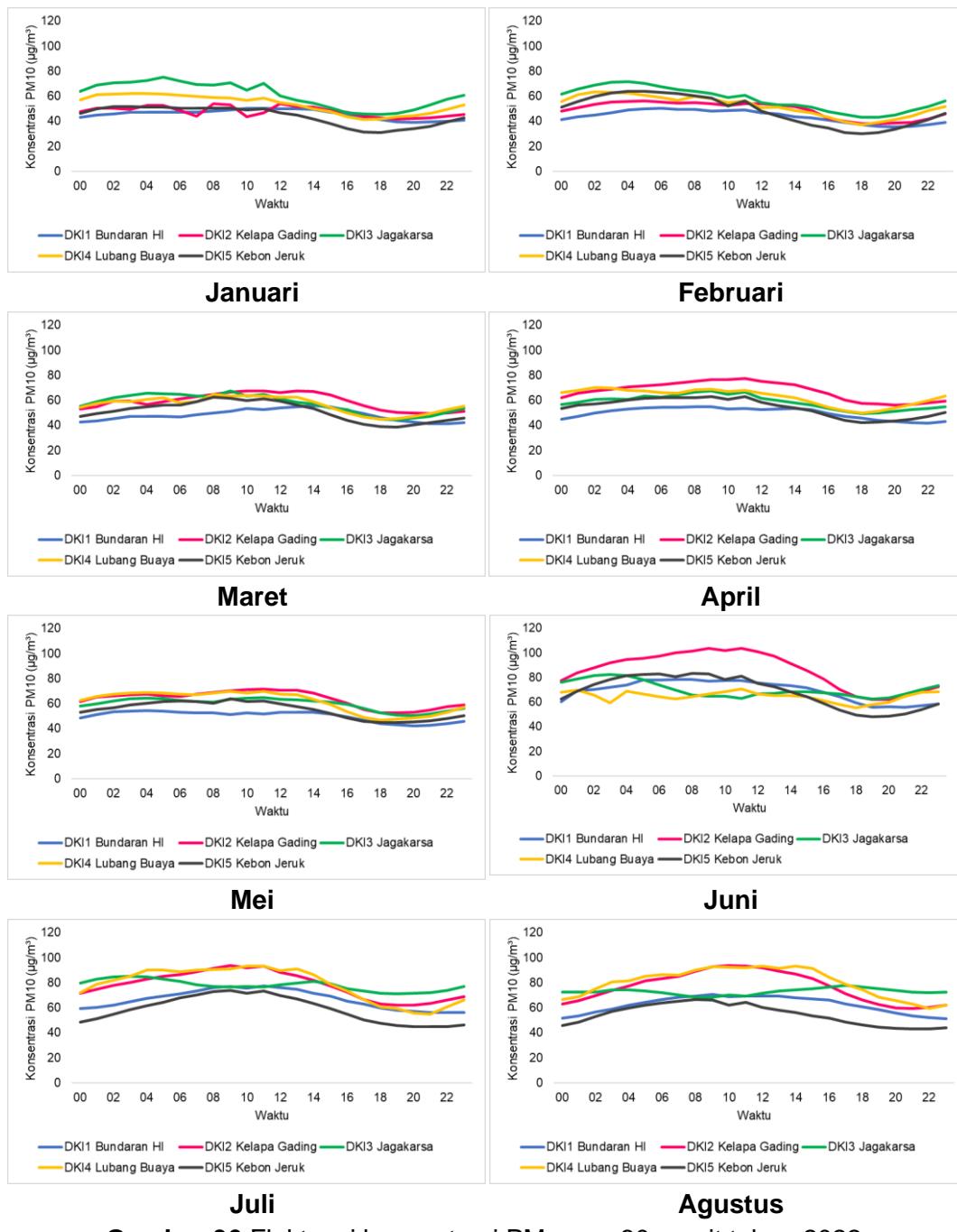
Gambar 35 lanjutan Fluktuasi harian konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi diurnal PM₁₀ perjam: DLH DKI, GBK, dan BMKG

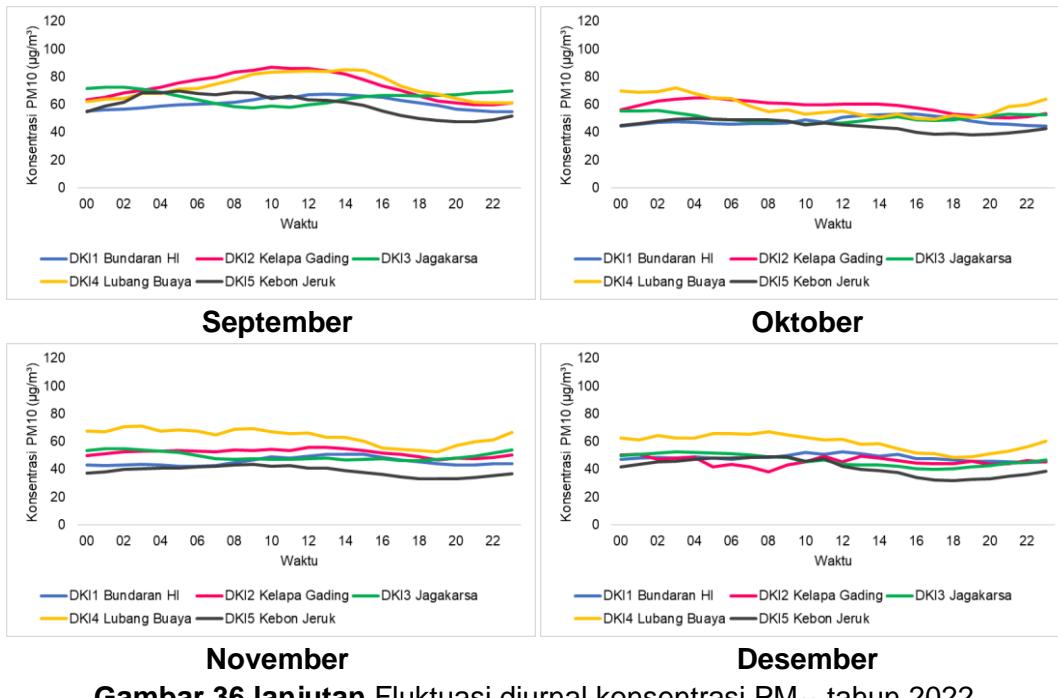
Berdasarkan fluktuasi harian (diurnal), konsentrasi rata-rata per jam PM₁₀ menunjukkan peningkatan konsentrasi pada malam hingga dini hari, dan menurun pada siang hari hingga terendah pada kisaran pukul 17.00 – 19.00 WIB (Gambar 36). Malam hari dengan kondisi atmosfer stabil, maka potensi terjadi akumulasi 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. Namun demikian, pola peningkatan konsentrasi PM₁₀ berubah saat memasuki bulan kering April – September, terjadi konsentrasi maksimum pada siang hari. Hal ini berkaitan dengan udara yang kering, pemanasan pada siang hari menyebabkan proses konveksi masa udara, terangkat sehingga debu atau partikulat memenuhi ruang udara di atas permukaan. Sehingga konsentrasi terukur tinggi, dengan nilai maksimum dapat mencapai 90 – 100 µg/m³.

Konsentrasi rata-rata diurnal tertinggi pada bulan Januari dan Februari adalah DKI3 Jagakarsa, namun pada pertengahan Maret hingga Oktober konsentrasi diurnal yang tinggi adalah DKI2 Kelapa Gading. Lokasi yang menunjukkan variasi diurnal konsentrasi PM₁₀ paling rendah adalah DKI1 Bundaran HI selama Januari – Mei, pada bulan Juni – Desember terendah di DKI5 Kebon Jeruk. Pada bulan Juli – Desember, DKI2 Kelapa Gading dan DKI4 Lubang Buaya memiliki nilai konsentrasi

maksimum PM₁₀ diurnal tertinggi di antara 3 SPKUA lain, kecuali di DKI2 Kelapa Gading bulan Desember.



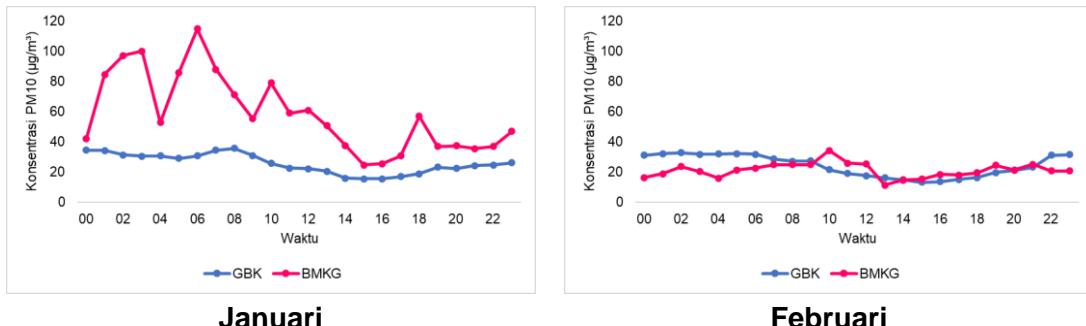
Gambar 36 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ per 30 menit tahun 2022



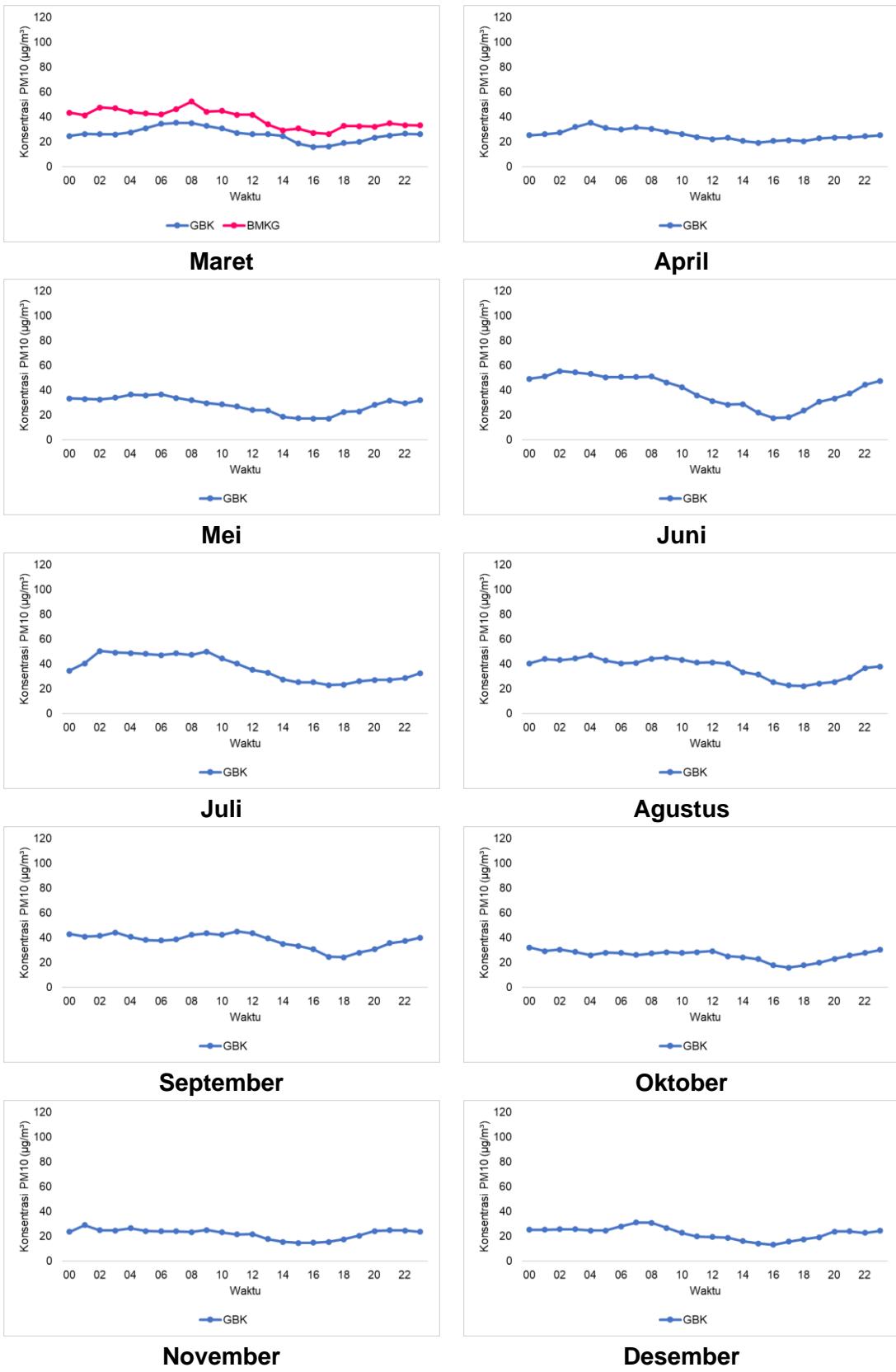
Gambar 36 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM₁₀ tahun 2022

Fluktuasi diurnal per jam dari data GBK menunjukkan pola yang hampir serupa (Gambar 37). Konsentrasi maksimum tercatat pada tengah malam, dan konsentrasi menurun menjelang siang hari. Akan tetapi, fluktuasi harianya relatif kecil, sehingga terlihat lebih datar sepanjang hari.

Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ diurnal di Kemayoran (BMKG) juga menunjukkan pola yang tidak terlalu besar kisaran nilai minimum dan maksimumnya, kecuali pada bulan Januari, konsentrasi sangat tinggi dibandingkan bulan lainnya. Hal ini juga sesuai dengan pola PM_{2.5}. Data dari BMKG baru terkumpulkan hingga bulan Maret untuk PM₁₀. Konsentrasi PM₁₀ rata-rata diurnal di GBK, mencapai nilai minimum pada kisaran pukul 16.00 – 18.00 WIB, dengan nilai tertinggi masih di bawah nilai 60 µg/m³. Nilai konsentrasi tersebut relatif lebih rendah dibandingkan konsentrasi PM₁₀ yang terukur di 5 SPKUA DLH DKI.



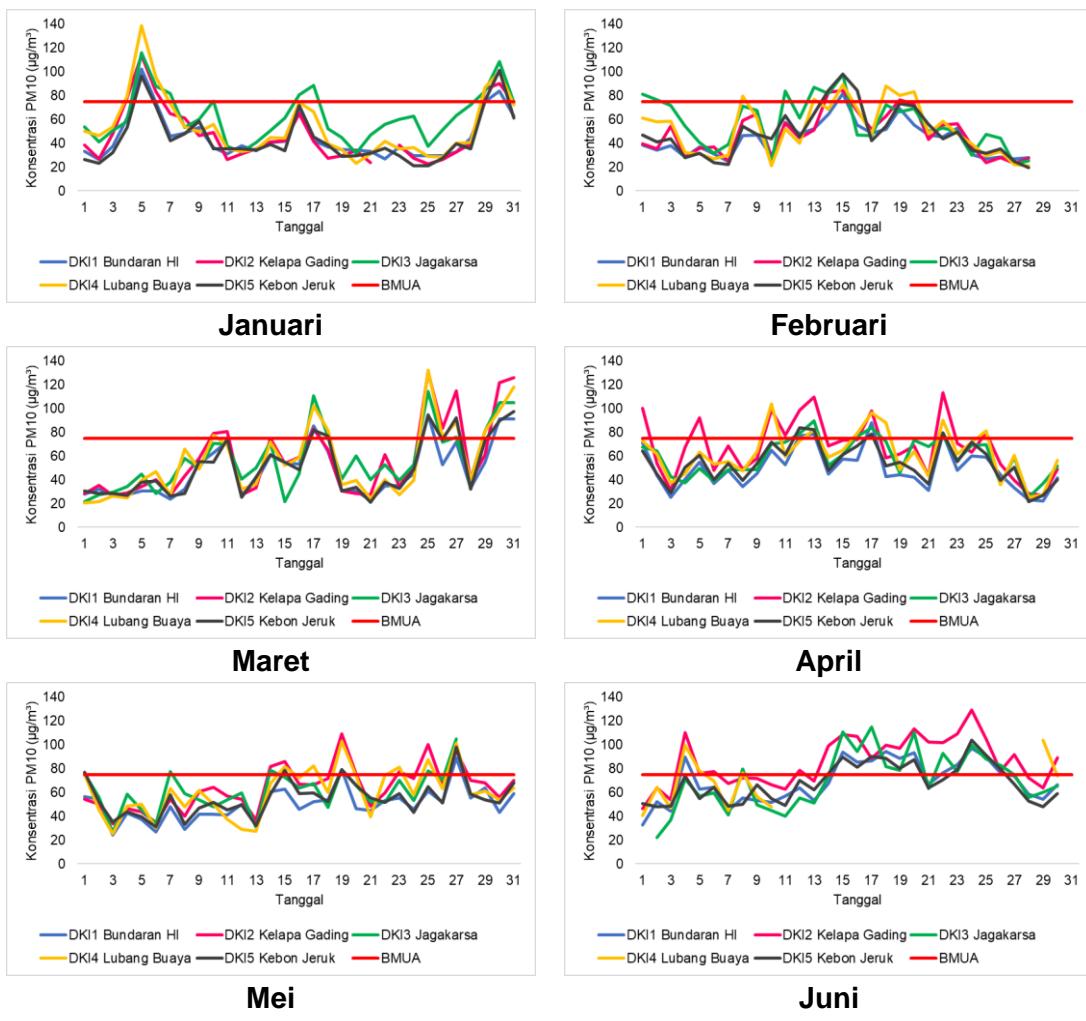
Gambar 37 Fluktuasi diurnal konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022



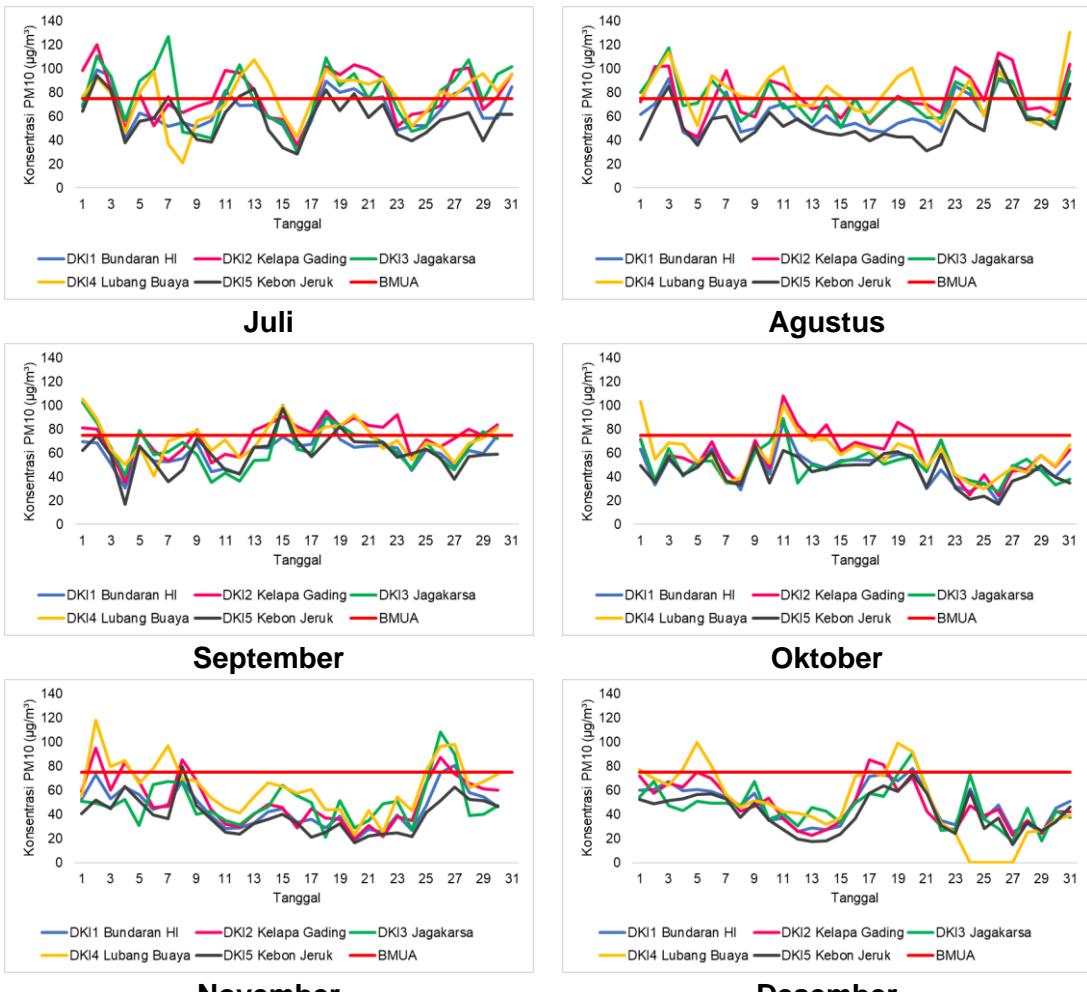
Gambar 37 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi PM_{10} di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022

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 µg/m³. Gambar 38 menunjukkan fluktuasi nilai konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian pada bulan Januari – Desember 2022. Konsentrasi rata-rata harian tertinggi terukur di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Januari. Jika dibandingkan dengan nilai BMUA nasional, maka terlihat pada tanggal 5 – 7 Januari dan 28 – 30 Januari memiliki nilai rata-rata harian di semua SPKUA melebihi nilai BMUA nasional. Pada bulan April – Agustus, jumlah data yang berada di atas nilai BMUA meningkat, kemudian menurun pada bulan September – Desember.

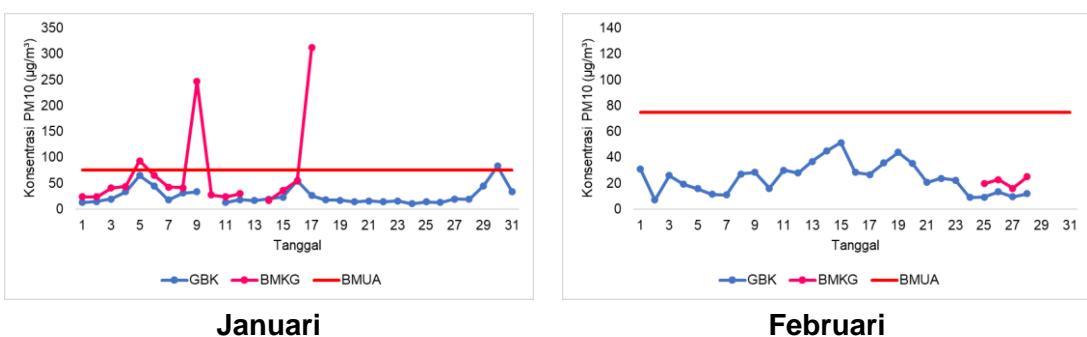


Gambar 38 Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian tahun 2022

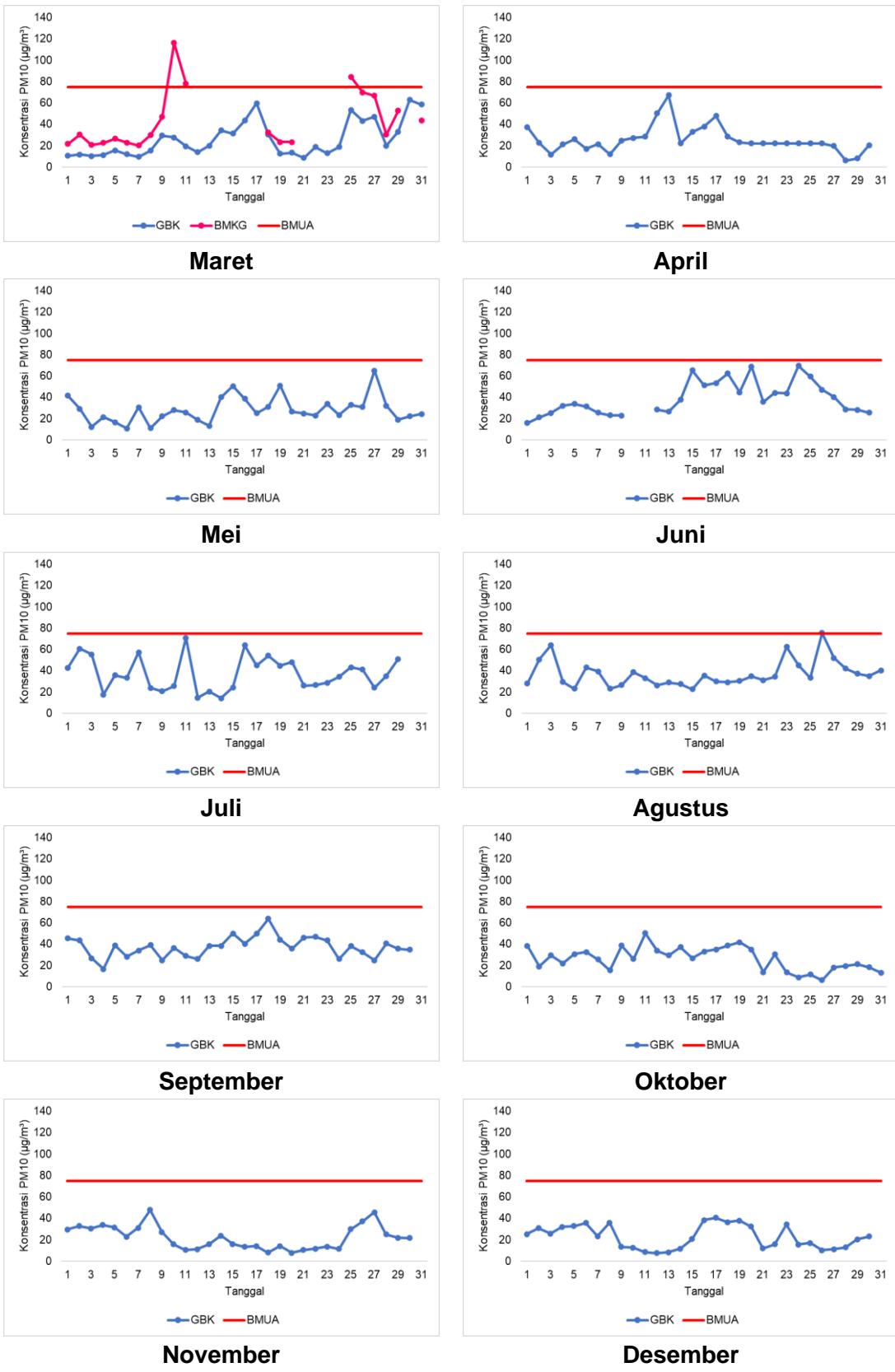


Gambar 38 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian tahun 2022

Nilai konsentrasi rata-rata harian di lokasi lain lebih rendah daripada di SPKUA DLH DKI, kecuali di BMKG pada bulan Januari. Konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian di GBK pada periode Januari – Desember 2022 pada umumnya \leq BMUA 24 jam. Kondisi konsentrasi saat memasuki musim kemarau cenderung meningkat hingga mendekati nilai BMUA 24 jam (Gambar 39).

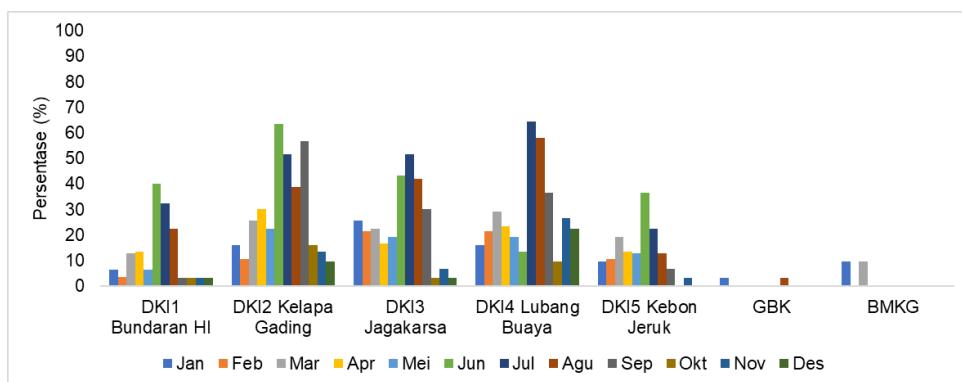


Gambar 39 Fluktuasi harian konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022



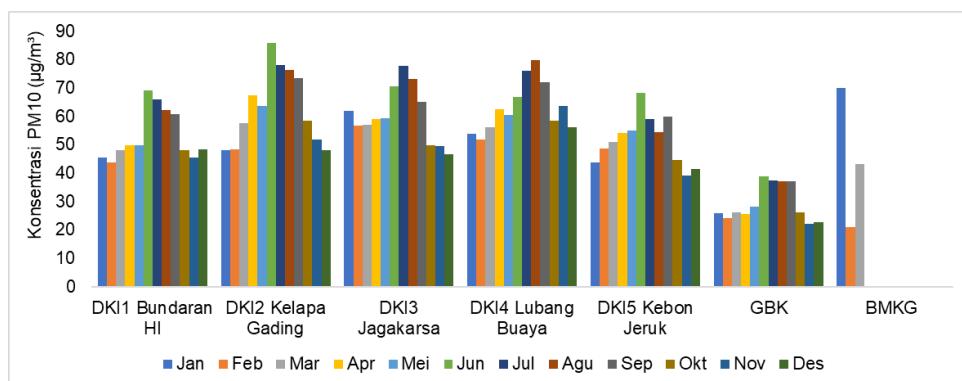
Gambar 39 Lanjutan Fluktuasi harian konsentrasi PM₁₀ di Stasiun GBK dan BMKG tahun 2022

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 Juli yaitu mencapai 64.5%. Pada semua titik pemantauan selama Januari – Desember terdapat data hari dengan konsentrasi PM₁₀ rata-rata harian melebihi nilai BMUA 24 jam, namun yang menunjukkan peningkatan yang signifikan adalah data SKPWA DKI4 Lubang Buaya (Gambar 40). Bulan Juli dan Agustus merupakan bulan dengan persentase terbesar. Hal ini sejalan dengan kondisi musim kemarau, curah hujan menurun, udara lebih kering, konsentrasi partikulat di udara menjadi lebih tinggi.



Gambar 40 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 selama Januari – Desember di semua lokasi pemantauan menunjukkan peningkatan dari mulai bulan Februari. Peningkatan terbesar terjadi pada bulan Juni di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk, bulan Juli di DKI3 Jagakarsa dan bulan Agustus di DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan, tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading pada bulan Juni. Sementara konsentrasi PM₁₀ di GBK relatif lebih rendah dibandingkan SPKUA lainnya (Gambar 41). Sebagaimana disampaikan sebelumnya bahwa memasuki bulan kering, konsentrasi partikulat meningkat, sebaliknya memasuki musim hujan konsentrasi menurun.

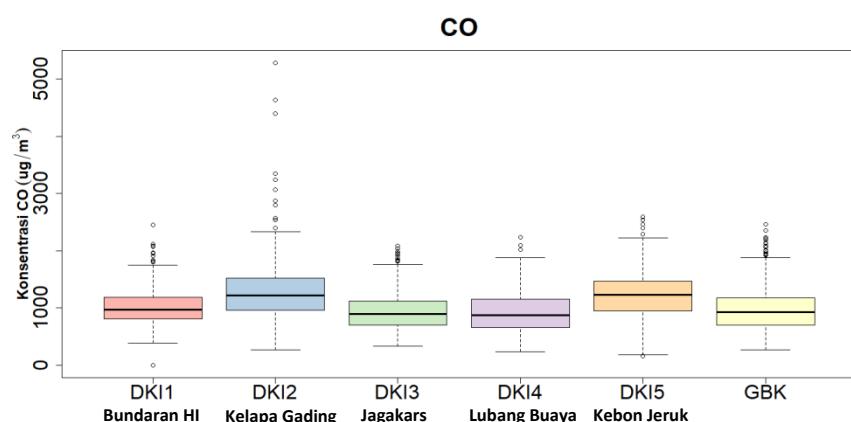


Gambar 41 Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKUA

2.1.2. Karbonmonoksida (CO)

Sumber emisi CO terutama 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.

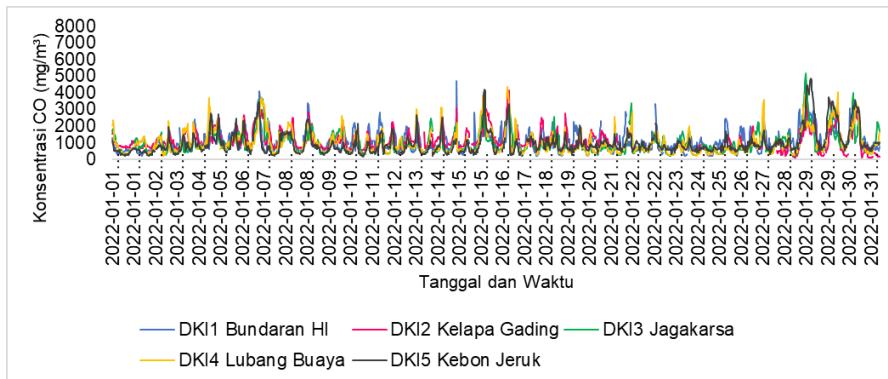
Data nilai kisaran konsentrasi CO hasil pemantauan pada bulan Januari – Desember 2022 di 5 Stasiun DLH DKI Jakarta dan stasiun GBK disajikan dalam bentuk *boxplot* (Gambar 42). Berdasar analisis boxplot memberikan gambaran kisaran nilai konsentrasi yang beragam antar tempat, terutama nilai maksimum. Konsentrasi rata-rata tertinggi terdapat di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk, terendah di DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya, dan Stasiun GBK. Kisaran terbesar terukur di DKI2 Kelapa Gading. Nilai rata-rata CO cukup rendah, namun terdapat nilai konsentrasi yang tinggi di lokasi pemantauan Kelapa gading (DKI 2), hingga $> 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini dapat terjadi ketika terdapat kepadatan lalu lintas di sekitar pemantauan.



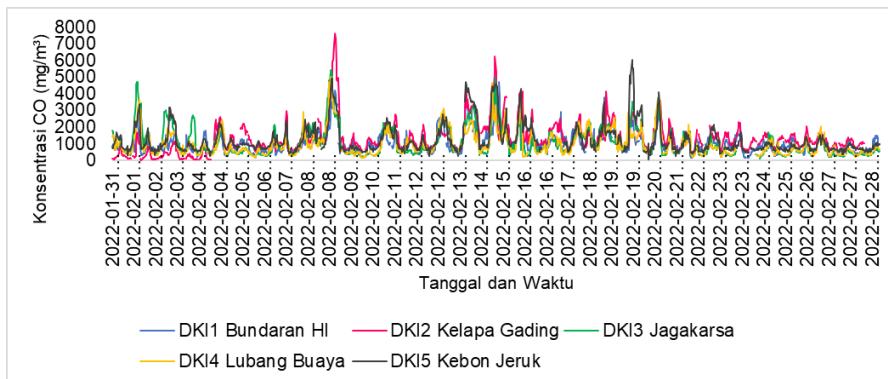
Gambar 42 Kisaran nilai konsentrasi CO harian antar lokasi pemantauan tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit

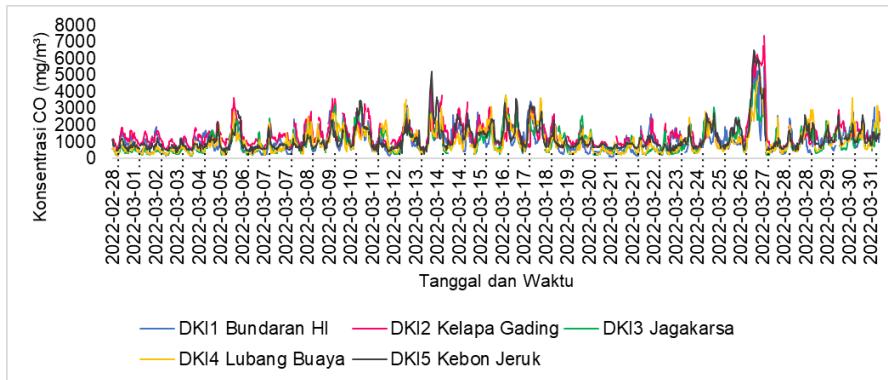
Secara umum konsentrasi CO per 30 menit bulan Januari – Desember 2022 (Gambar 43) menunjukkan nilai fluktuatif, karena akan dipengaruhi sumber emisi di permukaan. Konsentrasi tertinggi terukur di bulan Februari, Maret, Juni mencapai $7000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, namun pada bulan lainnya konsentrasi CO $< 6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Akan tetapi, pada tanggal 20 – 28 Desember di DKI2 Kelapa Gading konsentrasi CO mencapai lebih dari $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 43). Sementara itu, nilai konsentrasi CO di GBK pada umumnya menunjukkan nilai $< 2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 44).



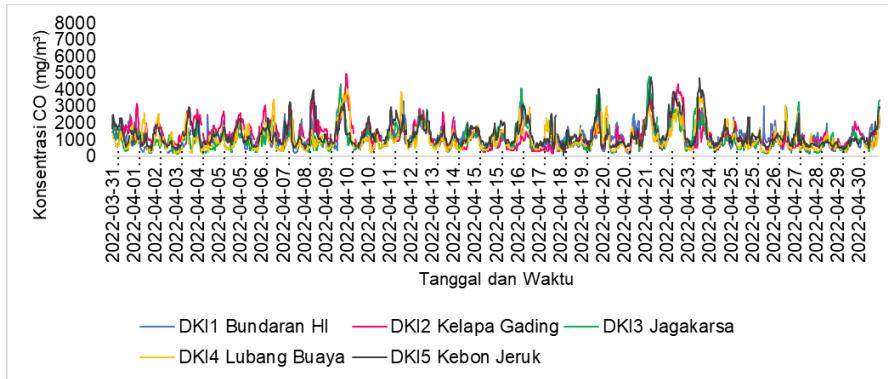
Januari



Februari

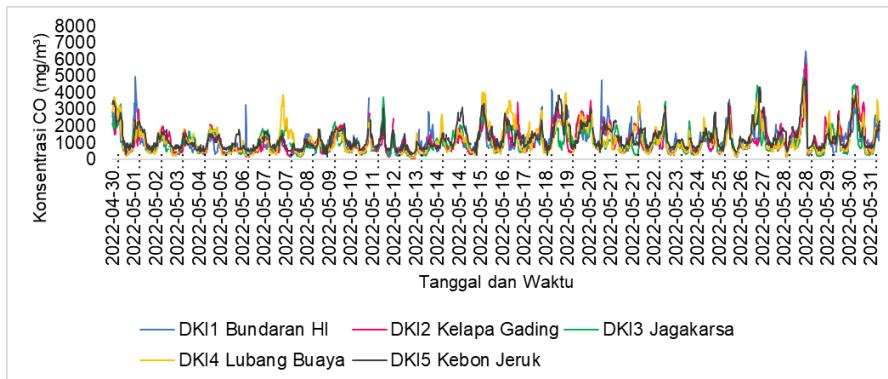


Maret

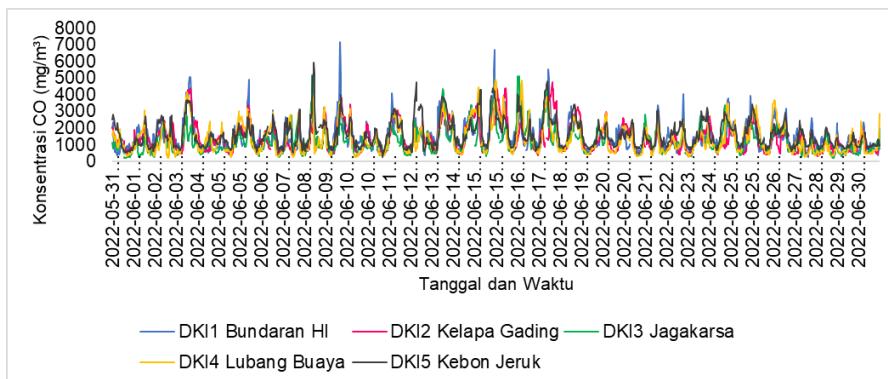


April

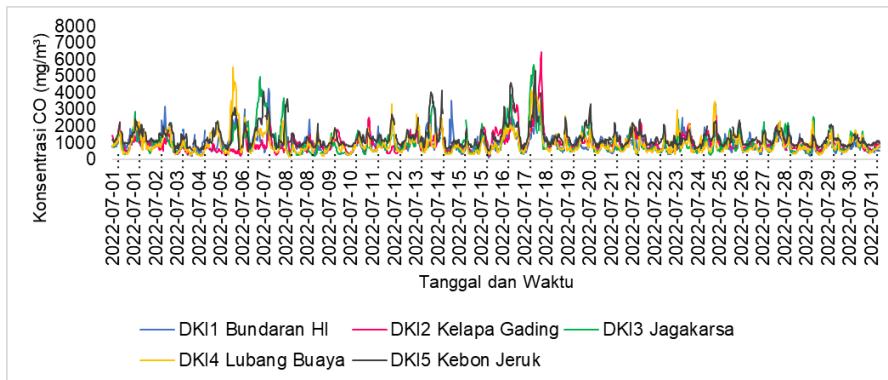
Gambar 43 Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2022



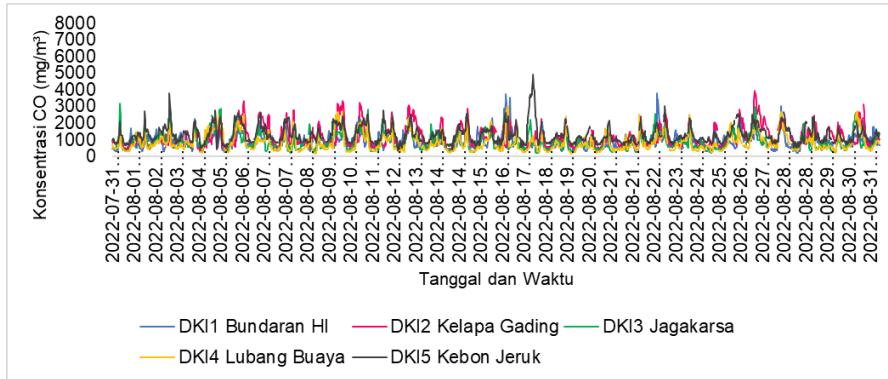
Mei



Juni

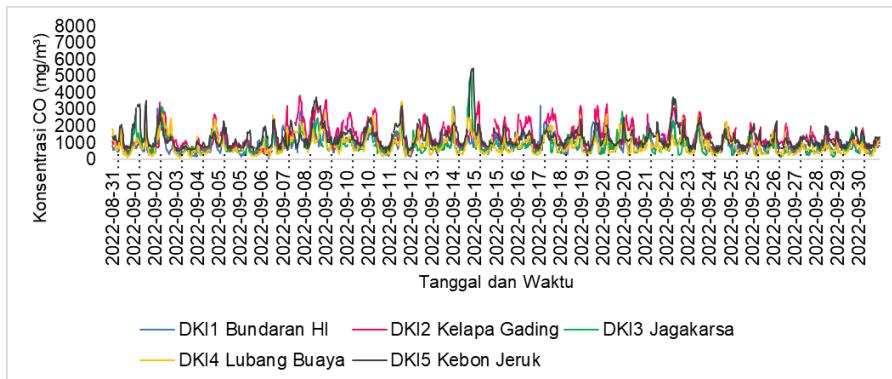


Juli

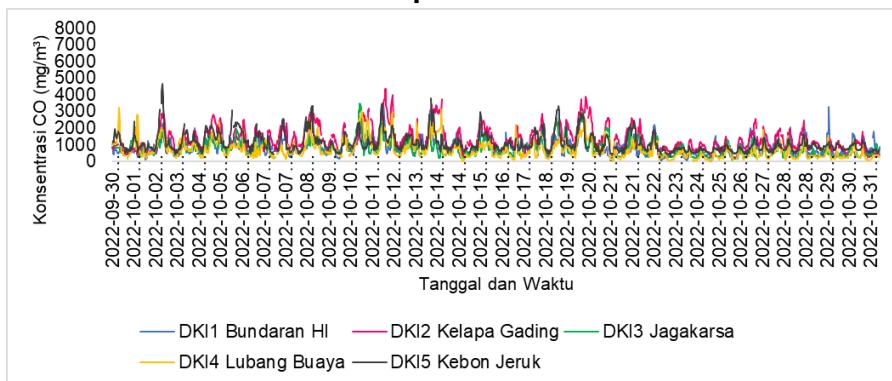


Agustus

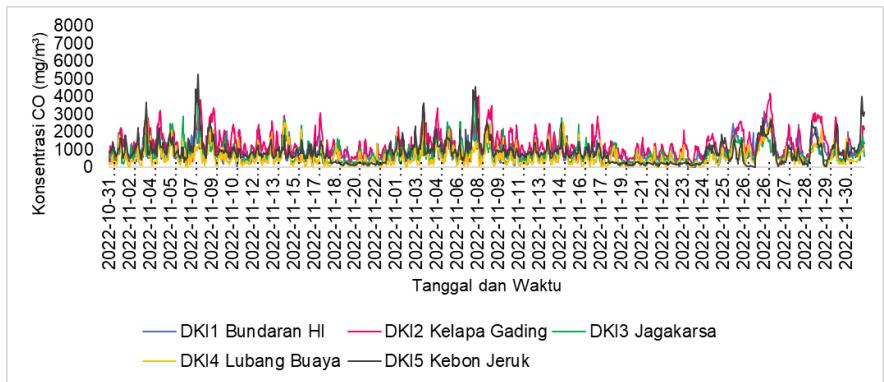
Gambar 43 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2022



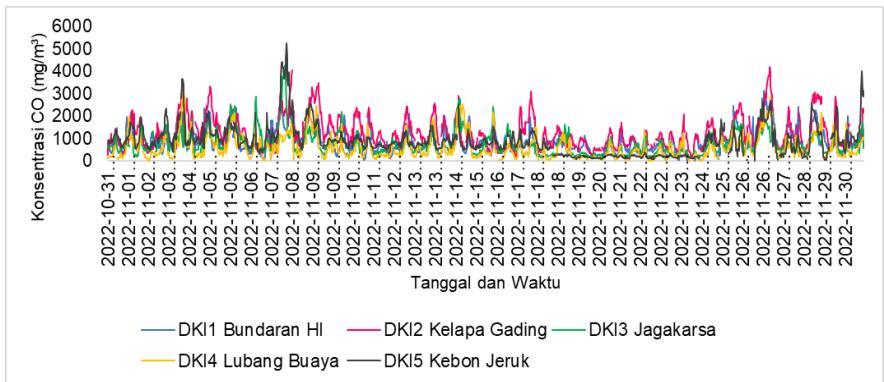
September



Oktober

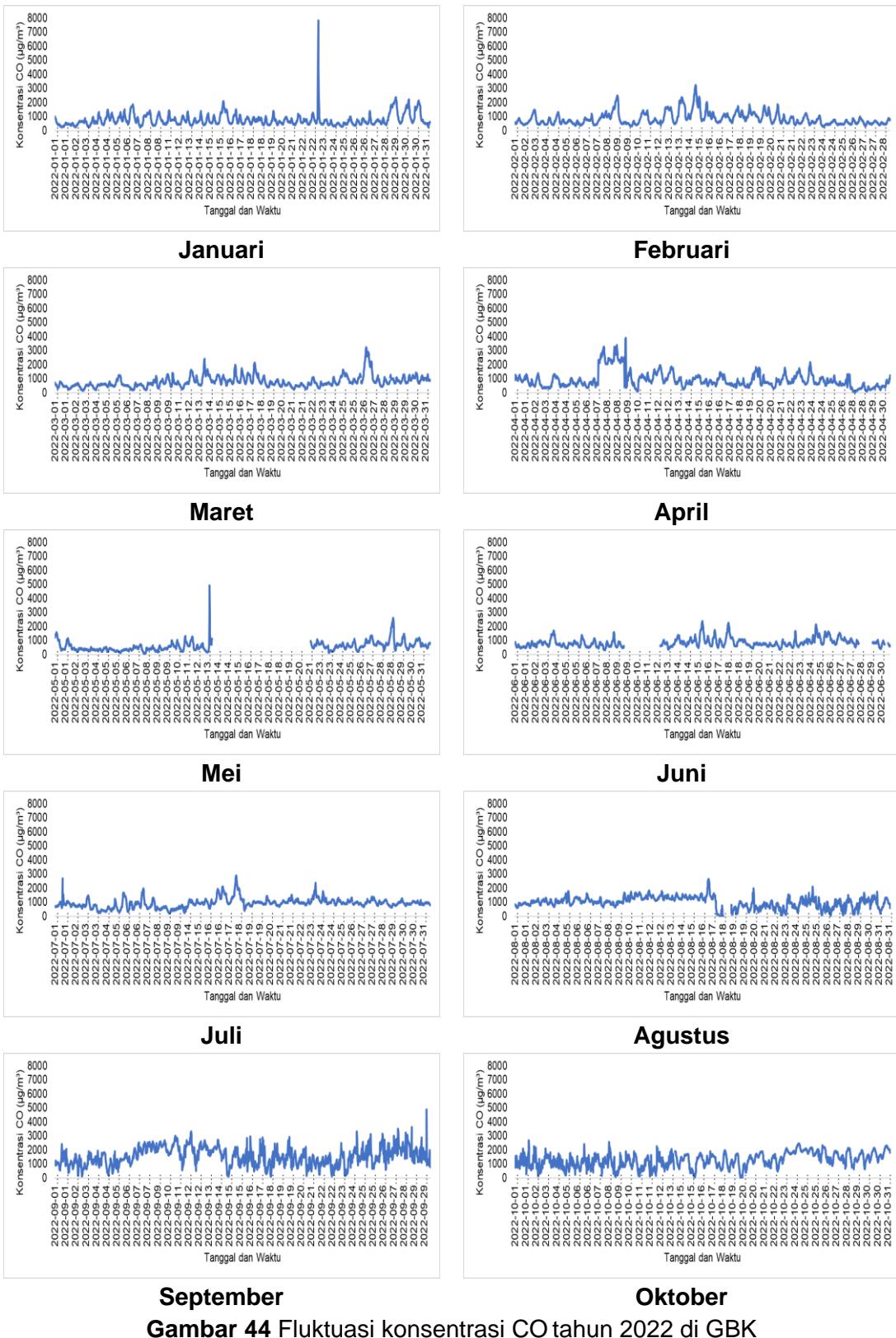


November

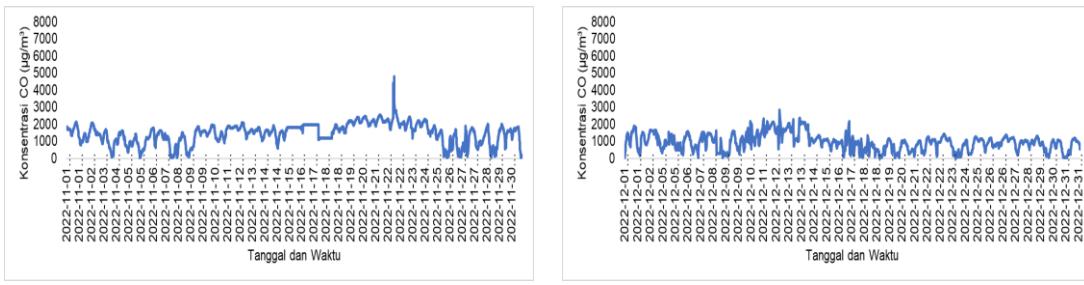


Desember

Gambar 43 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO per 30 menit tahun 2022



Gambar 44 Fluktuasi konsentrasi CO tahun 2022 di GBK

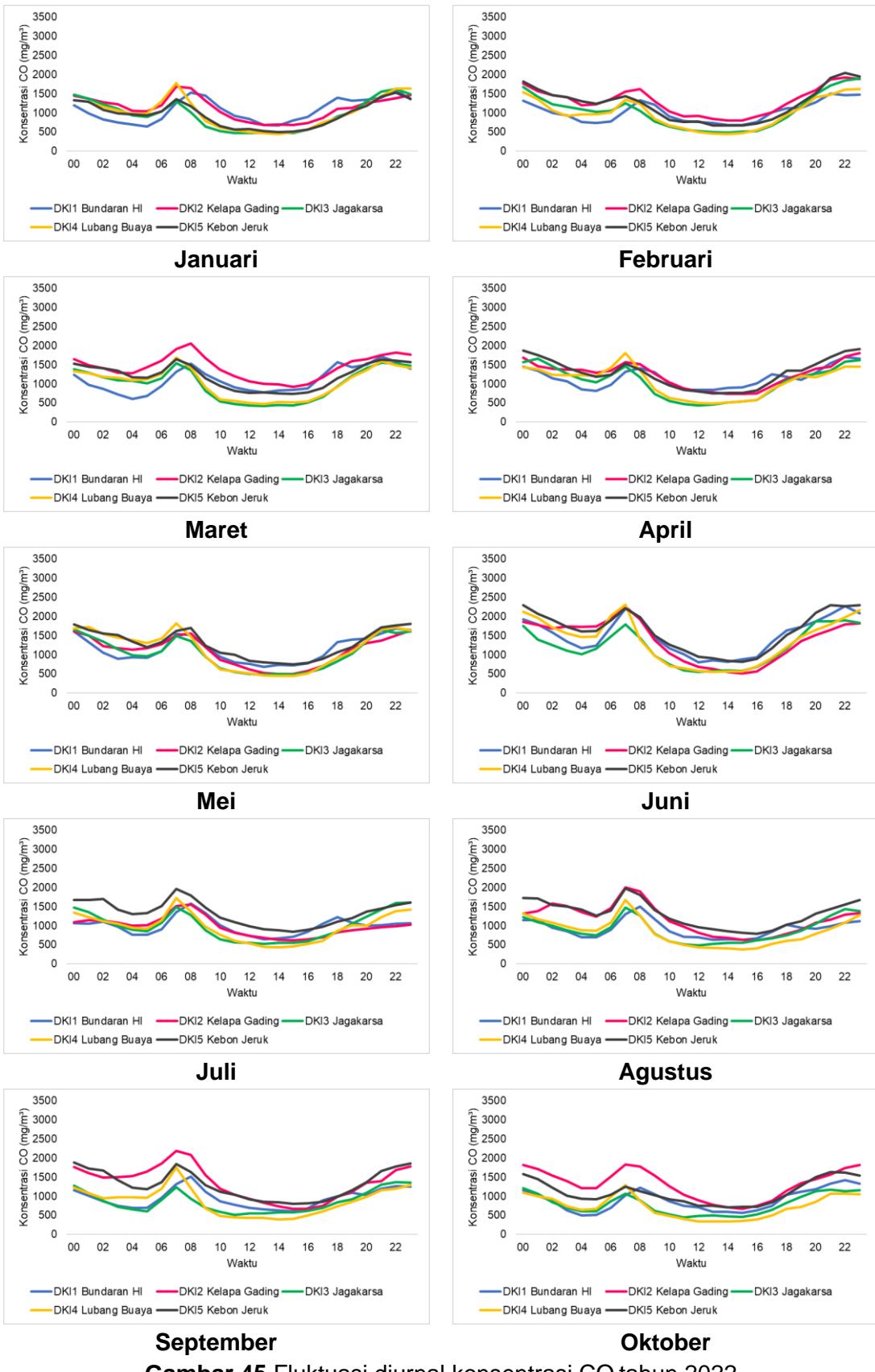


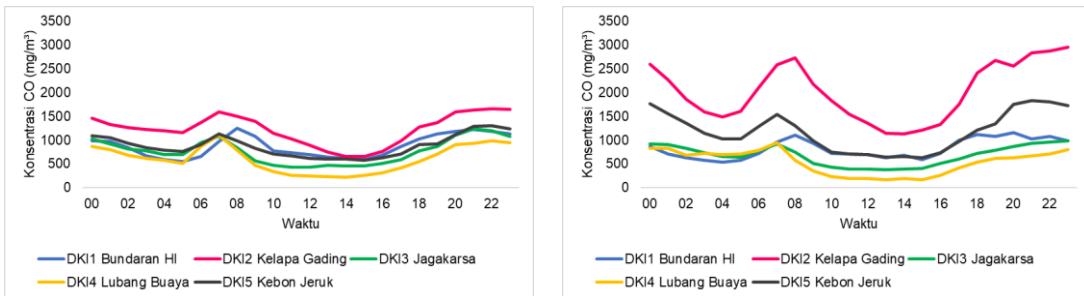
November
Desember
Gambar 44 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO tahun 2022 di GBK

Fluktuasi konsentrasi CO diurnal per jam

Konsentrasi CO diurnal bulan Januari – Desember nilainya jauh di bawah nilai BMUA 1 jam daerah maupun nasional berturut-turut sebesar $26000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 45). Secara umum di seluruh SPKUA konsentrasi CO meningkat menjelang malam dan menurun di siang hari. Stabilitas udara meningkat di malam hari sehingga potensi pencemar terakumulasi di permukaan. Pada pagi hari terjadi peningkatan sekitar pukul 7.00 – 9.00 WIB, setiap SPKUA berbeda waktu. Hal ini diakibatkan oleh kepadatan lalu lintas pada saat berangkat kerja sebagian besar masyarakat DKI Jakarta dan juga warga luar DKI yang bekerja di kota Jakarta.

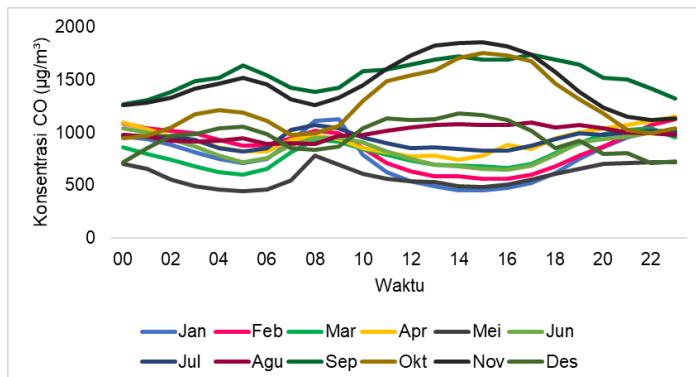
Area sekitar SPKUA DKI4 Lubang Buaya mengalami puncak konsentrasi CO di pagi hari cenderung lebih awal dibanding lokasi lain dan paling siang di DKI1 Bundaran HI. Pada siang hari DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading memiliki konsentrasi CO lebih tinggi daripada lainnya, sedangkan DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya relatif rendah di siang hari. Lokasi DKI1 Bundaran HI juga mengalami kenaikan konsentrasi CO pada sore hari sekitar pukul 17.00 – 18.00 WIB, yang sangat berkaitan dengan aktivitas pulang bekerja, karena sekitar Bundaran HI merupakan area perkantoran. Di malam hari, lokasi SPKUA DKI4 Lubang Buaya yang cenderung lebih tinggi. Hal ini dapat menggambarkan bahwa tingkat kepadatan lalu lintas di sekitar SPKUA berbeda waktunya. Selain kepadatan lalu lintas, konsentrasi CO juga dapat meningkat dengan adanya aktivitas pembakaran sampah ataupun jenis proses pembakaran tidak sempurna lainnya di sekitar pemantau. Kisaran fluktuasi konsentrasi CO diurnal relatif stabil dari Januari hingga Desember 2022. Namun demikian, sejalan dengan adanya peningkatan konsentrasi CO di DKI2 Kelapa Gading, pada bulan Desember fluktuasi harian konsentrasi CO di lokasi tersebut jauh lebih tinggi dibanding lokasi lain.





Gambar 45 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2022

Pola yang hampir sama juga terlihat di GBK baik bulan Januari – Agustus, dengan puncak konsentrasi pada malam hari, namun tercatat konsentrasi yang lebih tinggi pada pagi hari sekitar pukul 08.00 – 9.00 WIB pada bulan Januari. Hal ini besar kemungkinan berkaitan dengan aktivitas kendaraan bermotor pada pagi hari. Namun, pola pada bulan September – Desember berbeda, konsentrasi tinggi pada jam 5 pagi, kemudian menurun pada jam 8 pagi dan meningkat menjelang siang, menurun kembali menjelang malam. Konsentrasi tertingginya terjadi sekitar pukul 14.00 – 17.00 WIB, hal ini berkebalikan polanya dengan bulan Januari – Agustus (Gambar 46). Kondisi ini dapat dipengaruhi kondisi sumber emisi sekitar GBK pada periode tersebut.



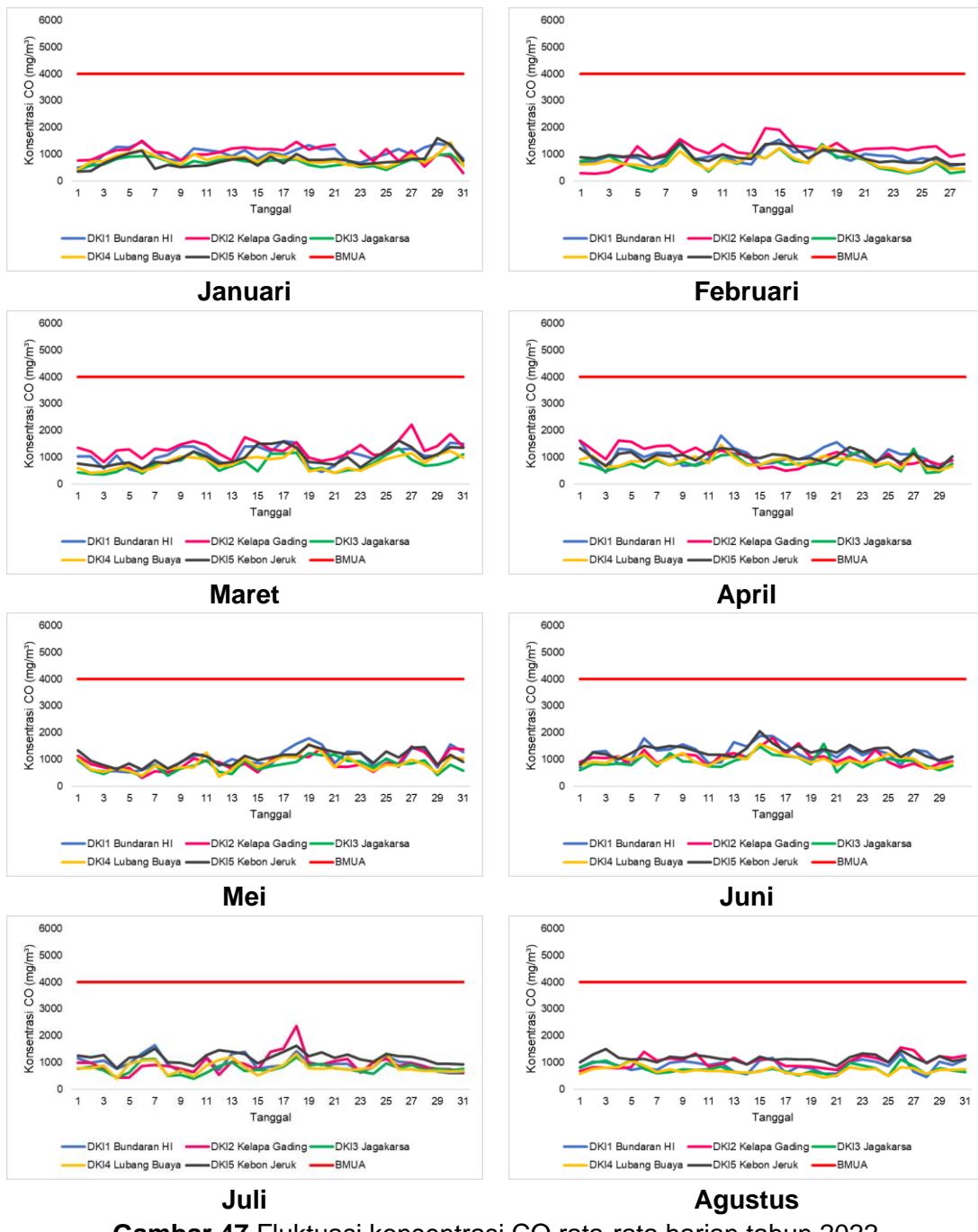
Gambar 46 Fluktuasi diurnal konsentrasi CO tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

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

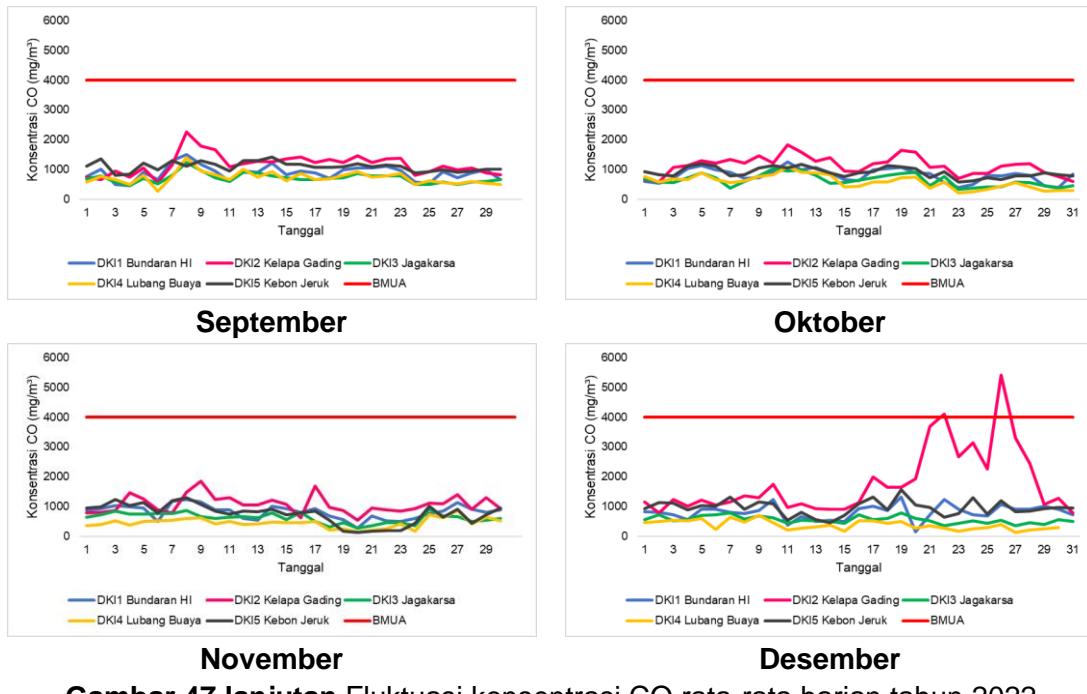
Berdasar Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, BMUA nasional CO periodenya adalah 8 jam. Oleh karena itu, untuk perbandingan dengan nilai BMUA tersebut, konsentrasi CO dibuat rata-rata pukul 06.00 – 18.00 WIB. Hasilnya menunjukkan konsentrasi rata-rata 8 jam CO masih di bawah nilai BMUA nasional maupun daerah sebesar 4000 µg/m³ dan 9000 µg/m³, fluktuasi pada masing-masing SPKUA ditunjukkan pada Gambar 47.

Pola fluktuasi sangat beragam antar lokasi, yang menunjukkan sumber emisinya berbeda besaran dan waktu, kecuali pada bulan Februari polanya hampir sama. Fluktuasi nilai konsentrasi rata-rata harian setiap bulan antar lokasi sangat beragam, namun keseluruhan masih dibawah nilai 3000 µg/m³ dan masih dibawah nilai BMUA nasional, yaitu 4000 µg/m³. Akan tetapi, di DKI2 Kelapa Gading pada 17

- 28 Desember konsentrasi rata-rata harian meningkat tajam bahkan hingga melebihi nilai BMUA.

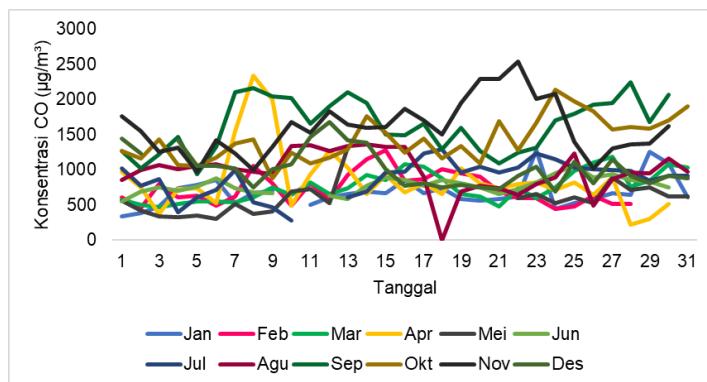


Gambar 47 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian tahun 2022



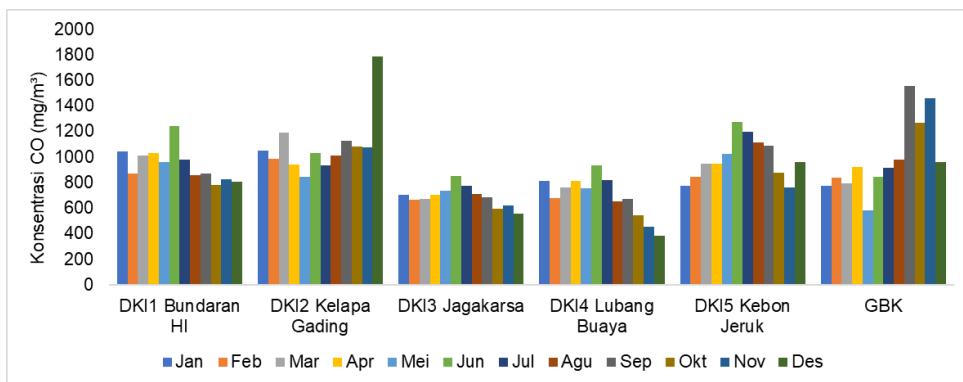
Gambar 47 lanjutan Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian di GBK (Gambar 48) relatif lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata di DKI1 – DKI5. Seluruh nilai konsentrasi rata-rata harian CO berada di bawah nilai BMUA berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021. Hal ini menunjukkan dari kandungan CO di udara sekitar GBK masih aman.



Gambar 48 Fluktuasi konsentrasi CO rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

Fluktuasi konsentrasi rata-rata harian antar bulan menunjukkan perbedaan antar SPKUA. Di DKI1 Bundaran HI peningkatan terjadi pada bulan Maret – Juni, di DKI2 Kelapa Gading peningkatan tajam terjadi pada bulan Desember. Rata-rata konsentrasi harian CO di DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk terdapat peningkatan signifikan pada bulan Juni, sementara di GBK pada bulan September - November (Gambar 49). Secara umum nilai konsentrasi rata-rata harian bulan Januari – Juli di DKI3 Jagakarsa paling rendah dibandingkan 4 SPKUA DLH lainnya dan stasiun pemantau GBK, namun penurunan terjadi hingga Desember secara signifikan tercatat di Lubang Buaya.

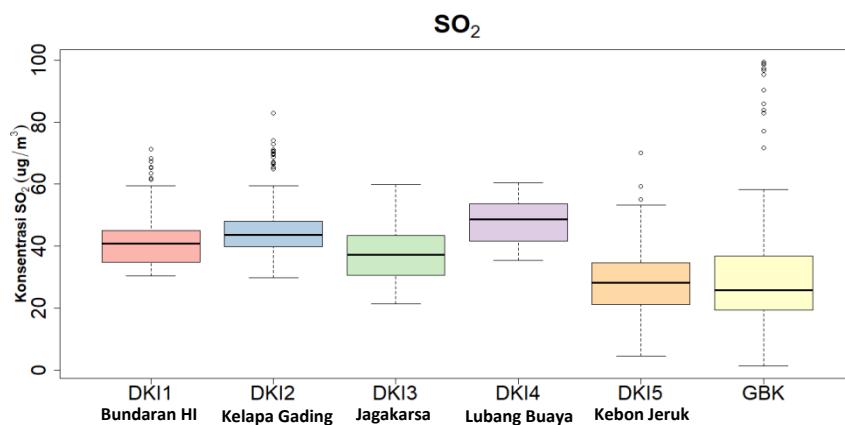


Gambar 49 Konsentrasi rata-rata harian CO per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU

2.1.3. Sulfur Dioksida (SO_2)

Sulfurioksida 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).

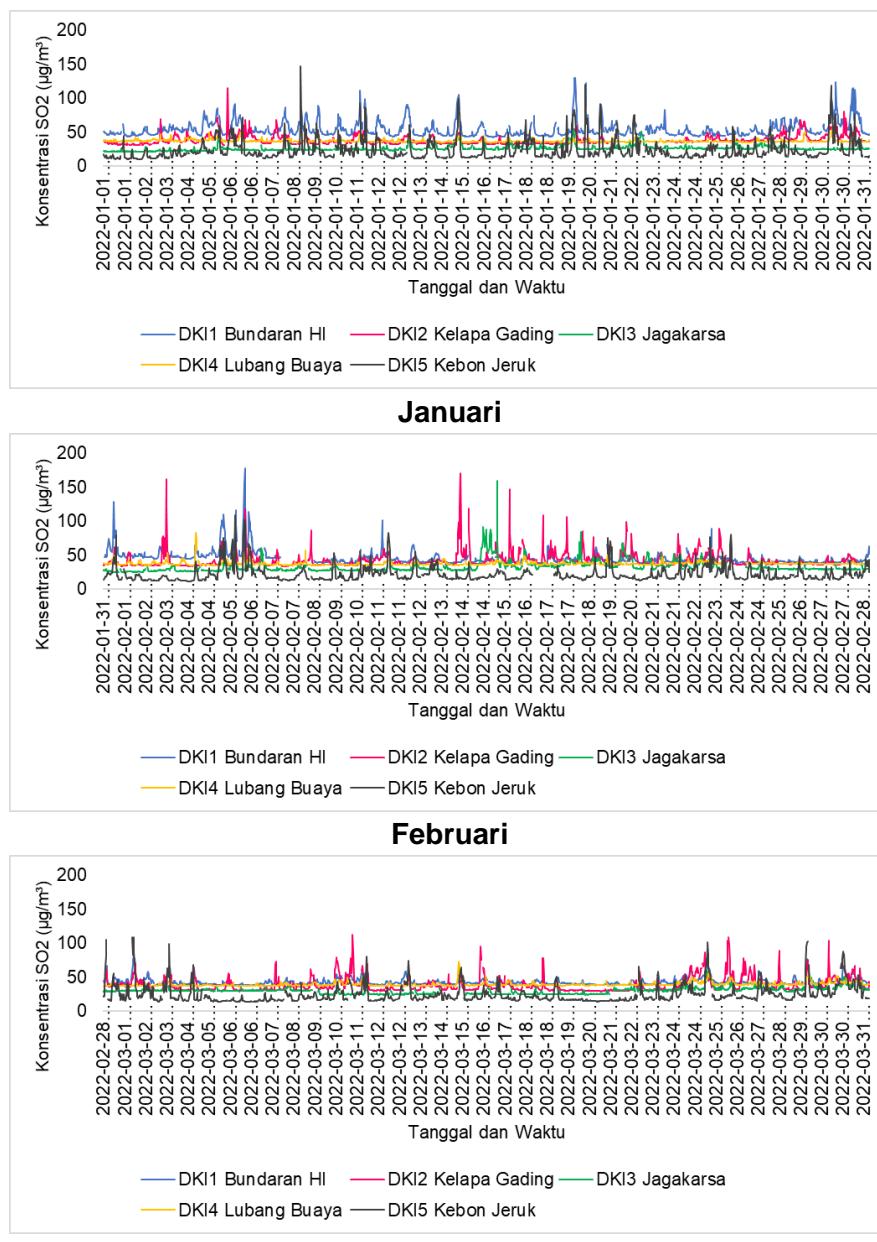
Data konsentrasi SO_2 hasil pemantauan memiliki kisaran nilai maksimum dan minimum antar lokasi sangat berbeda, bisa dilihat pada Gambar 50. Kisaran tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading untuk SPKUA DLH dengan nilai maksimum $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara kisaran tertinggi untuk 6 stasiun terdapat pada stasiun GBK, dengan nilai minimum paling rendah dibandingkan SPKUA DLH. Namun demikian, nilai median tertinggi tercatat di DKI 4 Lubang Buaya, dengan kisaran nilai paling sempit. Hal ini menunjukkan konsentrasi SO_2 di Lubang Buaya relative stabil.



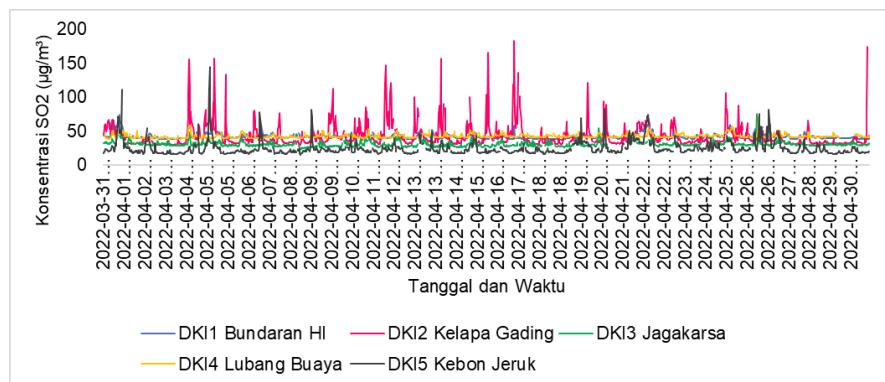
Gambar 50 Kisaran konsentrasi SO_2 harian antar lokasi pemantau tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit

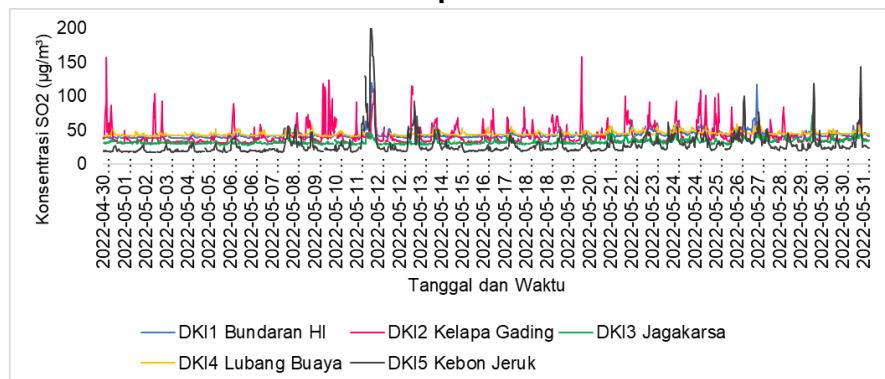
Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit juga menunjukkan bahwa tiap lokasi SPKUA memiliki **nilai konsentrasi minimum yang stabil dan berbeda antar lokasi**. DKI 5 Kebon Jeruk memiliki nilai minimum SO₂ terendah, diikuti oleh DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya, DKI1 Bundaran HI, dan tertinggi DKI2 Kelapa Gading. Dilihat dari fluktuasi secara umum (Gambar 51), pada bulan Januari konsentrasi SO₂ yang terukur di DKI1 lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Setelah memasuki bulan Februari dan berlanjut hingga September, konsentrasi SO₂ di DKI2 Kelapa Gading cenderung lebih tinggi dibandingkan yang lainnya. Namun demikian pada bulan Mei, di DKI5 nilai konsentrasi SO₂ yang terukur hingga melebihi 180 µg/m³, sementara di DKI1 dan DKI2 konsentrasi tertinggi kurang dari 160 µg/m³.



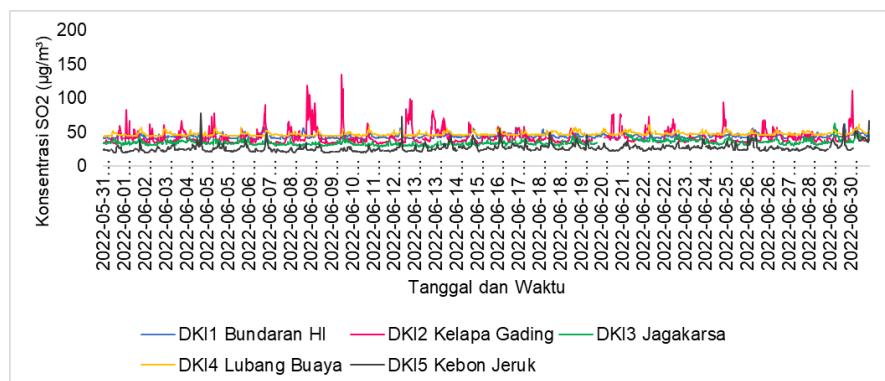
Gambar 51 Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2022



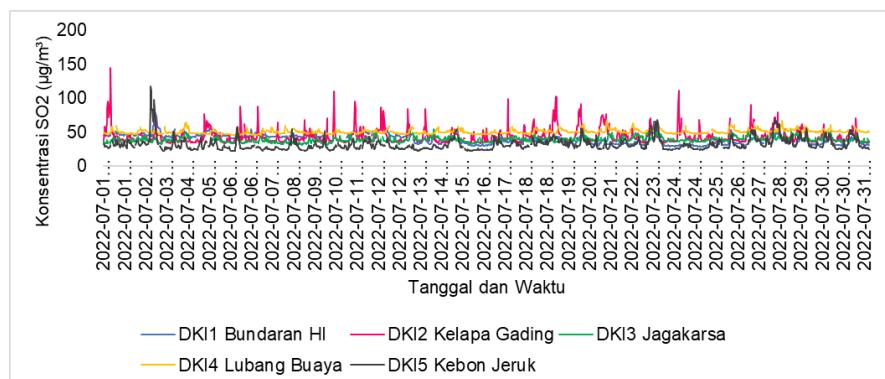
April



Mei

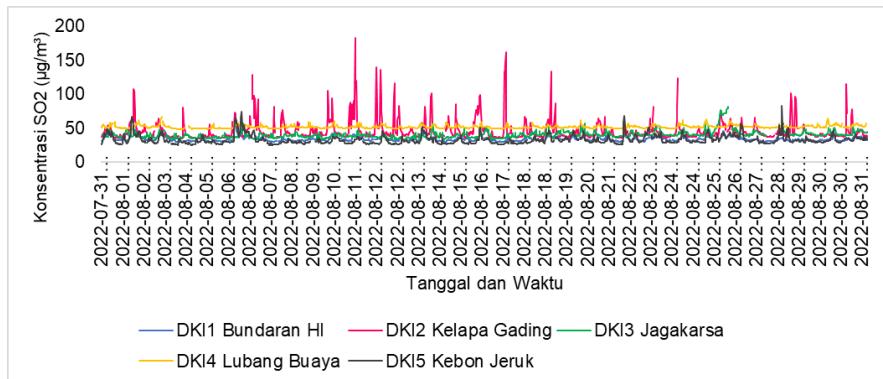


Juni

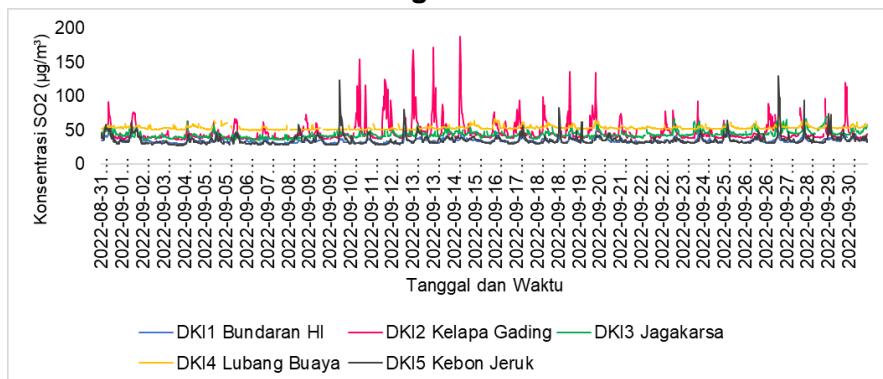


Juli

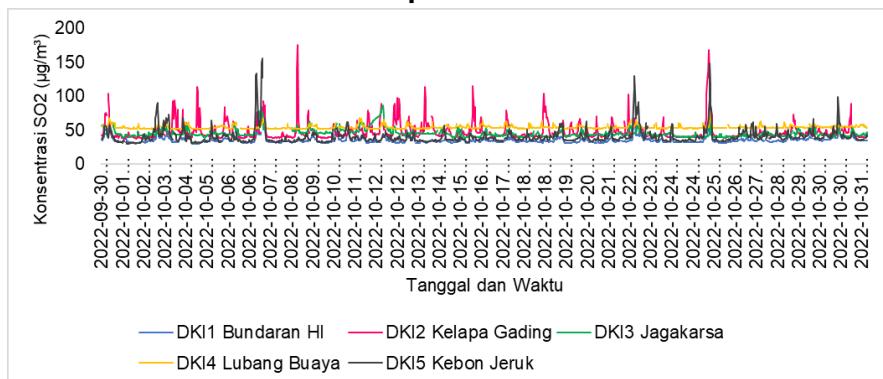
Gambar 51 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2022



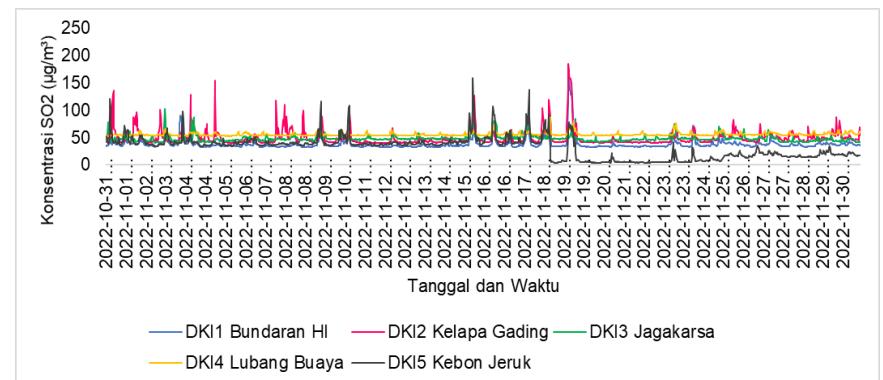
Agustus



September

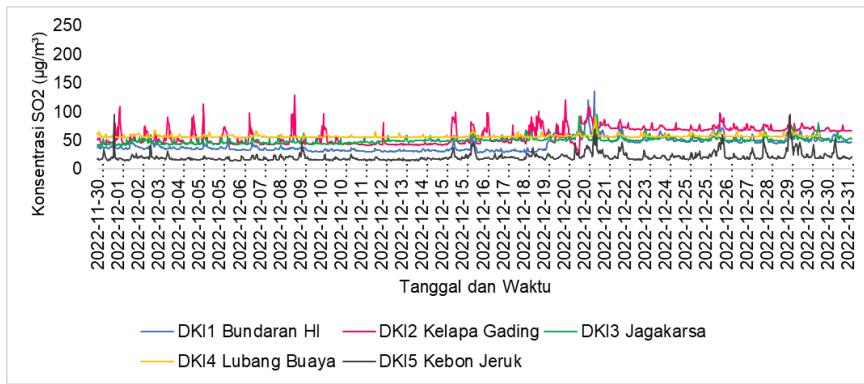


Oktober



November

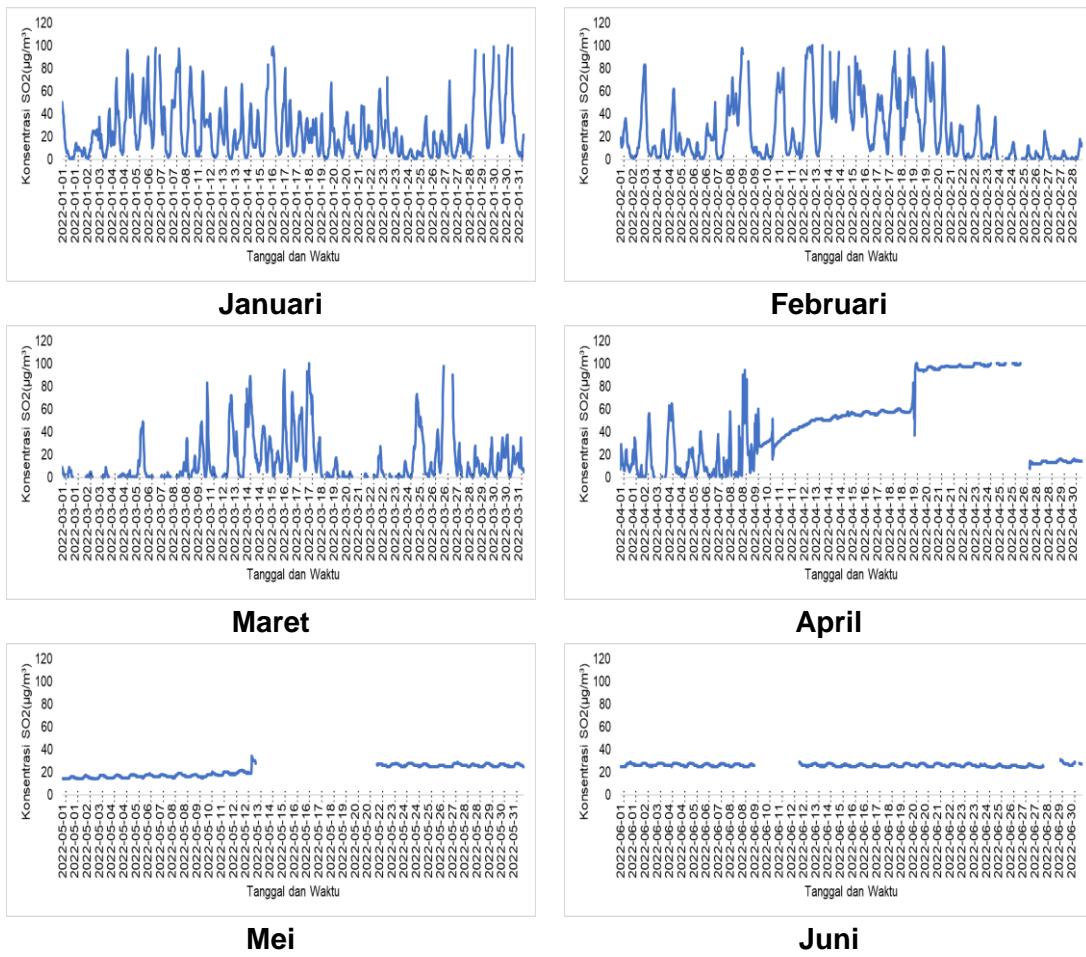
Gambar 51 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2022



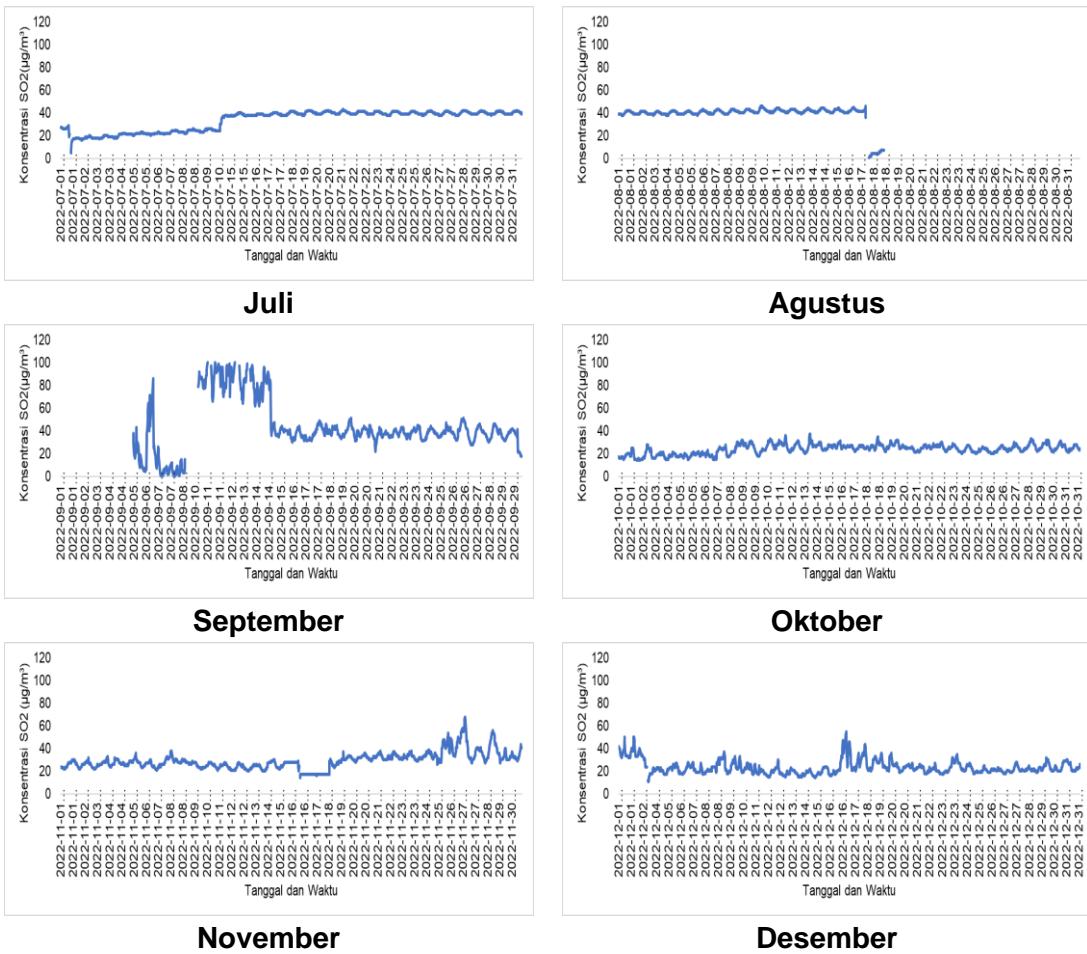
Desember

Gambar 51 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ per 30 menit tahun 2022

Secara umum, konsentrasi SO₂ di GBK lebih fluktuatif dan tidak stabil, dibandingkan dengan data dari DKI1 – DKI5 (Gambar 52). Konsentrasi maksimum di GBK sekitar 100 µg/m³, dengan rata-rata data per 30 menit 29 µg/m³. Namun pada bulan April terdapat pola data yang berubah, meningkat secara tiba-tiba, kemudian menurun kembali dengan drastis. Hal ini memerlukan penelaahan lebih lanjut terkait sumber-sumber emisi maupun peralatan yang digunakan.



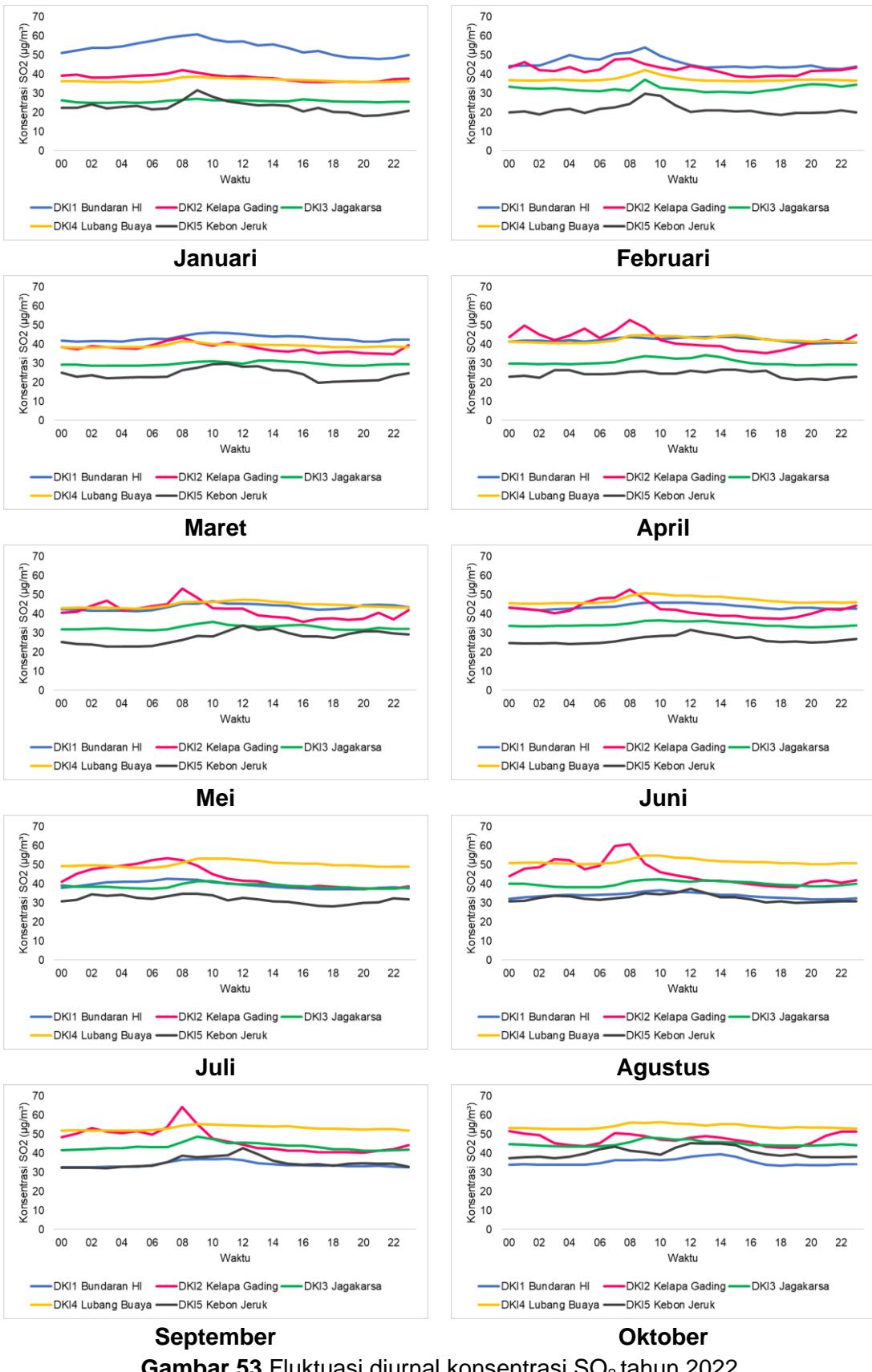
Gambar 52 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

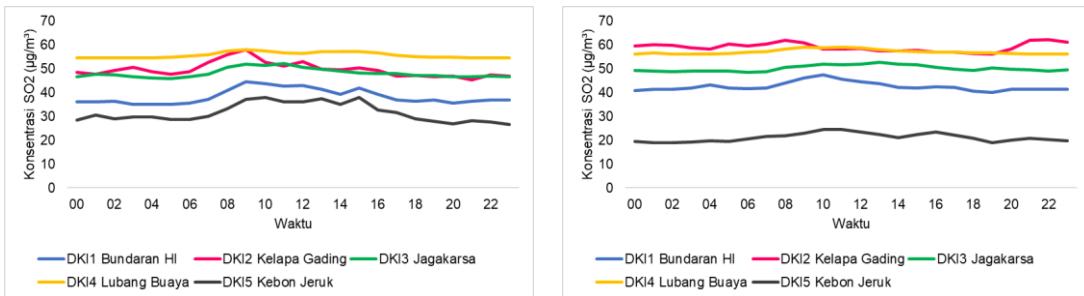


Gambar 52 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

Fluktuasi konsentrasi SO₂ diurnal rata-rata per jam

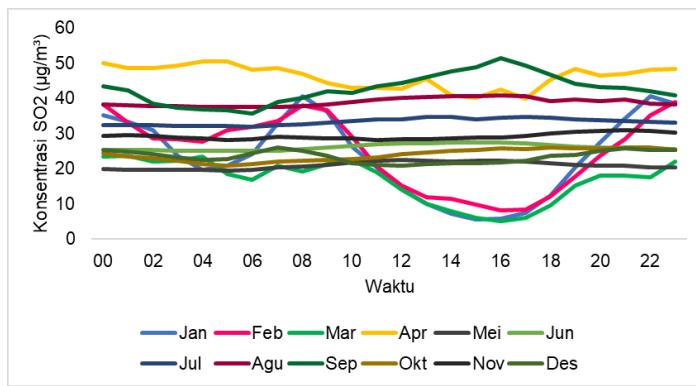
Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ menunjukkan kondisi relatif stabil, kecuali adanya sedikit peningkatan konsentrasi pada pagi hari, sekitar pukul 09.00 – 10.00 WIB (Gambar 53). Secara keseluruhan konsentrasi SO₂ di DKI5 Kebon Jeruk menjadi yang paling rendah dari kelima SPKUA tersebut. Data SO₂ tinggi di DKI1 Bundaran HI mulai Januari hingga Maret, setelah itu pada bulan April – September DKI2 Kelapa Gading meningkat tapi lebih cenderung tengah malam hingga pagi hari, siang hari menurun. Walaupun secara umum rata-rata harian tidak menunjukkan konsentrasi yang melebihi nilai BMUA yang berlaku, namun sumber-sumber emisi di sekitar lokasi SPKUA DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading perlu mendapat diidentifikasi. Pada bulan April – November, DKI4 Lubang Buaya memiliki rata-rata konsentrasi per jam yang lebih tinggi dari lokasi lain.





November
Desember
Gambar 53 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ tahun 2022

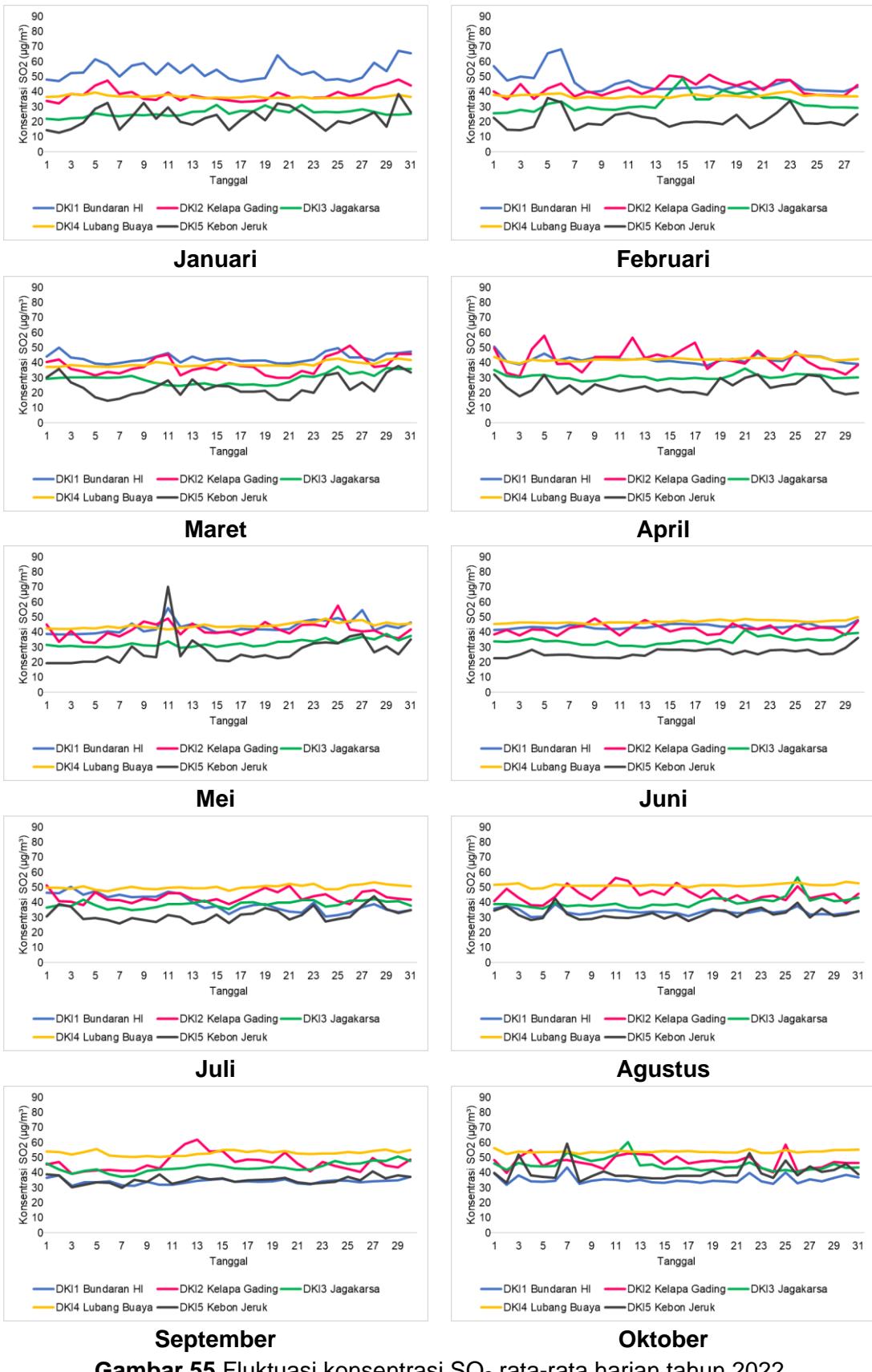
Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ di GBK (Gambar 54) menunjukkan nilai yang lebih fluktuatif pada bulan Januari – Maret. Pada bulan April dan September konsentrasi tertingginya melebihi nilai 45 µg/m³, dan fluktuasi sangat kecil pada bulan Mei-Agustus dan Oktober - Desember. Pola fluktuasi konsentrasi SO₂ harian menunjukkan pola yang sama pada bulan Januari –Maret dengan konsentrasi tertinggi terjadi pada malam hari, menurun pada pagi hari, tetapi mengalami peningkatan kembali pada sekitar pukul 08.00 WIB. Konsentrasi SO₂ terendah terjadi pada sore hari sekitar pukul 16.00 – 17.00 WIB.



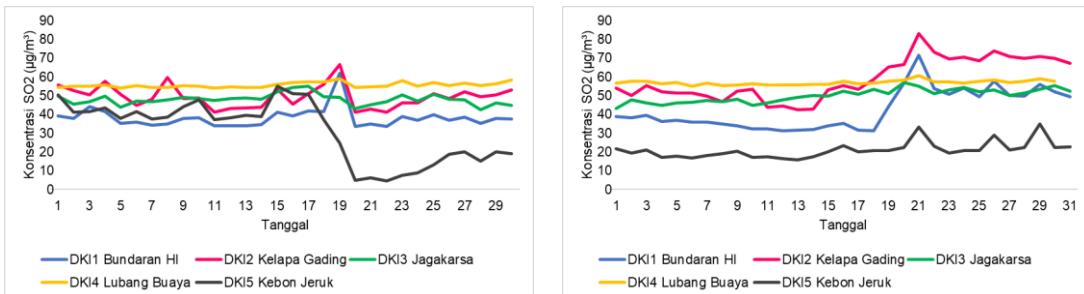
Gambar 54 Fluktuasi diurnal konsentrasi SO₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

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 Desember di DKI2 Kelapa Gading (Gambar 55). Nilai rata-rata harian secara umum tertinggi di DKI1 Bundaran HI untuk bulan Januari hingga pertengahan Februari dan bulan Maret. Sedangkan bulan April SO₂ rata-rata harian tertinggi di DKI2 Kelapa Gading. Konsentrasi terendah SO₂ rata-rata harian tercatat stabil di DKI5 Kebon Jeruk, kecuali pada tanggal 11 Mei, konsentrasi rata-rata harian di DKI5 Kebon Jeruk tiba-tiba meningkat tajam hingga sekitar 70 µg/m³. Konsentrasi SO₂ rata-rata harian tertinggi pada bulan Mei – November di DKI4 Lubang Buaya.



Gambar 55 Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian tahun 2022

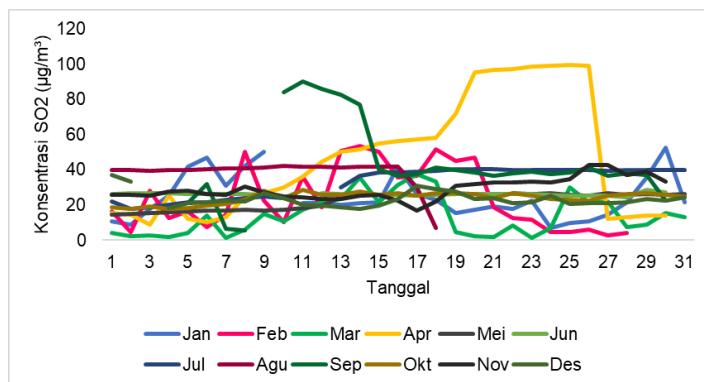


November

Desember

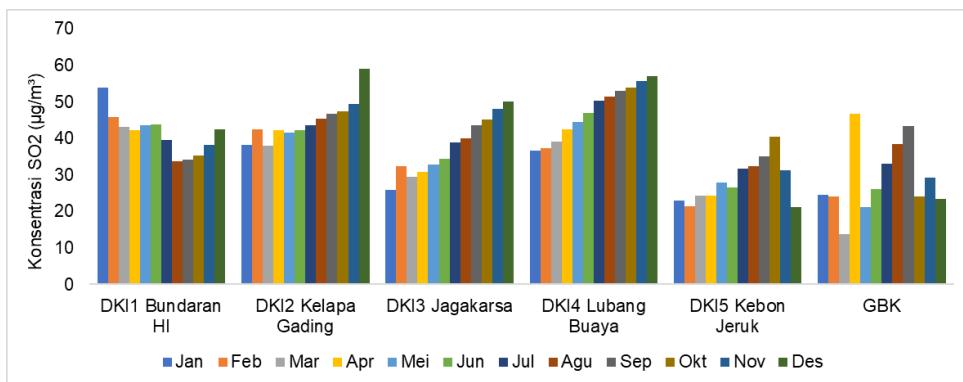
Gambar 55 lanjutan Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian tahun 2022

Data rata-rata harian SO₂ di GBK bulan Januari – Desember menunjukkan konsentrasi di bawah nilai BMUA (Gambar 56), kecuali bulan April dan September. Pola fluktuasi harian SO₂ di GBK kurang terlihat jelas dan terputus-putus. Hal ini disebabkan oleh banyaknya data yang kosong, sehingga data SO₂ di GBK perlu ditinjau ulang.



Gambar 56 Fluktuasi konsentrasi SO₂ rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

Berdasar rata-rata harian per bulan, konsentrasi SO₂ rata-rata harian mengalami peningkatan tiap bulan di DKI4 Lubang Buaya. Sementara di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa, peningkatan terjadi mulai bulan Mei – Desember. Di DKI1 Bundaran HI konsentrasi SO₂ menurun pada bulan Januari – April dan meningkat Agustus – Desember, namun tidak lebih dari konsentrasi bulan yang mengalami penurunan. Sebagaimana data sebelumnya, konsentrasi SO₂ rata-rata harian di DKI5 Kebon Jeruk tercatat lebih rendah dibanding lokasi lainnya. Konsentrasi harian di GBK, menunjukkan nilai tertinggi terdapat pada bulan April.



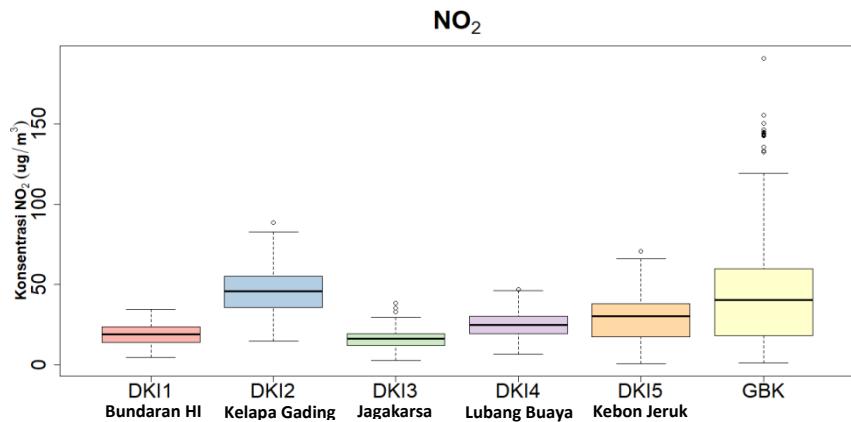
Gambar 57 Konsentrasi rata-rata harian SO₂ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU

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.

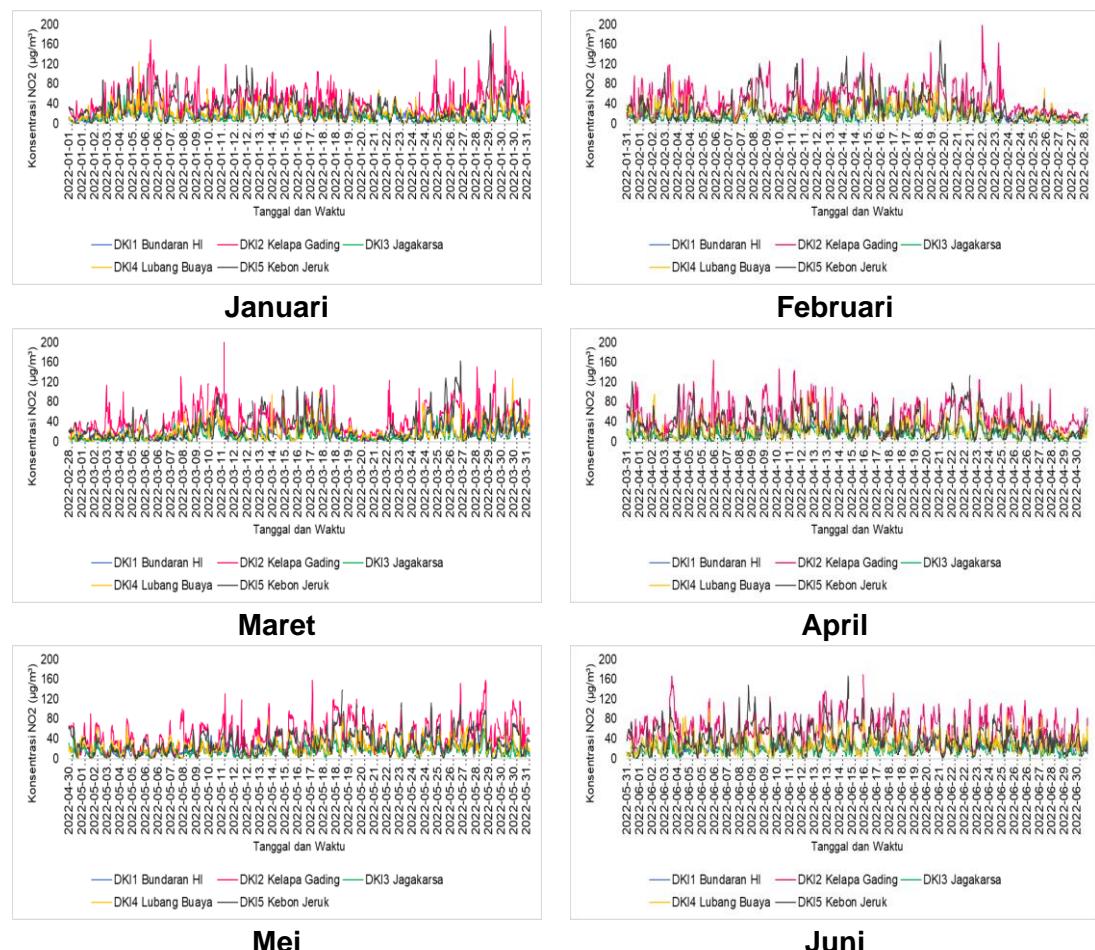
Hasil pemantauan pada 5 SPKUA DLH DKI Jakarta dan GBK menunjukkan nilai kisaran konsentrasi NO₂ pada bulan Januari – Desember 2022 terukur sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Konsentrasi minimum relatif sama antar lokasi, tetapi konsentrasi maksimum sangat berbeda, kecuali DKI2 Kelapa Gading (Gambar 58). Kisaran konsentrasi tertinggi di SPKUA DLH terdapat pada DKI2 Kelapa Gading. Sementara dari 6 lokasi pemantau, kisaran tertinggi terdapat pada stasiun GBK.



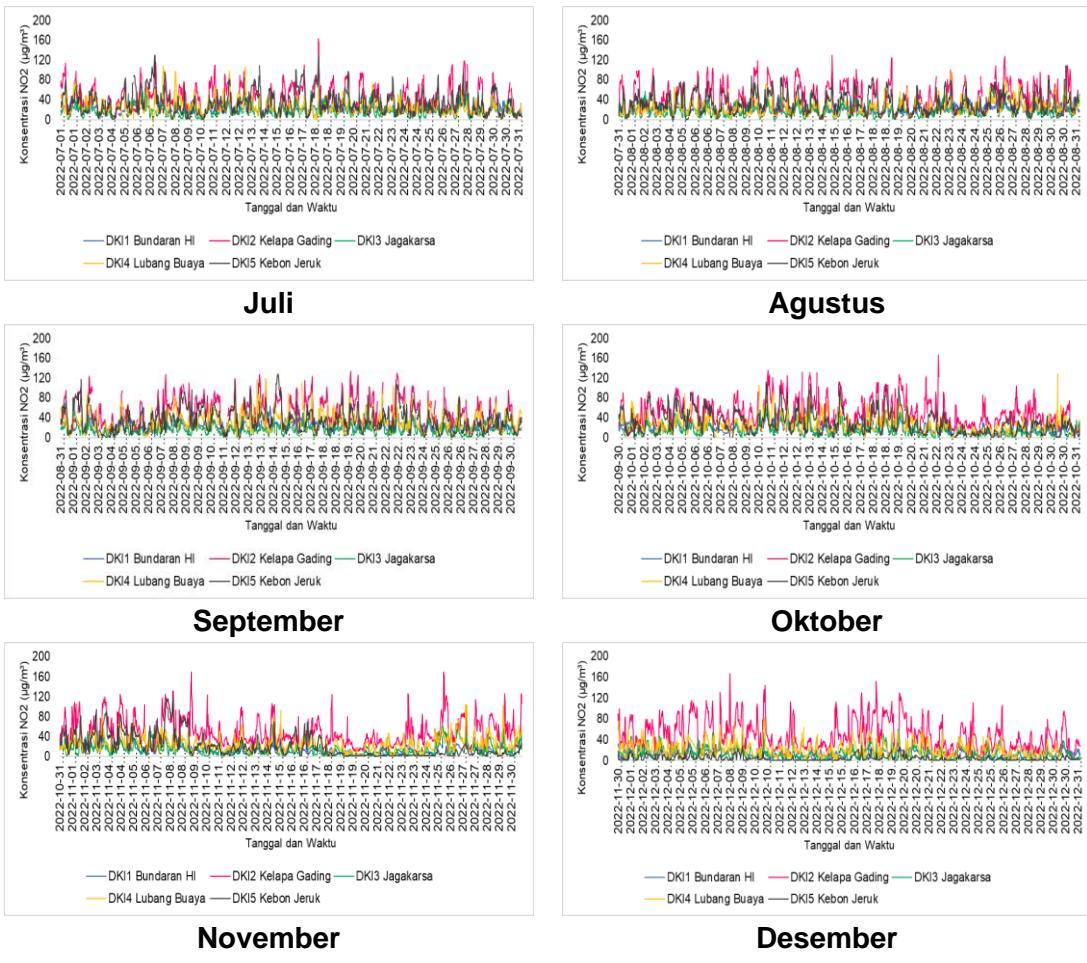
Gambar 58 Kisaran konsentrasi NO₂ harian antar lokasi pemantau tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit

Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di 5 SPKUA DKI Jakarta sangat bervariasi (Gambar 59). Konsentrasi NO₂ di DKI2 Kelapa Gading tampak mendominasi, lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Konsentrasi tertinggi terukur pada bulan Maret sebesar 263.25 µg/m³. Konsentrasi NO₂ terendah di DKI3 Jagakarsa kecuali pada bulan Desember di DKI5 Kebon Jeruk.

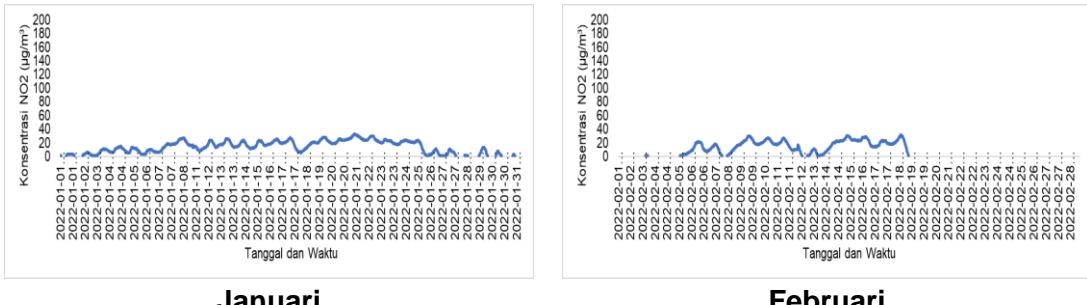


Gambar 59 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di DKI1 – DKI5 tahun 2022

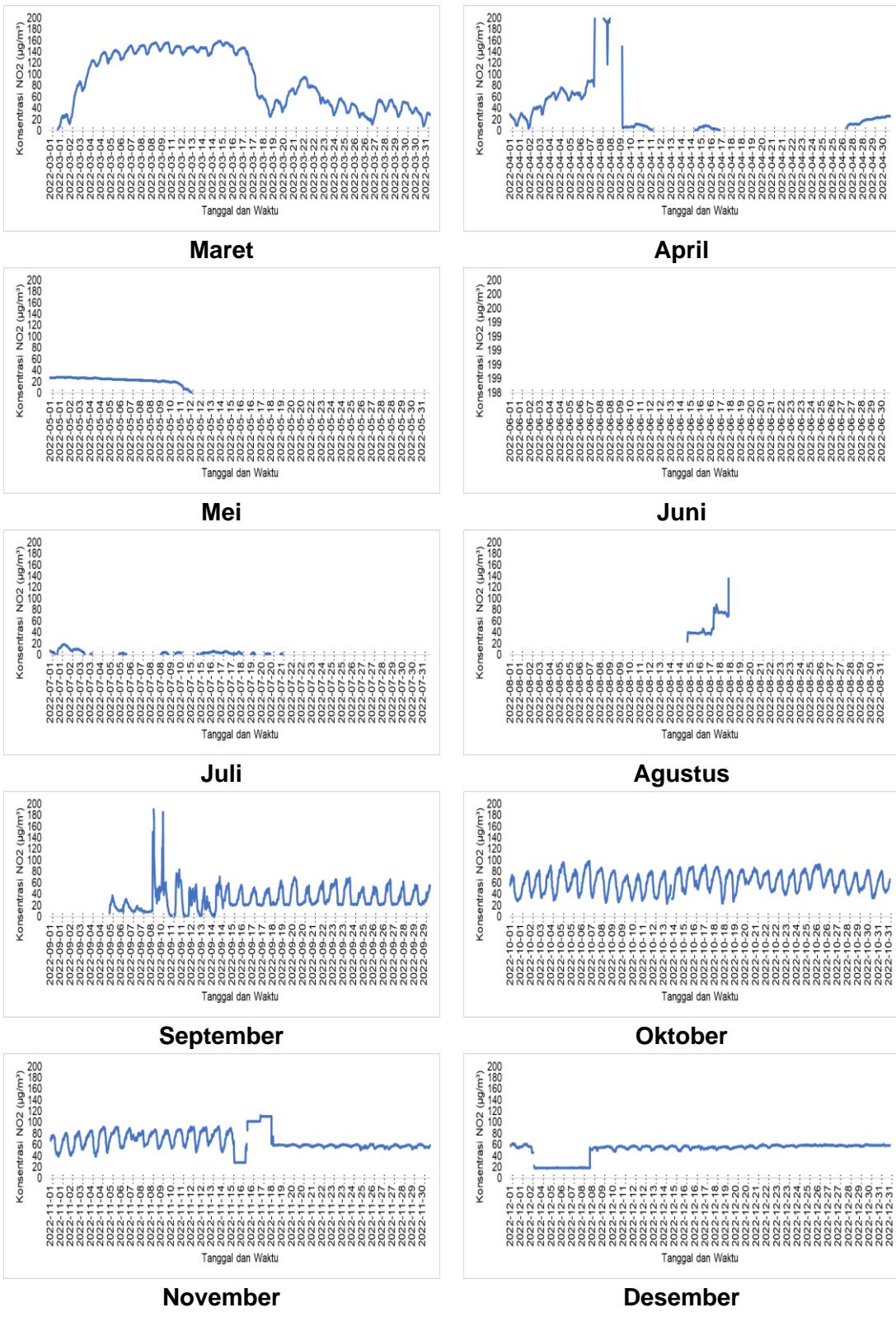


Gambar 59 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di DKI1 – DKI5 tahun 2022

Data NO₂ GBK menunjukkan konsentrasi rata-rata harian yang sangat berbeda antar bulan, dan perlu ditelaah lagi terkait konsistensi datanya. Oleh karena itu, data NO₂ di GBK tidak dievaluasi lebih lanjut.



Gambar 60 Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di GBK tahun 2022



Gambar 60 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ per 30 menit di GBK tahun 2022

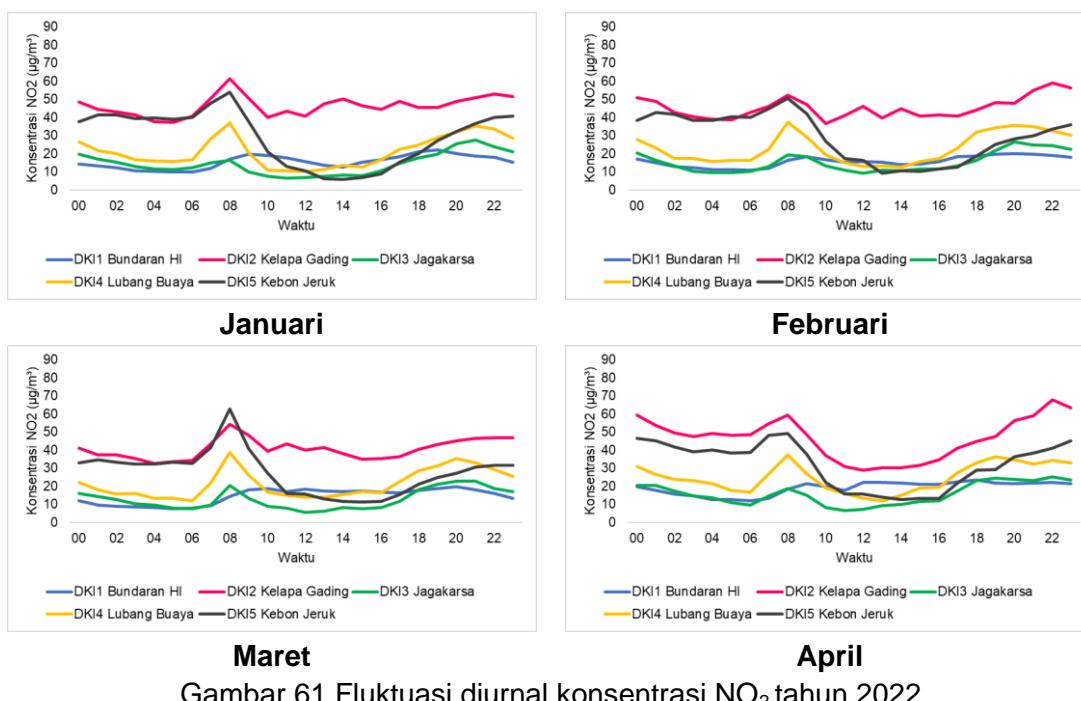
Fluktuasi konsentrasi NO₂ diurnal rata-rata per jam

Secara umum, fluktuasi diurnal konsentrasi rata-rata perjam NO₂ di DKI2 Kelapa Gading menempati posisi tertinggi, bahkan pada siang hari tidak mengalami

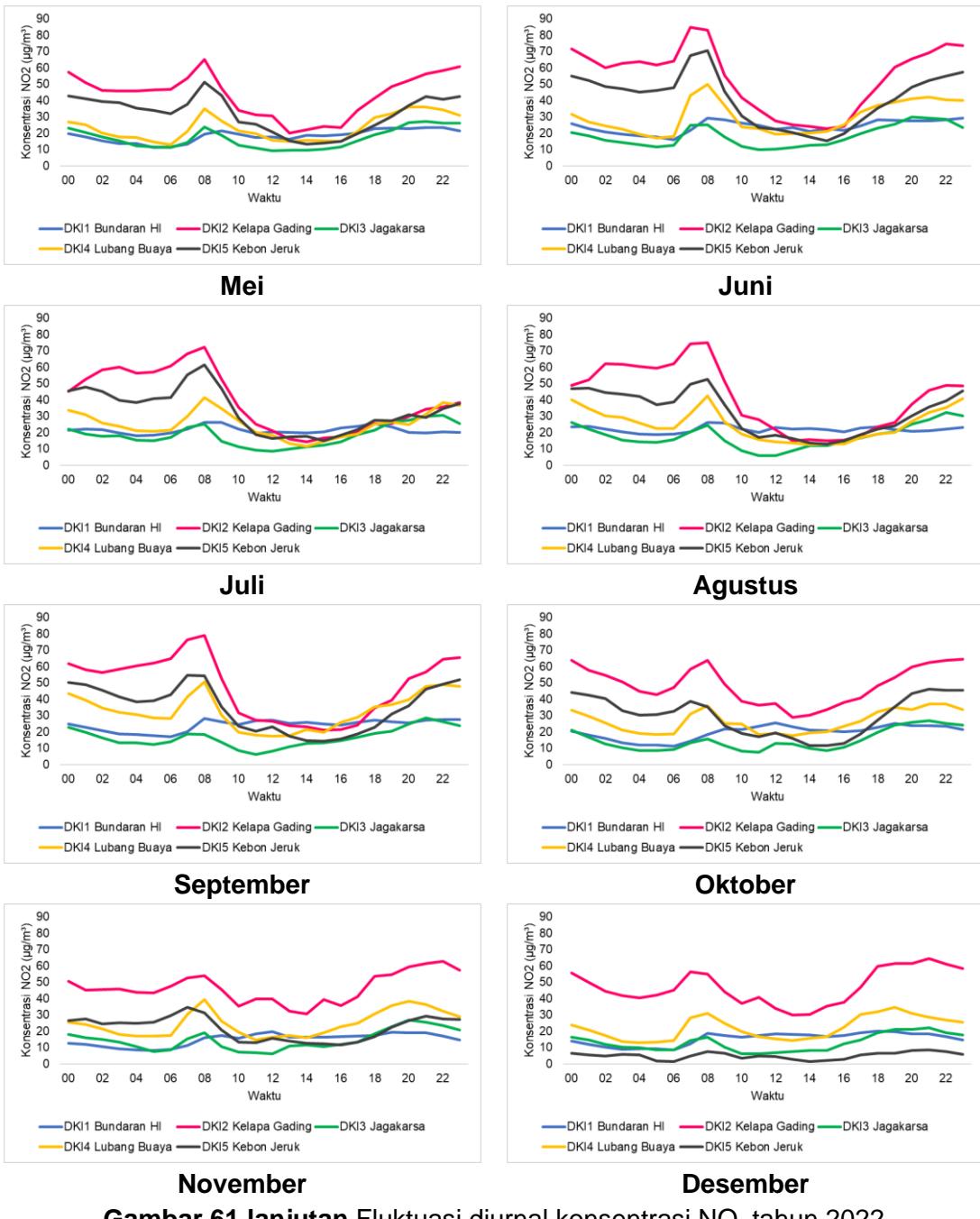
penurunan yang signifikan seperti lokasi lainnya, terutama pada bulan Januari – Maret. Namun demikian pada bulan April – Desember, polanya sudah seperti pola SPKUA lainnya, menurun di siang hari. Pada bulan Juni besaran konsentrasi rata-rata per jam pada pagi hari meningkat dibanding bulan lain, terutama di DKI2 Kelapa Gading, DKI4 Lubang Buaya, dan DKI5 Kebon Jeruk. Keberadaan NO₂ berkaitan dengan konsentrasi NO yang diemisikan oleh kendaraan bermotor, juga dari industri.

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 baik pada bulan Januari hingga Desember (Gambar 61). Namun demikian pada bulan Juni-Agustus, kisaran konsentrasi maksimum dan minimum tampak meningkat terutama di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk.

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 selama Januari – November, sementara bulan Desember di DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi rendah terutama pada siang hari, juga dengan fluktuasi diurnal yang rendah. Fluktuasi diurnal terbesar tercatat di DKI 2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk, terutama bulan Juni – Agustus (musim kemarau). Konsentrasi NO₂ di Bundaran HI dan Jagakarsa kurang berfluktuasi antar bulan.

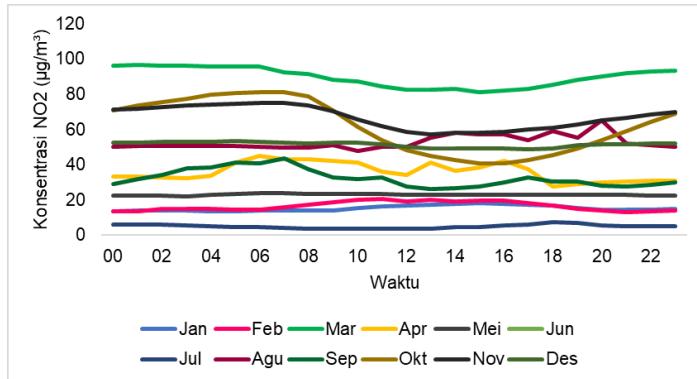


Gambar 61 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ tahun 2022



Gambar 61 lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ tahun 2022

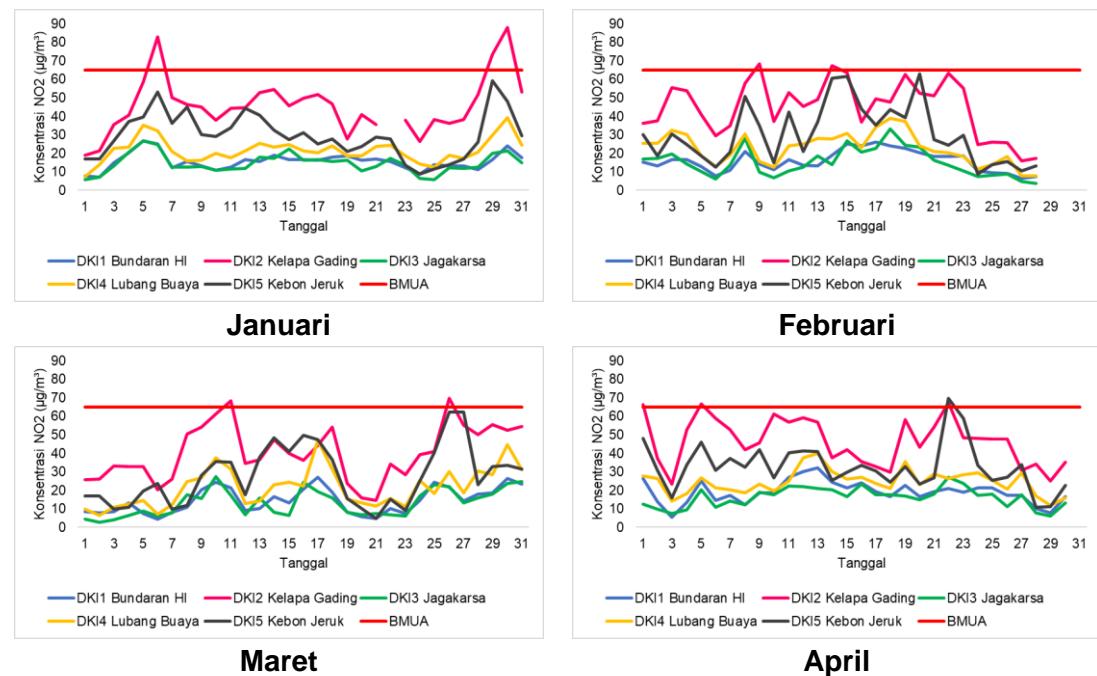
Pola fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ rata-rata per jam di GBK berbeda, Konsentrasi NO₂ meningkat pada siang hingga sore hari dan menurun pada malam hari, terutama untuk bulan Januari, Februari, April, dan Agustus. Pada bulan Maret, September – November menurun di siang hari, dengan nilai konsentrasi sangat tinggi pada bulan Maret (Gambar 62). Konsentrasi rata-rata pada bulan Maret 2022 jauh lebih besar dibanding bulan lain.



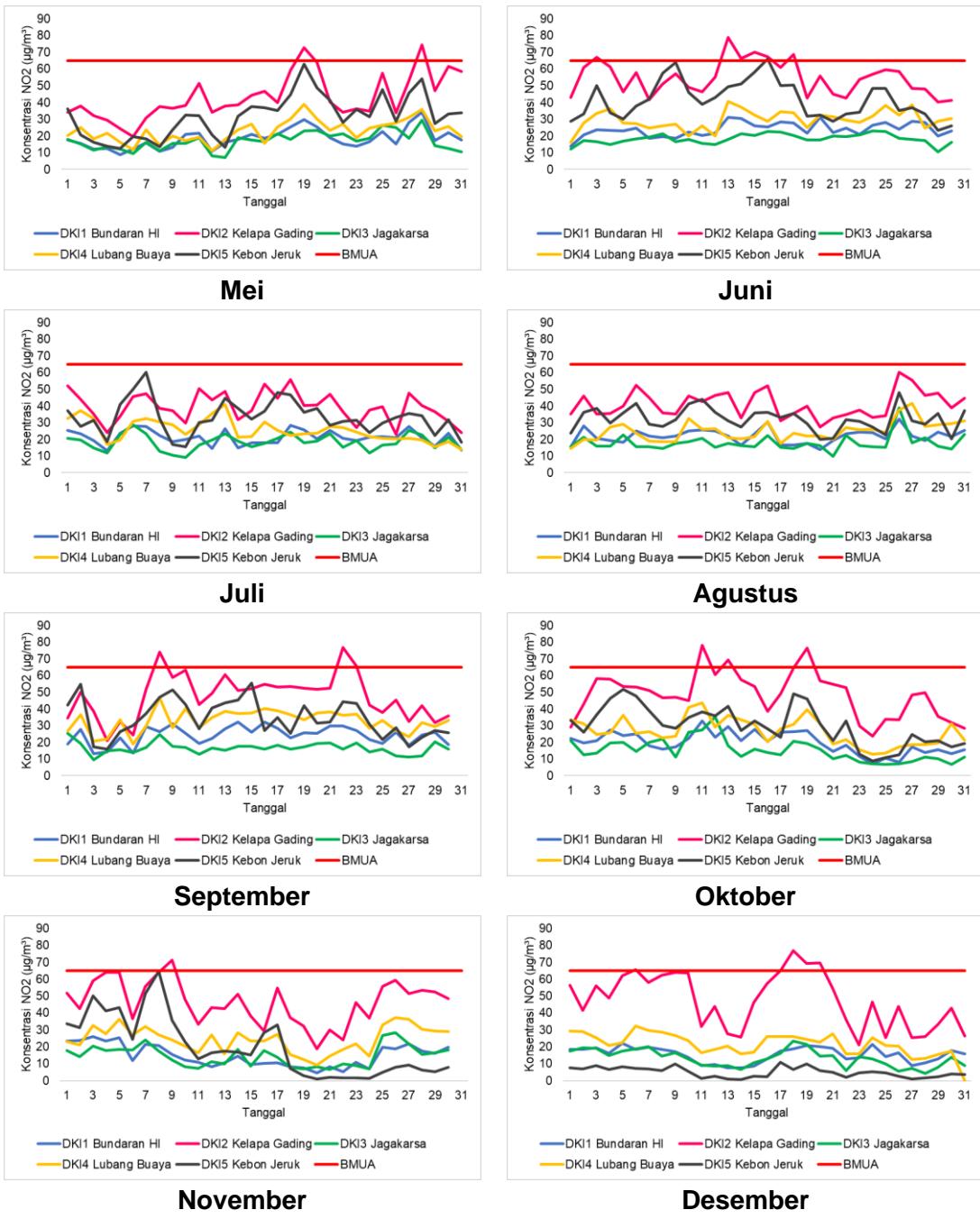
Gambar 62 Fluktuasi diurnal konsentrasi NO₂ tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian dan perbandingan dengan BMUA

Mutu udara berdasar konsentrasi NO₂ di Jakarta dapat dilihat dengan perbandingan nilai rata-rata konsentrasi harian terhadap nilai BMUA 24 jam yang berlaku, yaitu sebesar 65 µg/m³. Terdapat data konsentrasi rata-rata harian NO₂ yang melampaui nilai BMUA 24 jam pada setiap bulan (kecuali bulan Juli dan Agustus), terutama data di DKI2 Kelapa Gading (Gambar 63). Konsentrasi rata-rata harian NO₂ di DKI1 Bundaran HI dan DKI3 Jagakarsa menjadi yang paling rendah setiap bulan. Sementara DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk relatif mendominasi. Pada bulan Desember, NO₂ di Kelapa Gading jauh lebih tinggi dibanding lokasi lain.

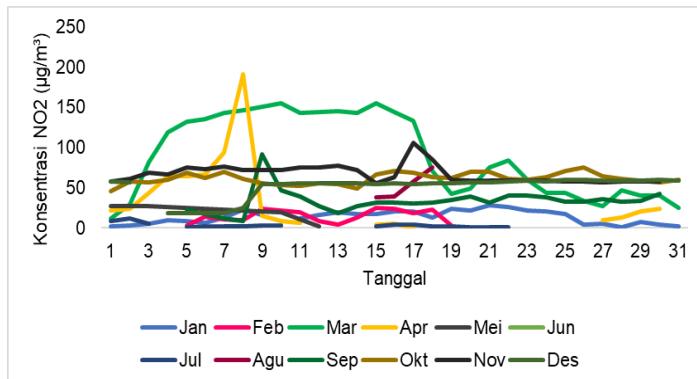


Gambar 63 Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian di DKI1 – DKI5 tahun 2022



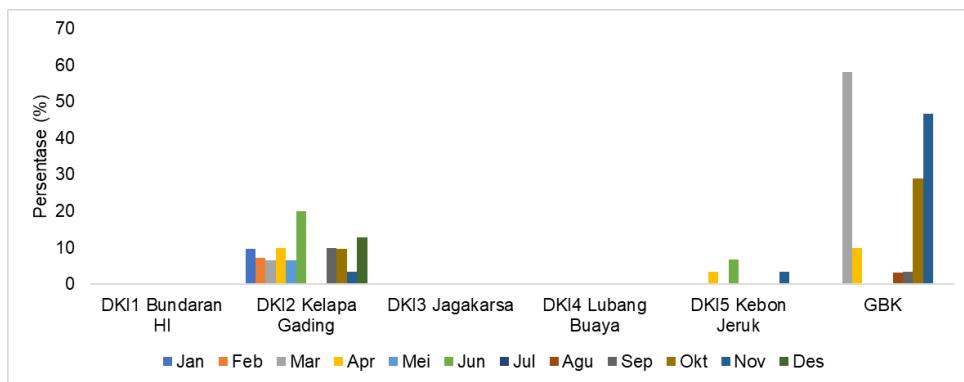
Gambar 63 lanjutan Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian di DKI1 – DKI5 tahun 2022

Di lokasi GBK, nilai rata-rata harian konsentrasi NO₂ sangat fluktuatif. Pada bulan Januari dan Februari lebih rendah, namun pada bulan Maret terdapat periode waktu yang panjang dengan konsentrasi rata-rata harian melebihi nilai BMUA 24 jam sebesar 65 µg/m³. Namun terdapat data kosong yang relatif panjang pada bulan Februari dan April – September (Gambar 64), sehingga tidak dapat mengambil kesimpulan secara pasti. Begitu pula pada bulan November – Desember yang tidak terlihat jelas fluktuasinya.



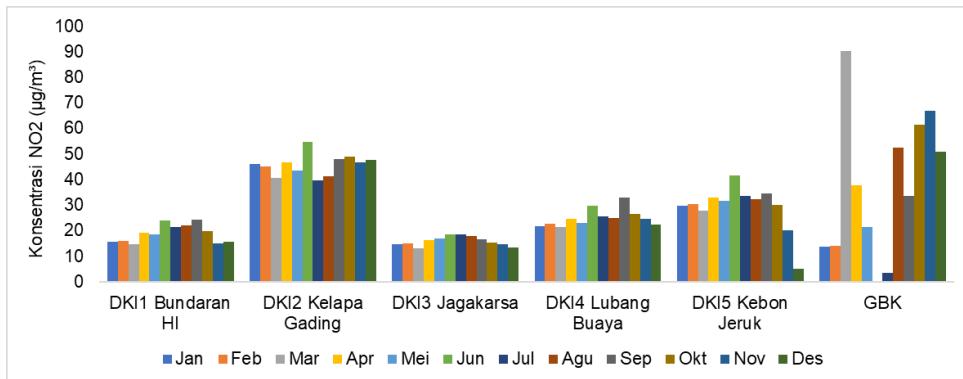
Gambar 64 Fluktuasi konsentrasi NO₂ rata-rata harian tahun 2022 di stasiun pemantau GBK

Jumlah hari yang memiliki nilai konsentrasi rata-rata harian NO₂ melebihi nilai BMUA terdapat di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk, namun hanya di bawah 20% atau sekitar 2 – 3 hari per bulan, selama Januari – Desember. Pada SPKUA lainnya tidak terdapat hari dengan konsentrasi NO₂ melebihi nilai BMUA. Pemantauan di GBK menunjukkan persentase yang lebih tinggi terutama pada bulan Maret di atas 50% (Gambar 65).



Gambar 65 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 – Desember cukup berfluktuasi. Peningkatan rata-rata konsentrasi harian NO₂ setiap bulan terdapat di DKI1 Bundaran HI, DKI3 Jagakarsa, DKI4 Lubang Buaya, dan DKI5 Kebon Jeruk, kemudian terdapat penurunan menjelang Desemberr. Sementara di DKI2 Kelapa Gading berbeda, menjelang akhir tahun terdapat peningkatan konsentrasi NO₂. Pemantauan di GBK sendiri sangat fluktuatif, terutama pada bulan Maret konsentrasi rata-rata meningkat tajam kemudian menurun. Namun, sehubungan dengan data yang kurang lengkap nilai ini menjadi tidak mutlak (Gambar 66).



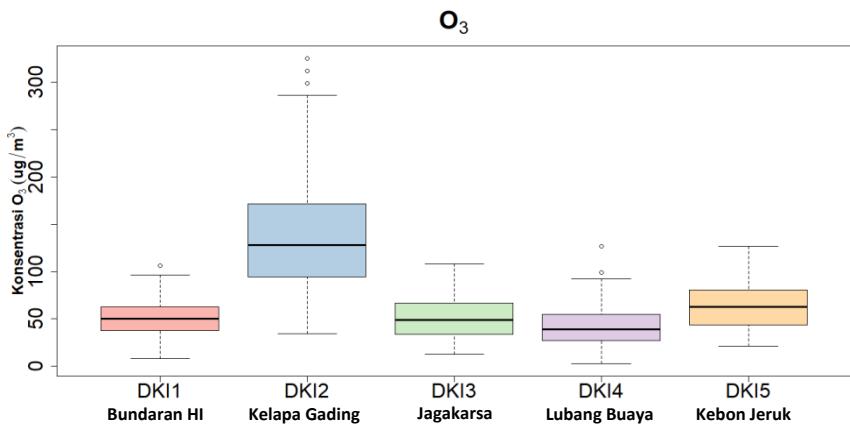
Gambar 66 Konsentrasi rata-rata harian NO₂ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU

2.1.5. Ozon (O₃)

Ozon merupakan gas pencemar yang tidak berwarna pada kondisi standar, namun akan menjadi keunguan jika mixing rasionalnya meningkat dan pada mixing rasio > 0.02 ppmv akan menimbulkan bau (Jacobson 2012). Dampak O₃ di permukaan membahayakan makhluk hidup dan juga bahan bangunan. Ozon dapat menimbulkan gejala sakit kepala saat mencapai > 150 ppbv, sakit dada saat > 250 ppbv, dan gangguan nafas saat > 300 ppbv. Paparan dalam jangka panjang dapat menyebabkan penyakit paru-paru.

Ozon merupakan pencemar udara sekunder yang terbentuk dengan adanya senyawa nitrogen oksida dan VOC dibantu energi radiasi matahari. Radiasi matahari menjadi pendorong utama pembentukan O₃ 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 O₃ 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 O₃ 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 O₃ harian menunjukkan kisaran tertinggi sekaligus nilai maksimum di DKI2 Kelapa Gading. Konsentrasi minimum relatif hampir sama disemua lokasi, hanya saja yang terendah terdapat pada DKI4 Lubang Buaya. Konsentrasi O₃ di GBK tidak memiliki data yang lengkap sehingga tidak dilakukan pembahasan mengenai Ozon di lokasi GBK.

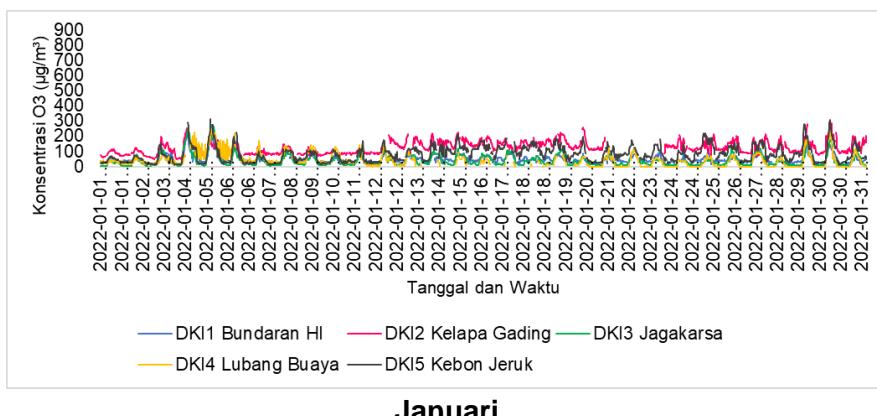


Gambar 67 Kisaran konsentrasi O_3 harian antar lokasi pemantau tahun 2022

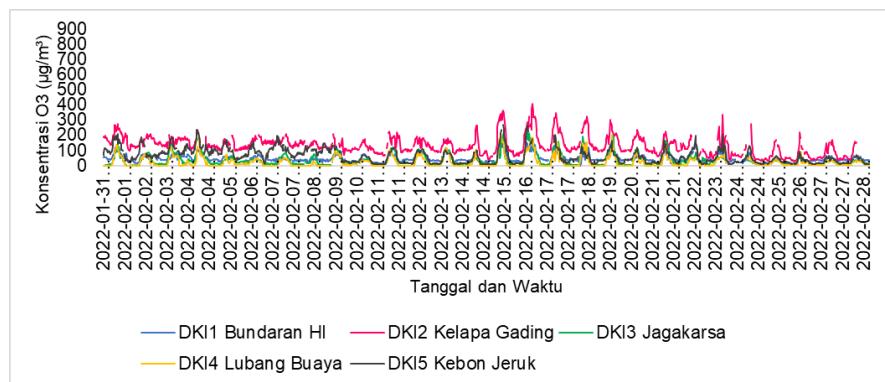
Fluktuasi konsentrasi O_3 per 30 menit

Fluktuasi data O_3 hasil pengukuran bulan Januari – Desember tahun 2022 menunjukkan secara umum konsentrasi meningkat memasuki bulan Maret dan April, kemudian menurun kembali pada bulan September hingga terendah pada akhir Desember (Gambar 68). Hal ini terjadi karena pembentukan O_3 terganggu oleh musim hujan, radiasi terhalang oleh awan. Pola umum ini sangat dipengaruhi keberlimpahan radiasi matahari di wilayah DKI Jakarta, dengan posisi di 6° Lintang Selatan, maka pada bulan Maret dan April jumlah radiasi matahari yang diterima sedang mencapai puncak, menjelang pergerakan matahari semu ke arah belahan bumi Utara.

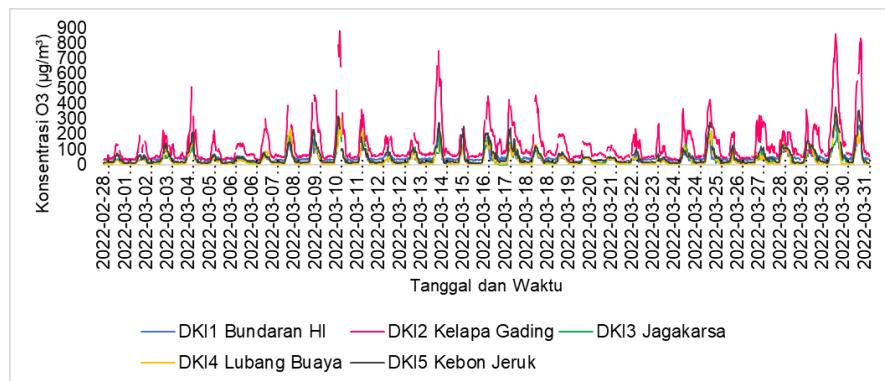
Konsentrasi Ozon di DKI2 Kelapa Gading selama periode ini menempati posisi lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Konsentrasi Ozon tertinggi yang tercatat di DKI2 Kelapa Gading hampir mendekati $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama pada bulan Maret dan April, sementara di SPKUA lain dibawah $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



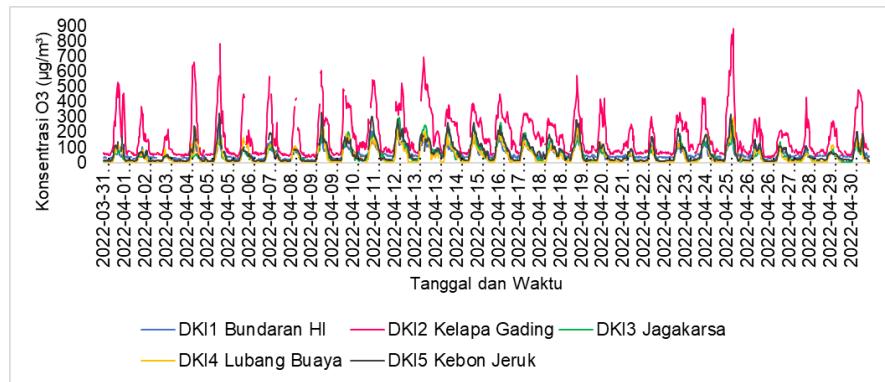
Gambar 68 Fluktuasi konsentrasi O_3 per 30 menit tahun 2022



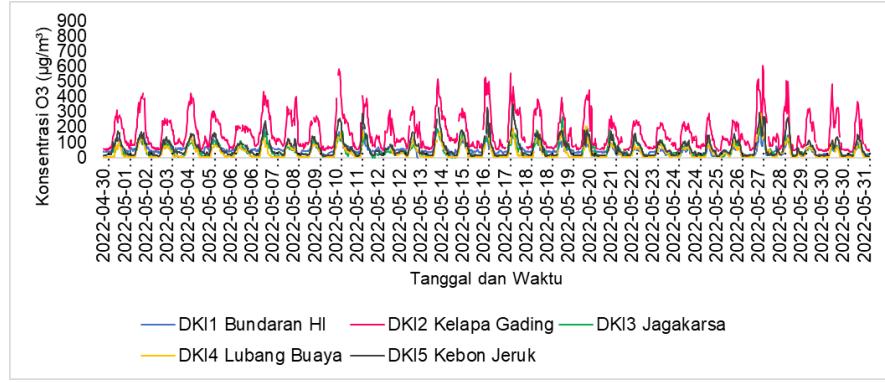
Februari



Maret

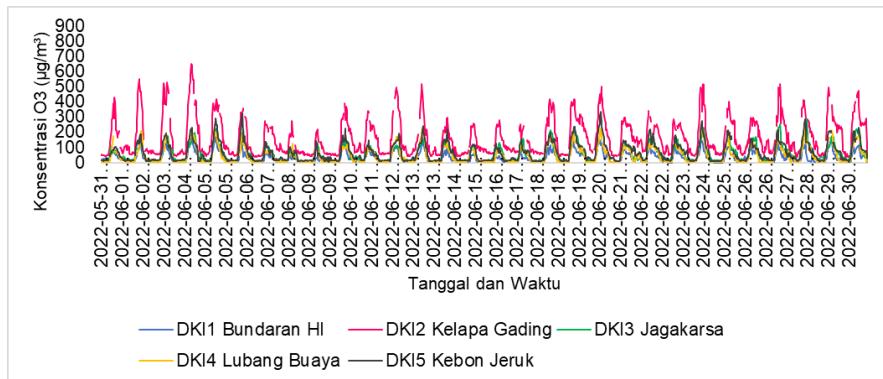


April

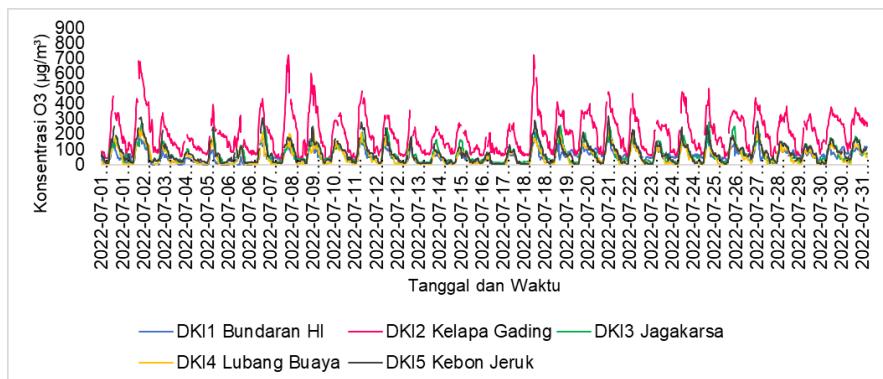


Mei

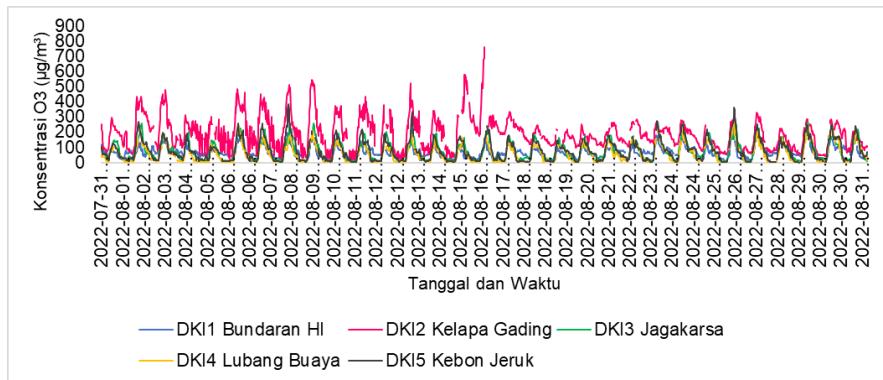
Gambar 68 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2022



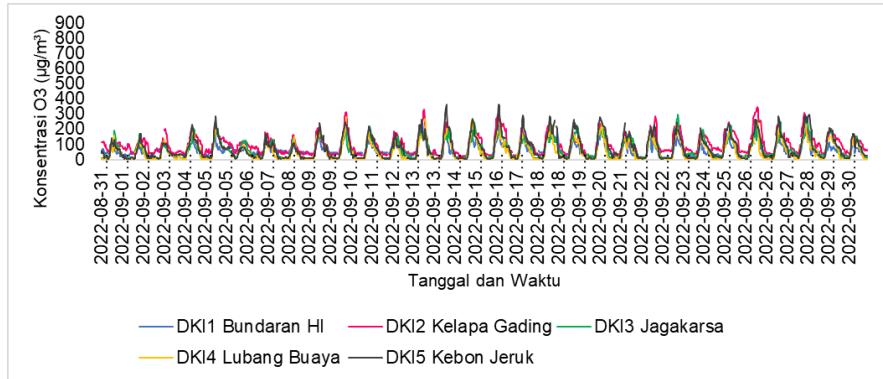
Juni



Juli

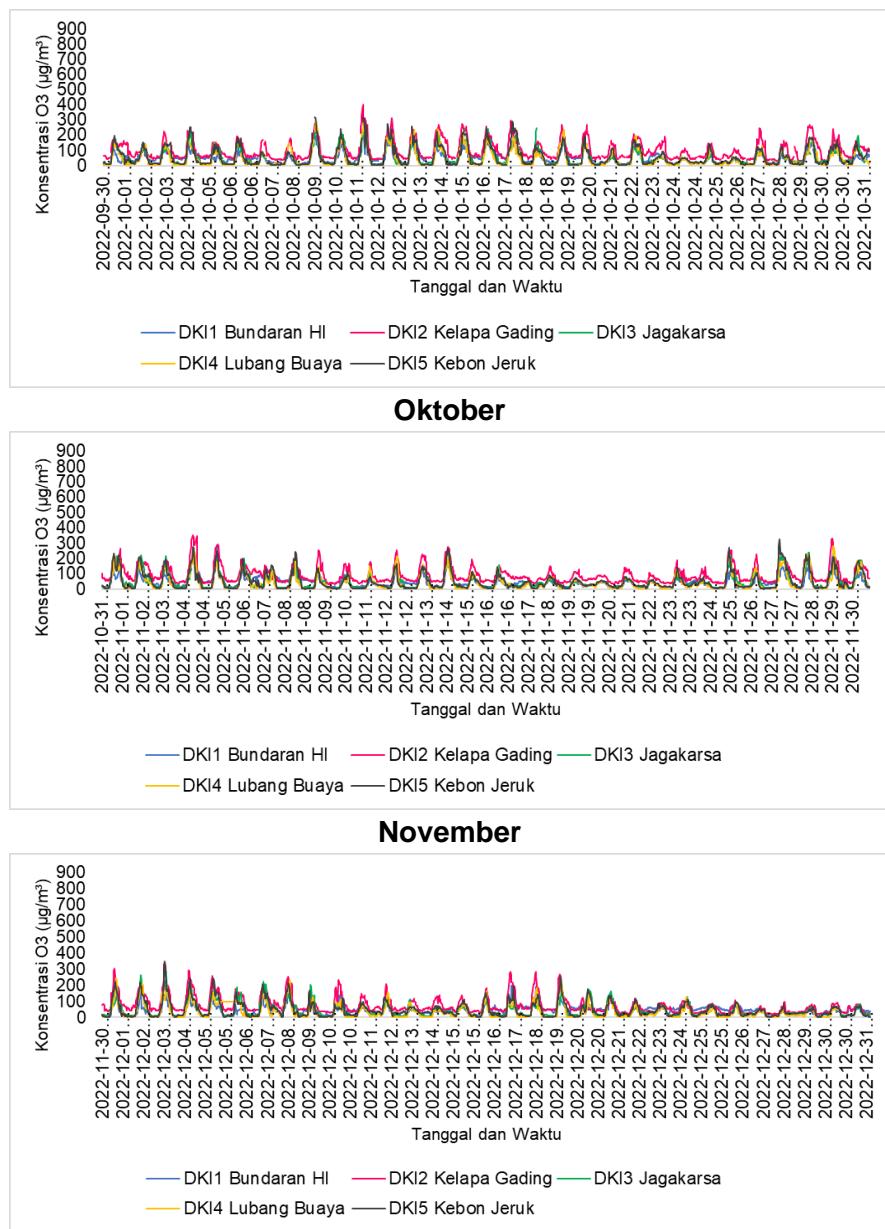


Agustus



September

Gambar 68 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2022



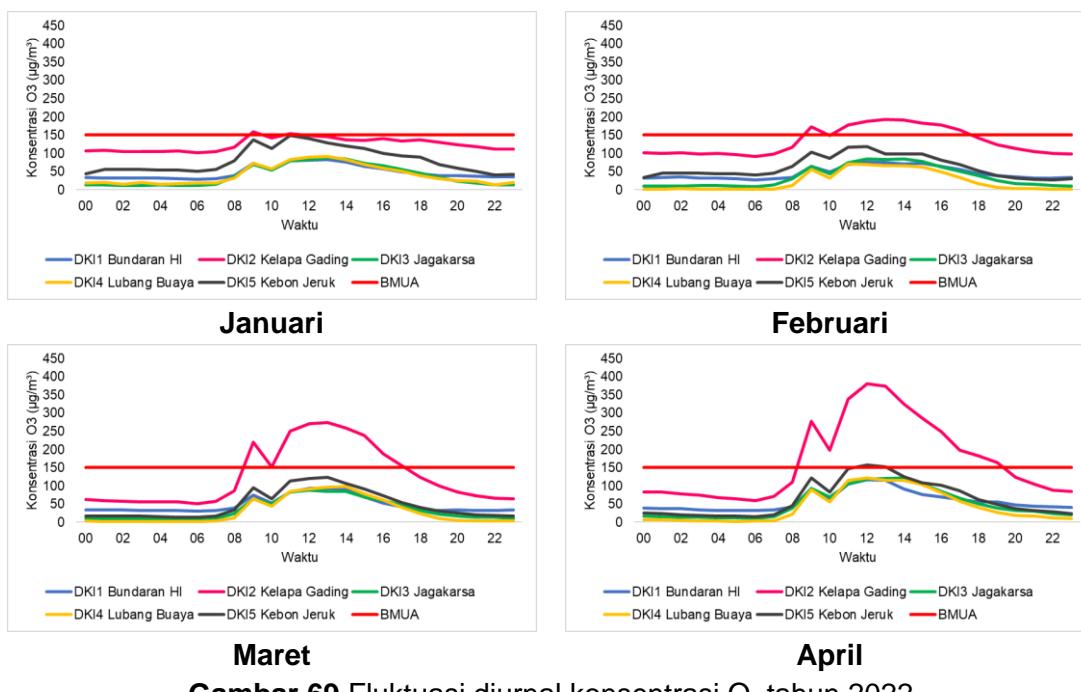
Gambar 68 lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ per 30 menit tahun 2022

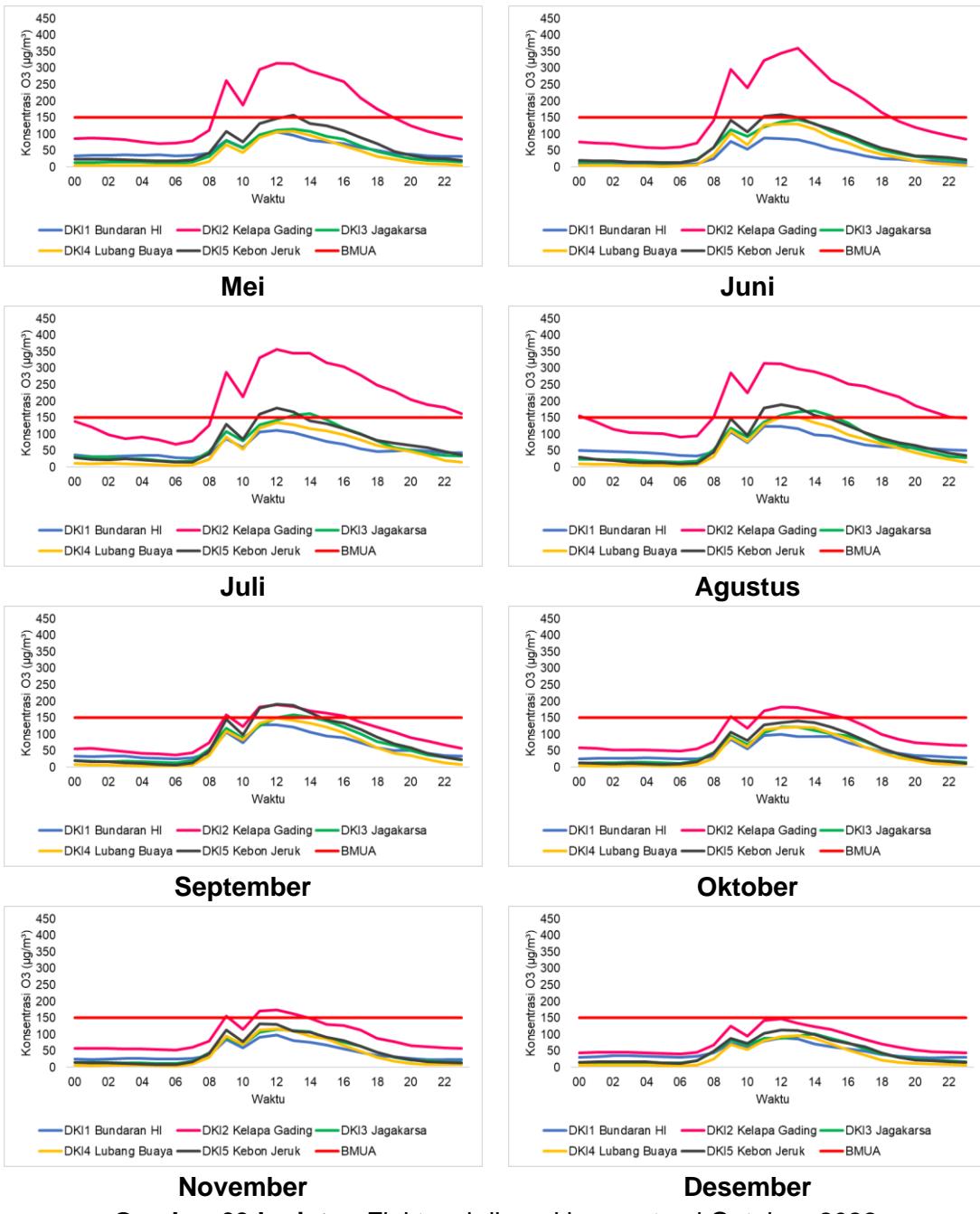
Fluktuasi konsentrasi O₃ diurnal rata-rata per jam

Pola fluktuasi diurnal konsentrasi O₃ ditunjukkan pada Gambar 69. Di seluruh SPKUA polanya sama, maksimum pada siang hari dan minimum pada malam hari. Konsentrasi tertinggi untuk fluktuasi diurnal terdapat di DKI2 Kelapa Gading, dengan konsentrasi rata-rata maksimum pada jam 12.00 WIB, sebesar 381 µg/m³. Menjelang malam terjadi penurunan seiring dengan tenggelamnya matahari dan radiasi mencapai 0, konsentrasi O₃ juga mendekati 0, terutama di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya. Namun di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, dan DKI5 Kebon Jeruk, konsentrasi Ozon rata-rata malam hari masih terukur, terutama di DKI2 Kelapa Gading masih sekitar 100 µg/m³.

Fluktuasi diurnal menunjukkan penurunan konsentrasi Ozon pada malam hari di DKI2 Kelapa Gading tidak terlalu rendah seperti lokasi lain yang hampir mendekati 0 (nol). Ozon sangat berkaitan erat dengan radiasi matahari, sehingga penurunan akan sangat jelas pada malam hari, namun pada beberapa kasus terjadi keterlambatan penguraian O₃ pada malam hari karena sebab-sebab tertentu. Menurut Plocoste *et al.* (2018), konsentrasi O₃ menurun akibat adanya efek titrasi oleh NO dan NO₂. Konsentrasi O₃ pada malam hari tidak turun hingga nol, tetapi stabil hingga pagi hari, karena efek titrasi berkurang akibat tercapainya fase ekuilibrium O₃, NO dan NO₂.

Nilai BMUA untuk 1 jam adalah sebesar 150 µg/m³. Sehingga di DKI2 Kelapa Gading pada siang hari mulai Januari hingga November sudah melebihi nilai tersebut, di DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Mei – September, di DKI3 Jagakarsa pada bulan Juli – September, dan DKI4 Lubang Buaya pada bulan Agustus. Nilai konsentrasi meningkat di siang hari mulai pukul 10 pagi, yaitu berkisar di atas 60 µg/m³. Dari keseluruhan SPKUA, konsentrasi tertinggi berada pada pukul 12 siang. SPKUA DKI2 Kelapa Gading memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari lokasi lainnya, dan terendah ada di SPKUA DKI4 Lubang Buaya, namun pada bulan September konsentrasi di DKI2 hampir sama dengan lokasi lain. Nilai maksimum di SPKUA DKI2 Kelapa Gading berada di bulan April, sebesar 381 µg/m³.



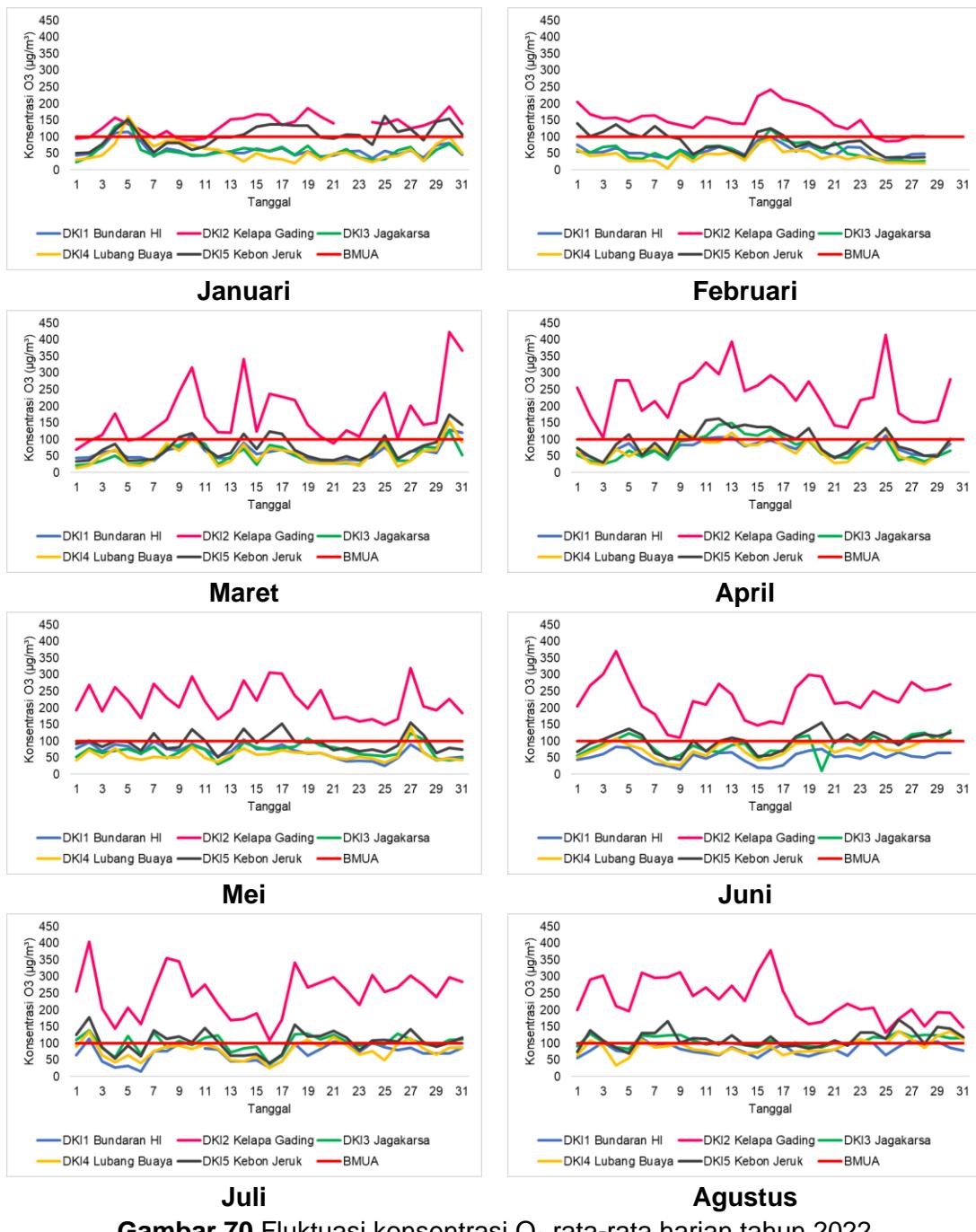


Gambar 69 Lanjutan Fluktuasi diurnal konsentrasi O₃ tahun 2022

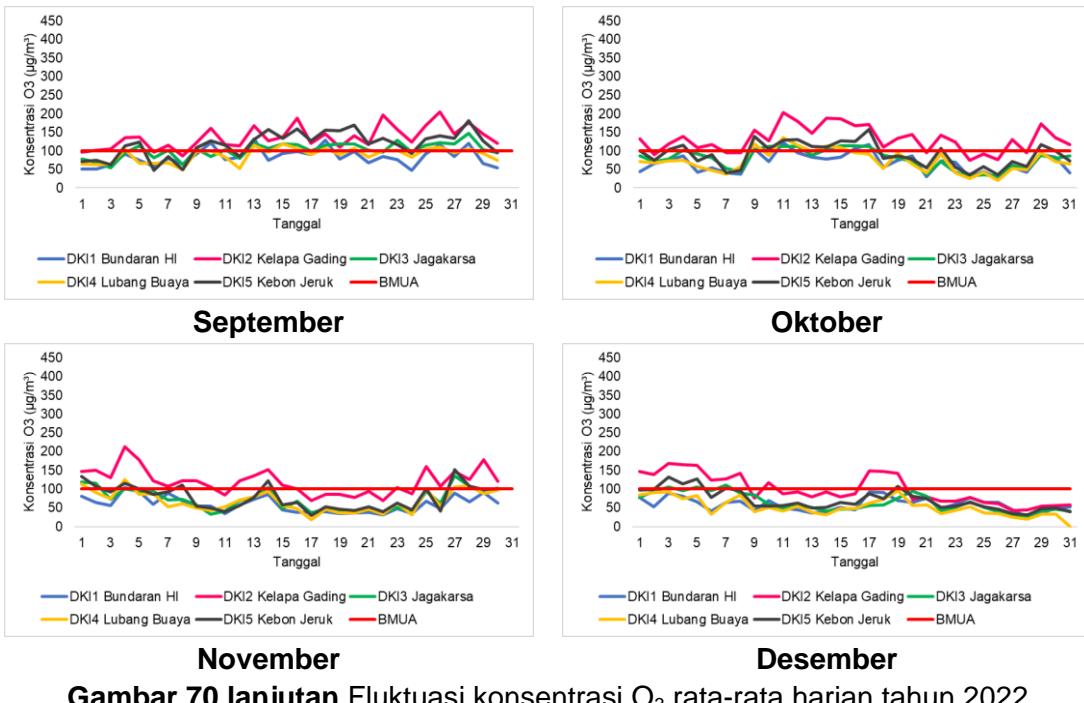
Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata siang hari dan perbandingan dengan BMUA

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. Fluktuasi rata-rata konsentrasi Ozon siang hari tertinggi tercatat di DKI2 Kelapa Gading (Gambar 70). Konsentrasi 8 jam rata-rata per hari menunjukkan peningkatan nilai O₃ pada bulan Februari – September, sementara bulan Oktober – Desember mengalami penurunan. Data rata-rata harian di DKI2 Kelapa Gading tiap bulan ada yang melampaui nilai BMUA 8 jam sebesar 100

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, bahkan pada bulan April – Agustus seluruh hari memiliki konsentrasi melebihin nilai BMUA 8 jam.

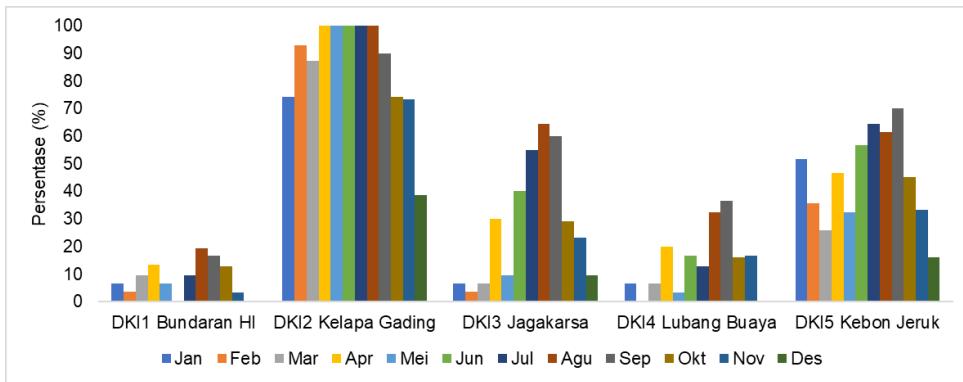


Gambar 70 Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata harian tahun 2022



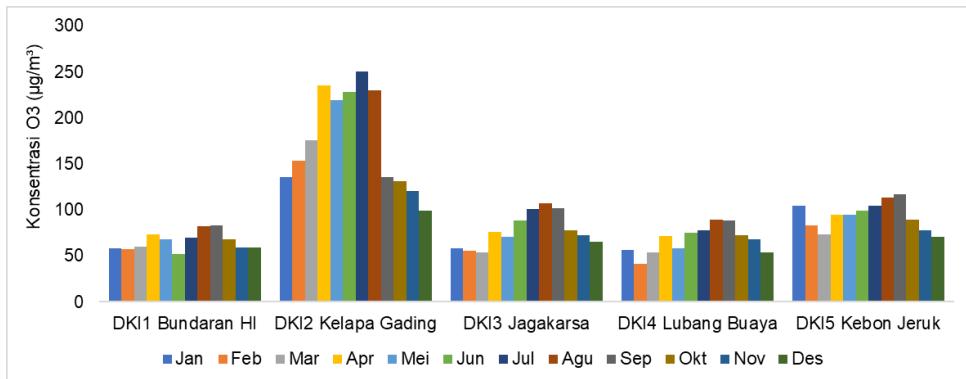
Gambar 70 Lanjutan Fluktuasi konsentrasi O₃ rata-rata harian tahun 2022

Persentase hari yang memiliki nilai rata-rata melebihi nilai BMUA selama Januari – Desember 2022 ditampilkan pada Gambar 71. Hari dengan konsentrasi O₃ diatas BMUA di DKI2 Kelapa Gading di atas 70%, di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk hingga 60% dan 70%. Sementara di stasiun DKI1 Bundaran HI hampir 20% dan DKI4 Lubang Buaya mencapai sekitar 30%.



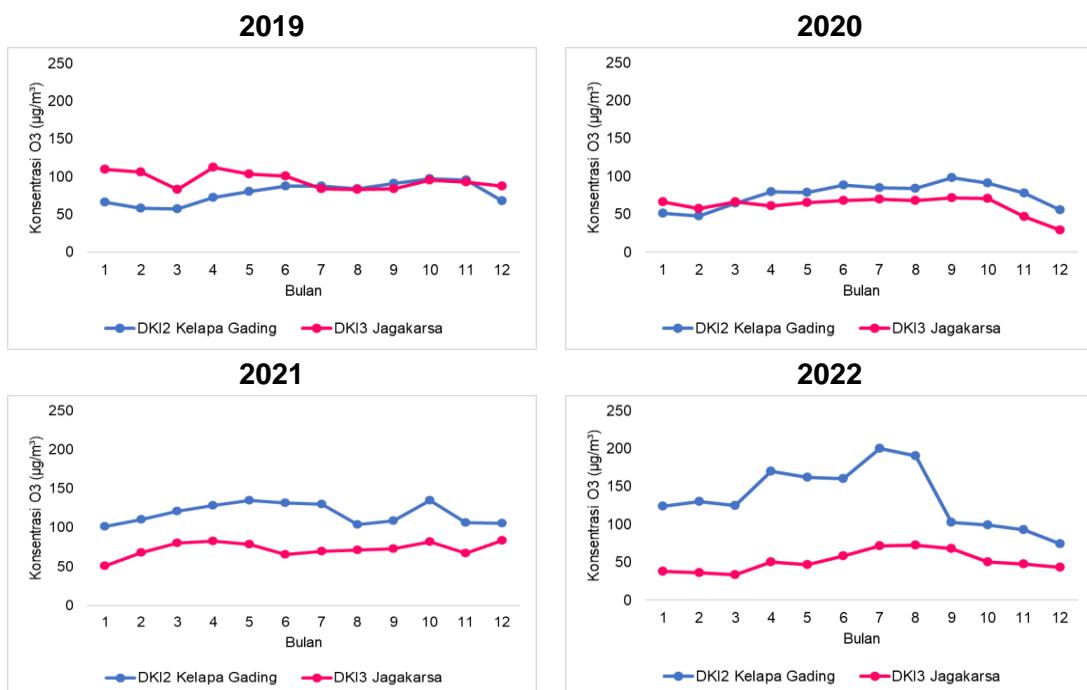
Gambar 71 Persentase jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata O₃ harian melebihi nilai BMUA nasional 24 jam (PP 22 tahun 2021; 100 µg/m³)

Secara umum berdasar data rata-rata harian konsentrasi O₃ per bulan tertinggi terdapat pada DKI2 Kelapa Gading, dengan tertinggi pada bulan Juli (Gambar 72). Di DKI2 Kelapa Gading menunjukkan penurunan konsentrasi pada bulan Agustus – Desember. Konsentrasi O₃ pada 4 SPKUA lainnya relatif lebih rendah dan tidak ada peningkatan atau penurunan yang signifikan tiap bulannya. Konsentrasi terendah terpadat pada DKI1 Bundaran HI.



Gambar 72 Konsentrasi rata-rata harian O₃ per bulan tahun 2022 pada tiap SPKU

Sehubungan pola konsentrasi Ozon meningkat signifikan di DKI2 Kelapa Gading, dievaluasi juga konsentrasi Ozon tahun sebelumnya, yang ditunjukkan pada Gambar 73. Hal ini memberi gambaran bahwa terjadi perubahan karakteristik pencemar udara dominan di DKI2 Kelapa Gading. Pada tahun 2019, konsentrasi Ozon tertinggi di DKI3 Jagakarsa, namun memasuki tahun 2020 konsentrasi Ozon rata-rata di DKI2 Kelapa Gading meningkat bahkan pada tahun 2020 melampaui nilai rata-rata di DKI3 Jagakarsa. Kondisi ini memerlukan penelaahan lebih lanjut, karena Ozon berdampak buruk terhadap lingkungan maupun manusia. 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.

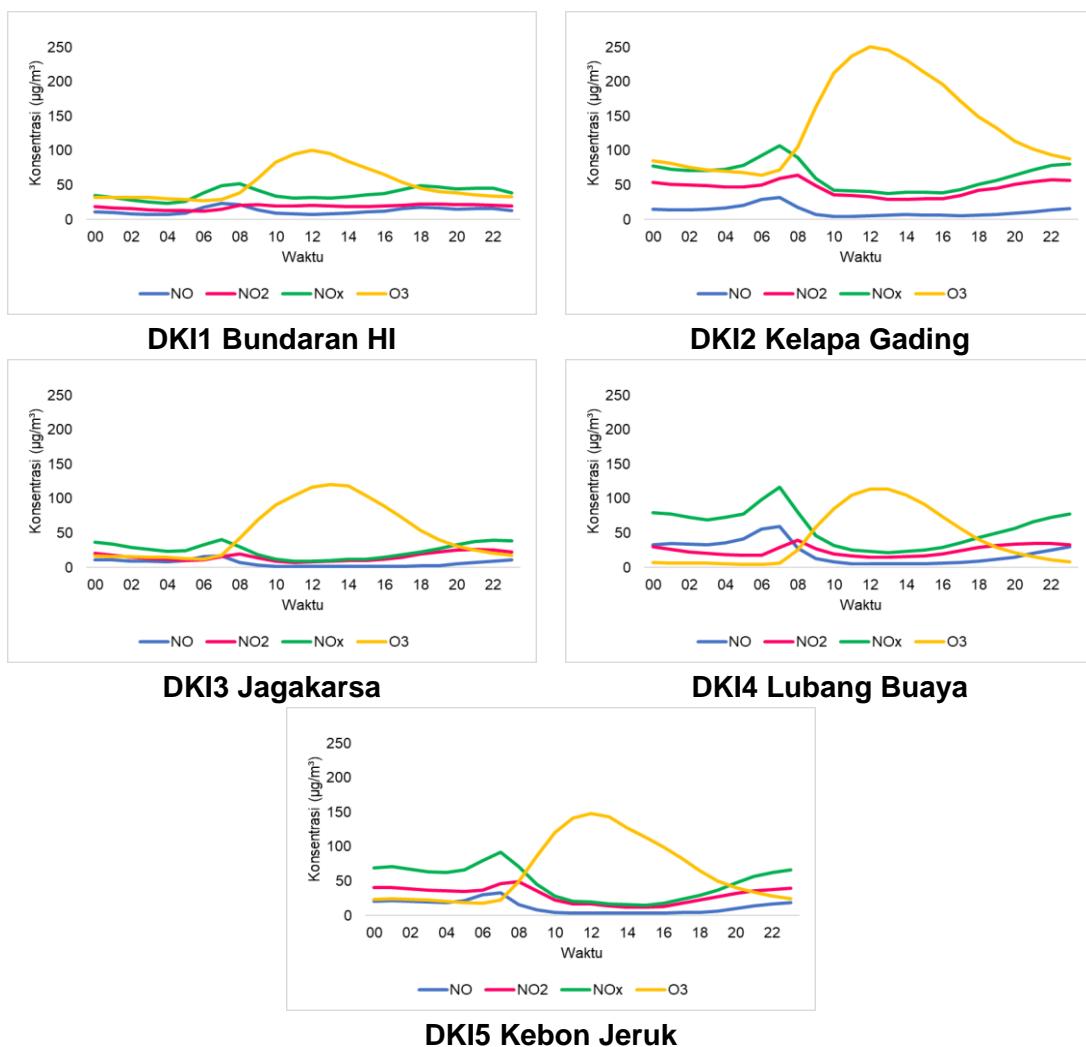


Gambar 73 Perbandingan konsentrasi O₃ di DKI2 Kelapa Gading dan DKI3 Jagakarsa tahun 2019 – 2022

Seperti dibahas pada paragraf sebelumnya bahwa Ozon merupakan pencemar sekunder yang dapat terbentuk oleh zat lain maka perlu dilihat hubungan dengan

prekursornya. Beberapa prekursor Ozon diantaranya NO, NO₂, dan NOx. Berdasar fluktasi diurnal selama tahun 2022 (Gambar 74), bahwa pola Ozon berbanding terbalik dengan prekursornya (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 74, ketika konsentrasi NO, NO₂ dan NOx rendah, konsentrasi O₃ yang terbentuk rendah. Sementara jika dibandingkan antara lokasi, ketika perbedaan NO dan NO₂ besar, maka O₃ yang terukur lebih tinggi, hal ini terlihat dari data di Kelapa Kading. Kondisi ini dipengaruhi oleh efek titrasi (Palomera *et al.* 2016, Balamurugan *et al.* 2022, Wang *et al.* 2022).



Gambar 74 Fluktuasi diurnal hubungan NO, NO₂, NOx, dan O₃ selama tahun 2022

2.1.6. Hidrokarbon (HC)

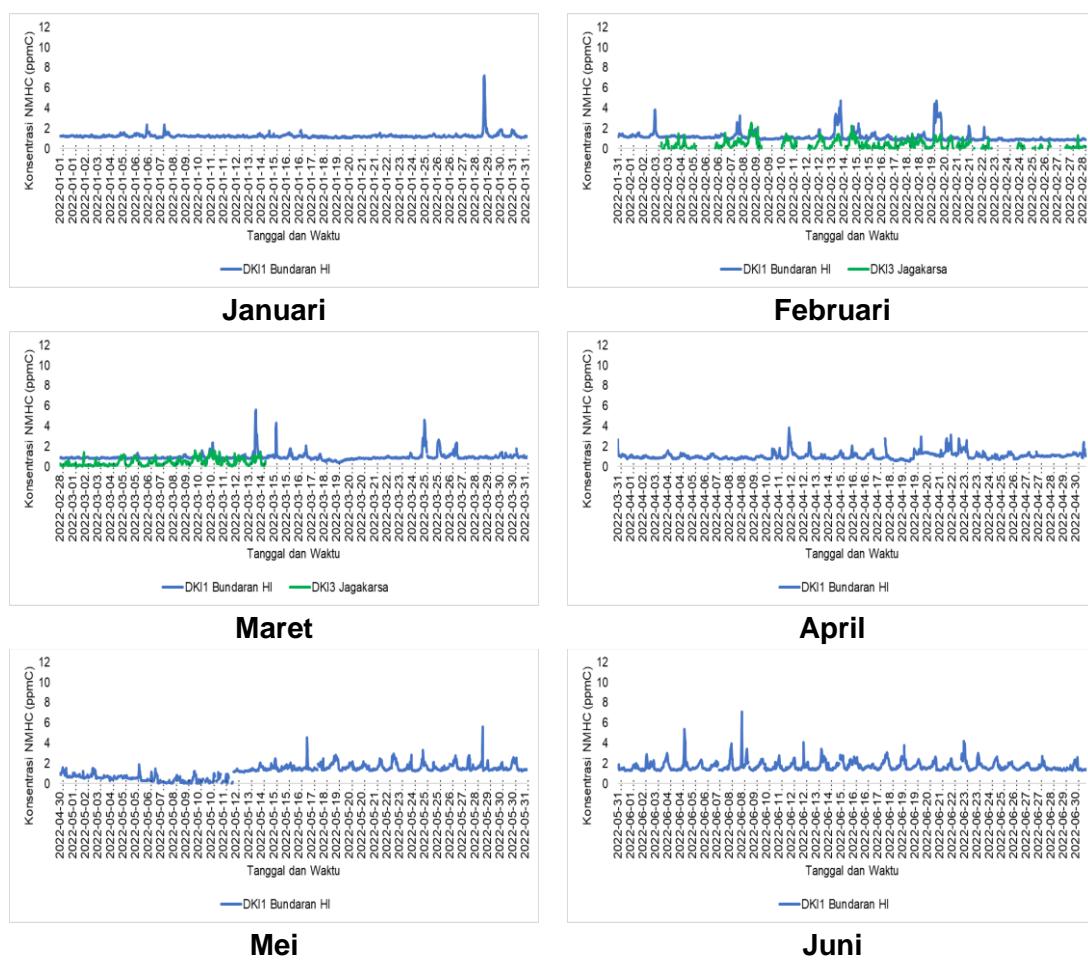
Hidrokarbon adalah senyawa yang terdiri dari *hydrogen* dan karbon. Salah satu yang diukur di perkotaan adalah non-metana (NMHC) yang merupakan bagian penting dari *Volatile Organic Compound* (VOC). Senyawa tersebut dapat mendorong aktivitas kimia atmosfer juga berkontribusi dalam pembentukan Ozon troposfer 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.

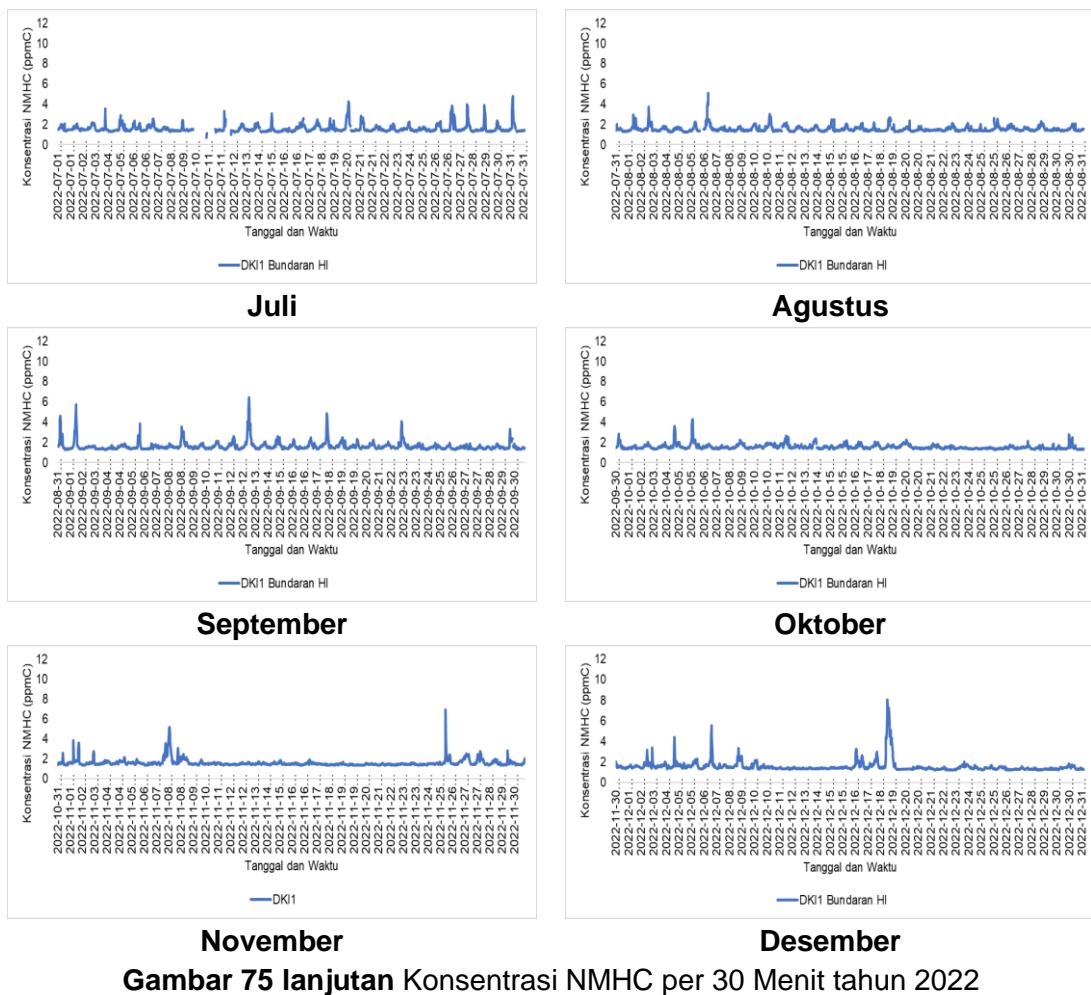
Fluktuasi konsentrasi NMHC per 30 menit

Pengukuran NMHC di DKI Jakarta tercatat di dua SPKUA, yaitu SPKUA DKI1 Bundaran HI dan beberapa data SPUKA DKI3 Jagakarsa. Data di Jagakarsa hanya 1.5 bulan (Februari – pertengahan Maret). Oleh karena itu selanjutnya data Jagakarsa tidak dianalisis.

Konsentrasi per 30 menit tertinggi NMHC di Bundaran HI tercatat pada bulan Januari, Juni dan Desember (> 7 ppmC). Konsentrasi di DKI1 Bundaran HI lebih tinggi dibandingkan dengan di DKI3 Jagakarsa. 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.



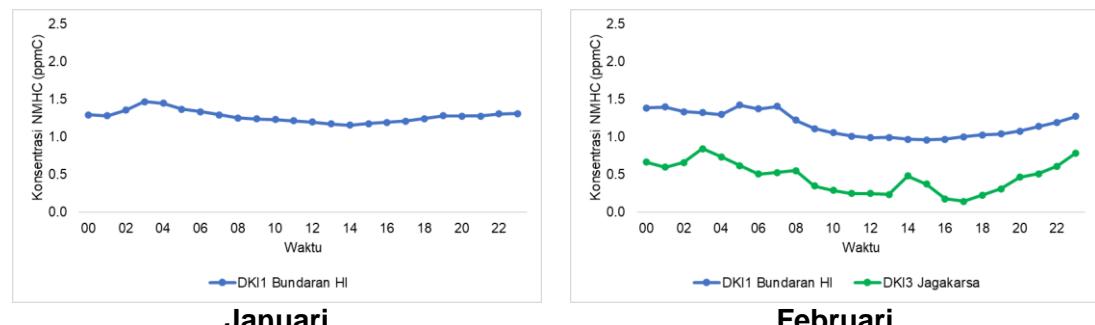
Gambar 75 Konsentrasi NMHC per 30 Menit tahun 2022



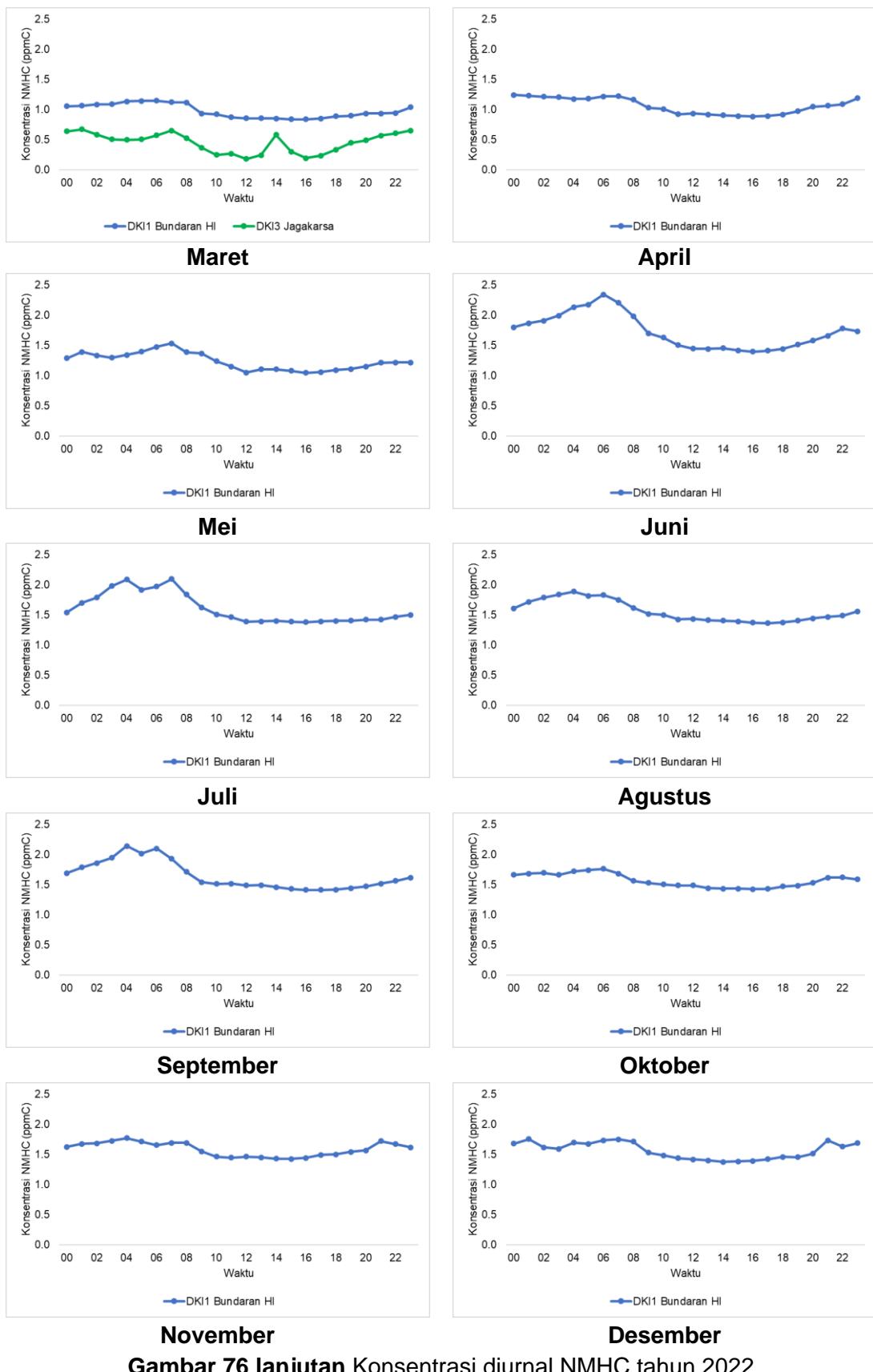
Gambar 75 Lanjutan Konsentrasi NMHC per 30 Menit tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi diurnal NMHC

Fluktuasi diurnal menunjukkan fluktuasi NMHC meningkat di pagi hari pada pukul 5 hingga 8 pagi (beragam antar waktu dan lokasi), kemudian menurun dan relatif konstan hingga naik kembali menjelang pagi hari. Konsentrasi tertinggi di bulan Juni DKI1 Bundaran HI mencapai 2.3 ppm, sedangkan lokasi lainnya berada di kisaran 0.2 sampai 2 ppm. DKI3 mencapai konsentrasi tertinggi di bulan Februari dengan 0.8 ppm.



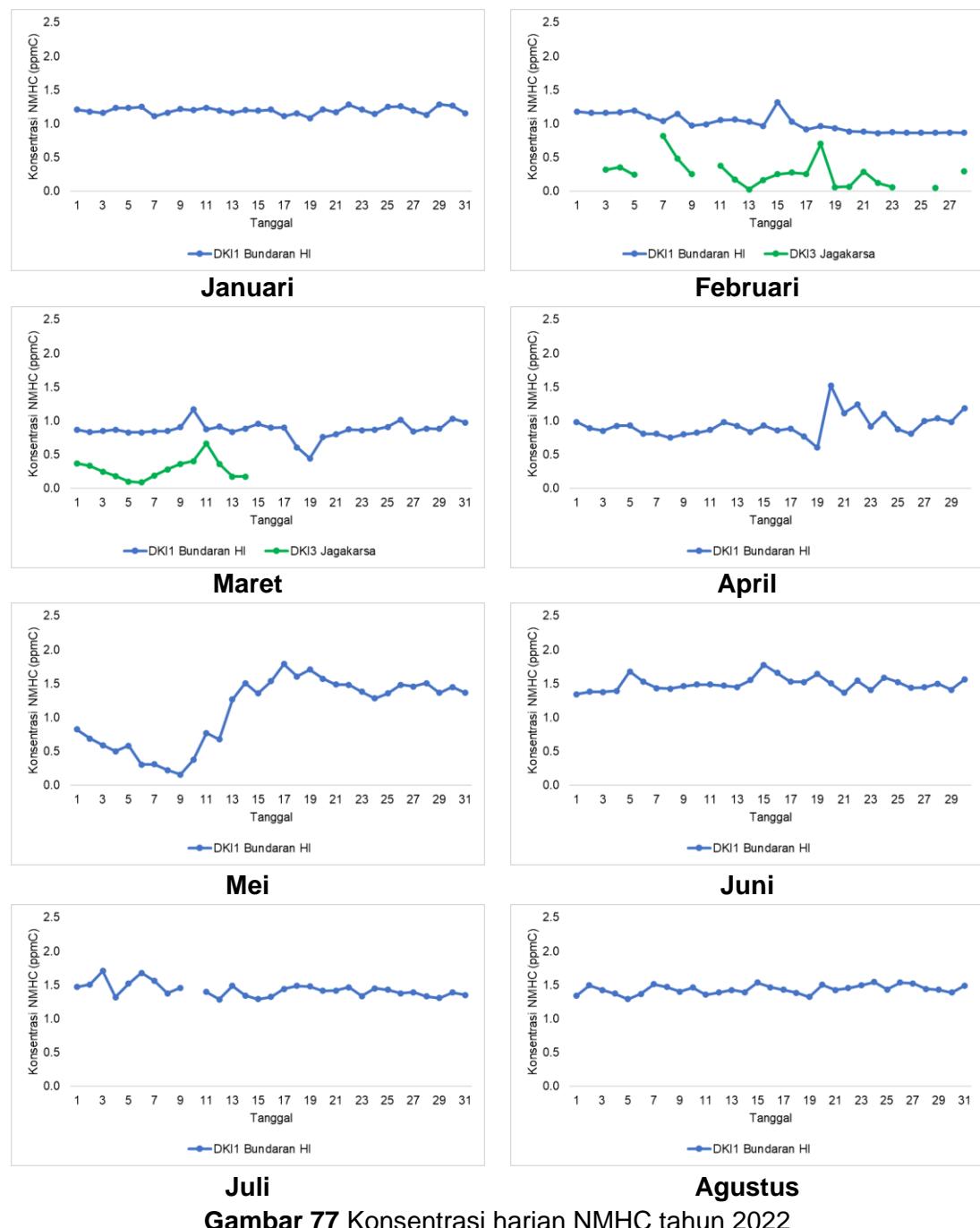
Gambar 76 Konsentrasi diurnal NMHC tahun 2022



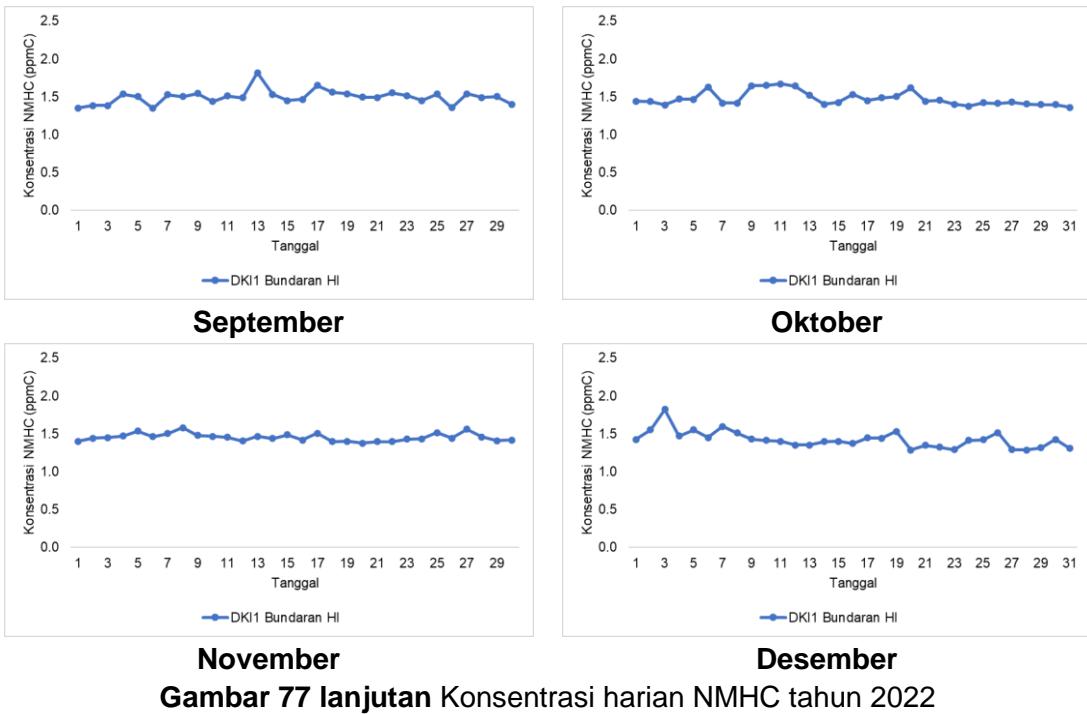
Gambar 76 Lanjutan Konsentrasi diurnal NMHC tahun 2022

Fluktuasi konsentrasi harian NMHC (perbandingan dengan nilai BMUA)

Perhitungan konsentrasi rata-rata harian NMHC dilakukan dengan menghitung rata-rata tiga jam antara pukul 10 pagi hingga 14 siang, agar dapat dibandingkan dengan nilai BMUA sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021. Fluktuasi harian tidak berbeda jauh dengan fluktuasi diurnal. Rata-rata harian berkisar antara 0.2 hingga 2 ppmC. Selain itu, banyaknya data kosong pada periode waktu itu menyebabkan terputusnya data di grafik di DKI3 Jagakarsa. Secara umum terjadi peningkatan konsentrasi NMHC pada bulan Mei lalu bulan-bulan selanjutnya relatif sama.



Gambar 77 Konsentrasi harian NMHC tahun 2022



Gambar 77 Lanjutan Konsentrasi harian NMHC tahun 2022

2.2. Perbandingan Fluktuasi Konsentrasi Diurnal Pencemar Udara Per Pekan

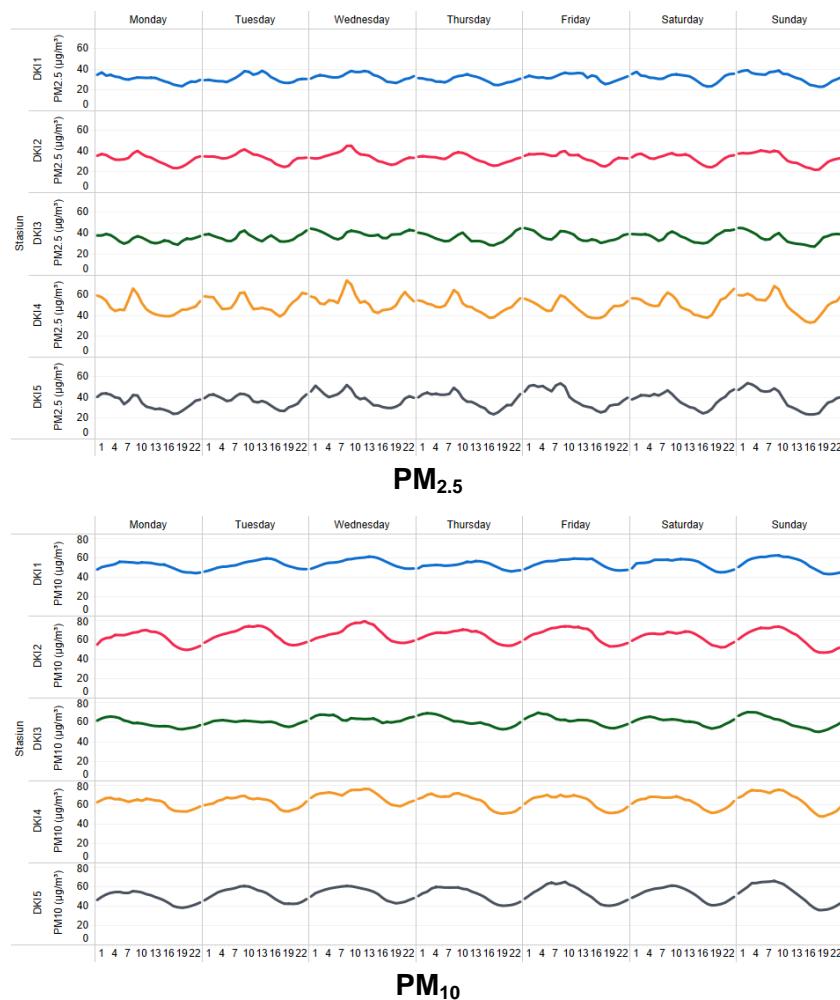
Fluktuasi konsentrasi pencemar udara sangat dipengaruhi sumber emisi, sehingga analisis jumlah sumber emisi juga penting. Di kota besar seperti Jakarta sumber emisi transportasi lebih mendominasi, sehingga analisis fluktuasi konsentrasi per hari selama sepekan dilakukan untuk melihat pengaruh aktivitas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

Pada umumnya konsentrasi PM_{2.5} relatif stabil hingga akhir pekan (Sabtu), namun terdapat peningkatan pada Sabtu malam hingga Minggu pagi terutama di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk. Konsentrasi PM_{2.5} di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk lebih fluktuatif secara diurnal selama sepekan dibanding lokasi lain.

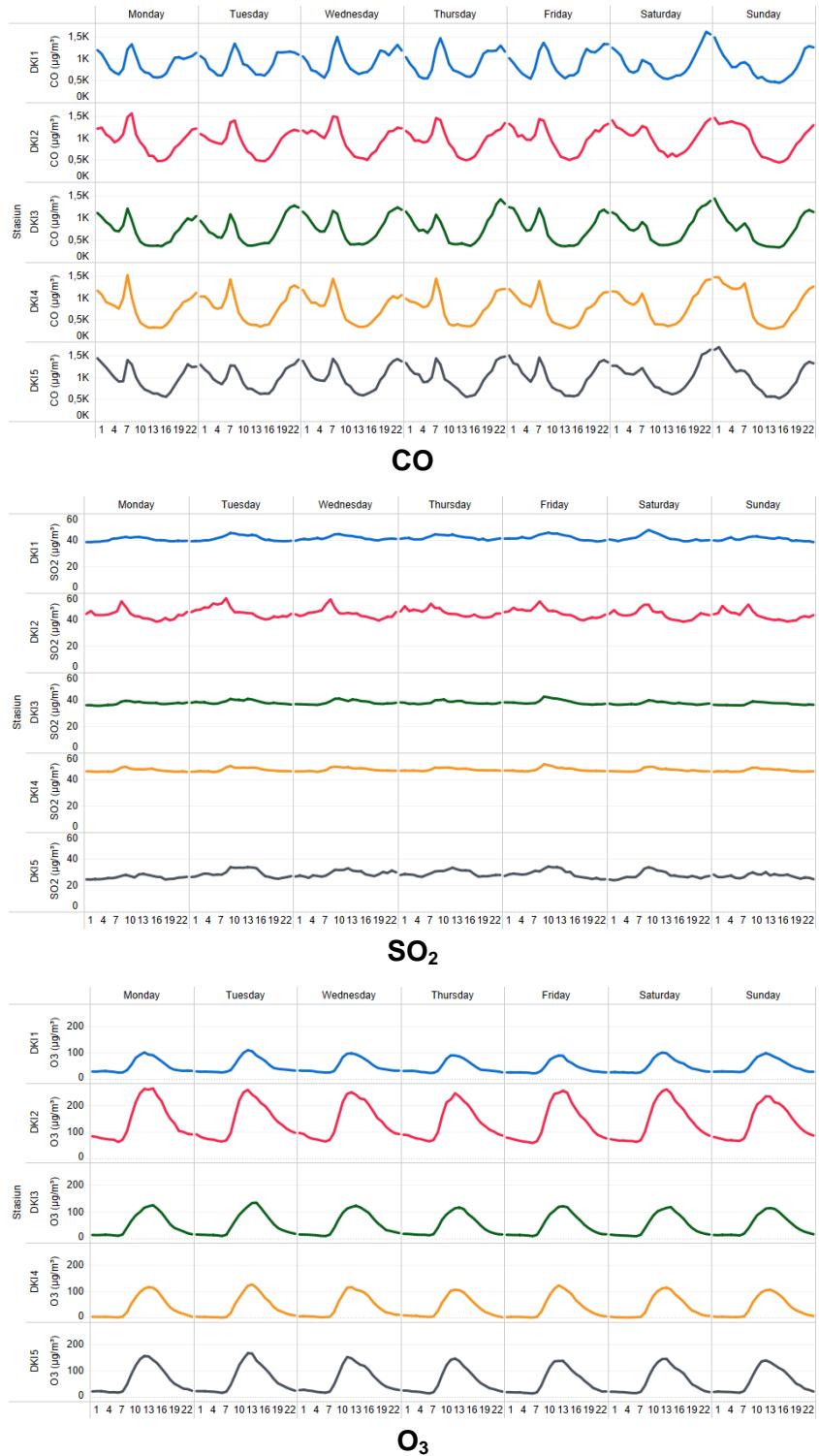
Kondisi PM₁₀, sedikit menurun pada akhir pekan. CO menurun di hari Sabtu siang, tetapi meningkat tajam pada malam Minggu, terutama di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk. Fluktuasi konsentrasi pencemar DKI1 Bundaran HI didukung dengan data rata-rata harian volume kendaraan (Tabel 3) dan fluktuasi diurnal rata-rata volume kendaraan (Gambar 79) di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat. Konsentrasi CO yang relatif menurun pada hari Sabtu dan Minggu sesuai dengan menurunnya volume kendaraan di Bundaran HI, Jalan Thamrin, Jakarta Pusat. Jumlah kendaraan bermotor di Jl Thamrin pada hari kerja pagi dapat mencapai > 7000 kendaraan, sedangkan pada hari Sabtu pagi hanya sekitar 5000 kendaraan, dan meningkat kembali pada Sabtu malam, sedangkan pada hari Minggu maksimum < 6000 kendaraan. Rata-rata jumlah kendaraan per hari pada hari kerja di Jl Thamrin selama bulan Januri – Juli 2022 berkisar 97000 – 102000 per hari, tertinggi pada hari Jum'at. Sedangkan **pola fluktasi selama 24 jam** relatif stabil dari Senin-

Jumat, dan polanya berbeda pada akhir pekan, dengan jumlah kendaraan yang menurun.

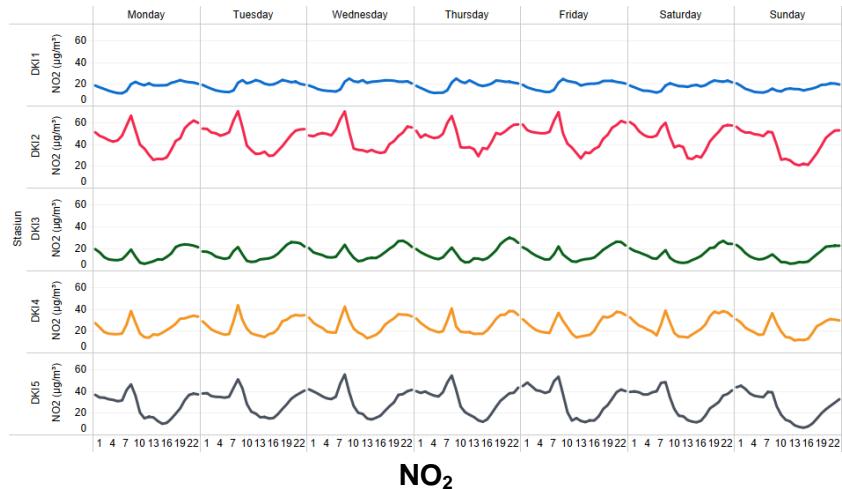
Konsentrasi SO₂ antar hari selama sepekan tidak terlalu berfluktuasi, demikian pula untuk O₃ dan NO₂. Namun demikian terlihat fluktuasi SO₂ dan O₃ lebih datar, sedangkan NO₂ di DKI1 Bundaran HI, juga di DKI2 dan DKI5 sedikit menurun pada akhir pekan.



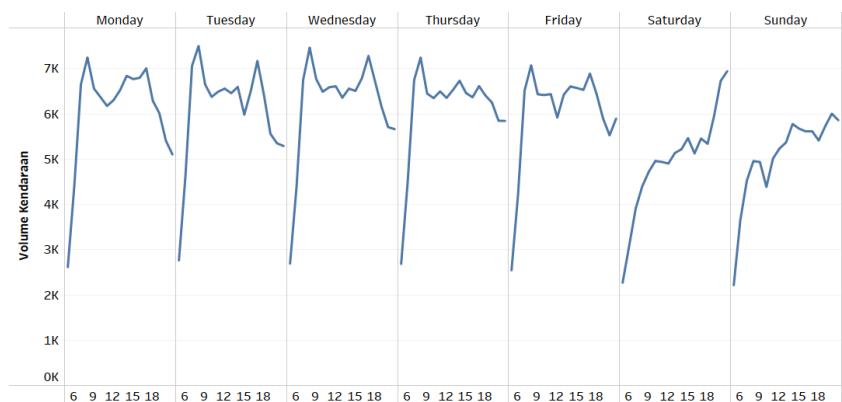
Gambar 78 Konsentrasi bulan Januari – Desember per pekan pada 5 stasiun



Gambar 78 Lanjutan Konsentrasi bulan Januari – Desember per pekan pada 5 stasiun



Gambar 78 Lanjutan Konsentrasi bulan Januari – Desember per pekan pada 5 stasiun



Gambar 79 Fluktuasi diurnal rata-rata volume kendaraan per pekan di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat

Tabel 3 Rata-rata volume kendaraan harian di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat

Hari	Rata-Rata Volume Kendaraan
Senin	98418
Selasa	97760
Rabu	100717
Kamis	99143
Jumat	102354
Sabtu	84561
Minggu	76021

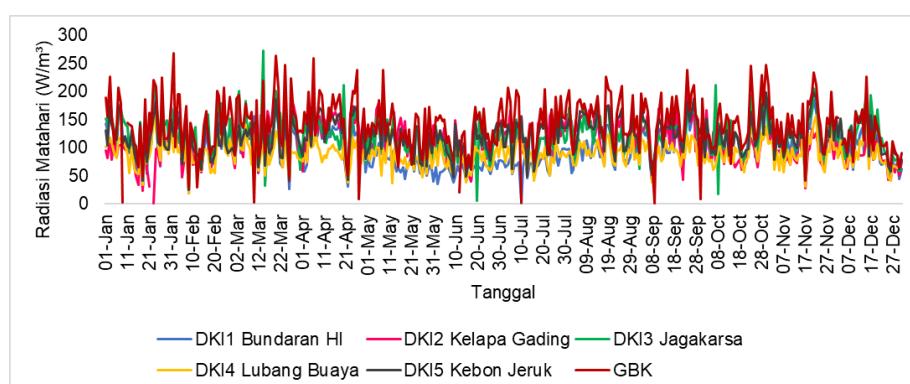
2.3. Analisis Kondisi Meteorologi

Faktor meteorologi merupakan faktor yang sangat penting mempengaruhi kondisi kualitas udara suatu wilayah. Fluktuasi konsentrasi pencemar udara selain dipengaruhi oleh fluktuasi sumber emisi, juga dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Kondisi meteorologi di wilayah DKI Jakarta bulan Januari – Desember

tahun 2022 dipaparkan pada sub-sub bab selanjutnya.

2.3.1. 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 **maksimum** sekitar 272 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 79, besaran radiasi global rata-rata harian di DKI4 Lubang Buaya cenderung lebih kecil dibanding lokasi lain.



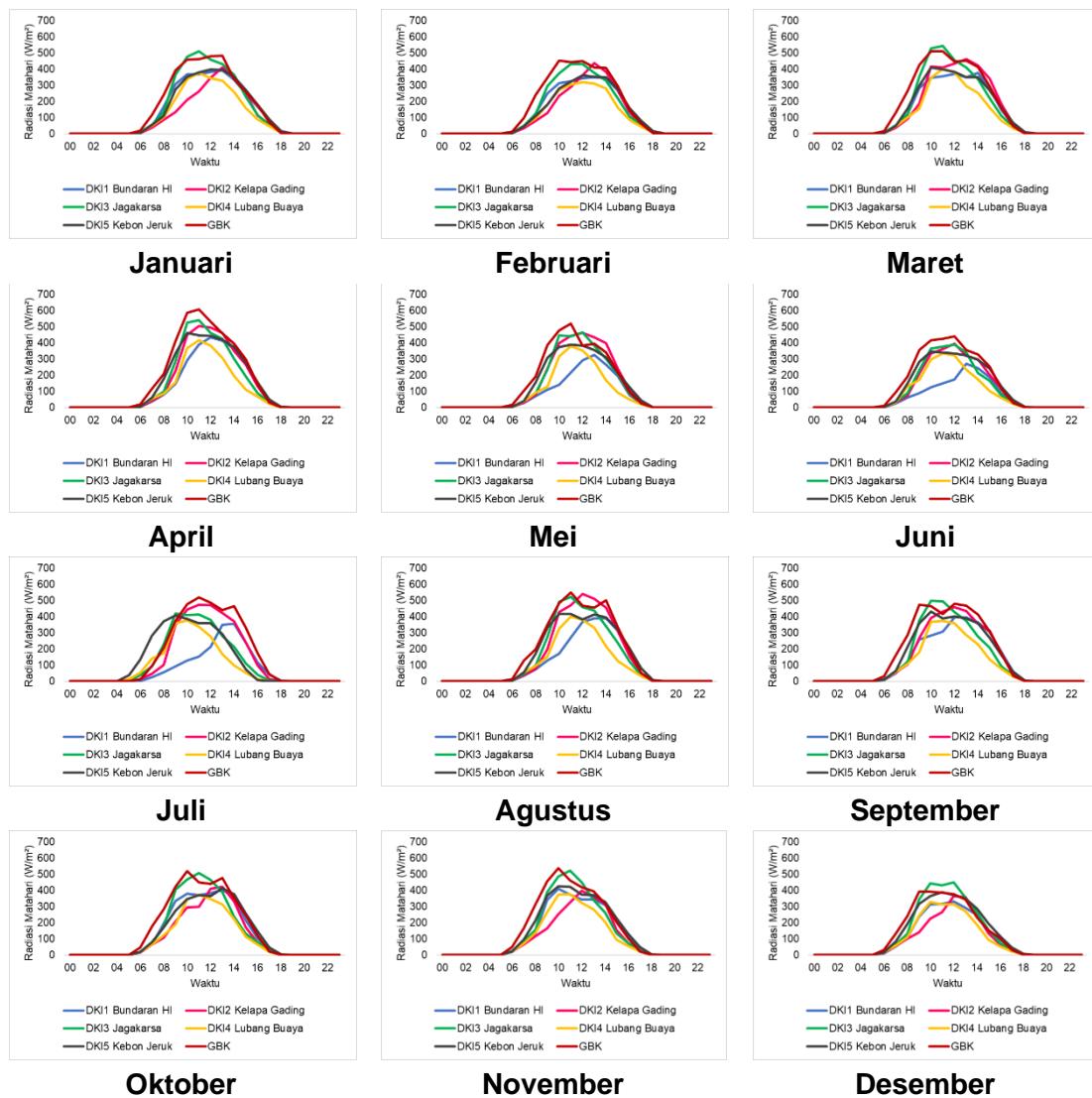
Gambar 80 Fluktuasi radiasi global rata-rata harian tahun 2022

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 80. Nilai radiasi maksimum umumnya berkisar jam 11.00 sampai 13.00 WIB.

Intensitas **radiasi rata-rata pada siang hari** mencapai **maksimum** sekitar **600 W/m²** pada bulan April. 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 DKI3 Jagakarsa dengan waktu pencapaian lebih awal sebelum pukul 12.00 WIB. 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 sendor. Radiasi rata-rata pada siang hari meningkat pada bulan April dan menurun kembali pada bulan Mei. 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. Radiasi global rata-rata siang hari terendah tercatat di DKI4 Lubang Buaya, kecuali pada bulan Mei – Agustus di DKI1 Bundaran HI.



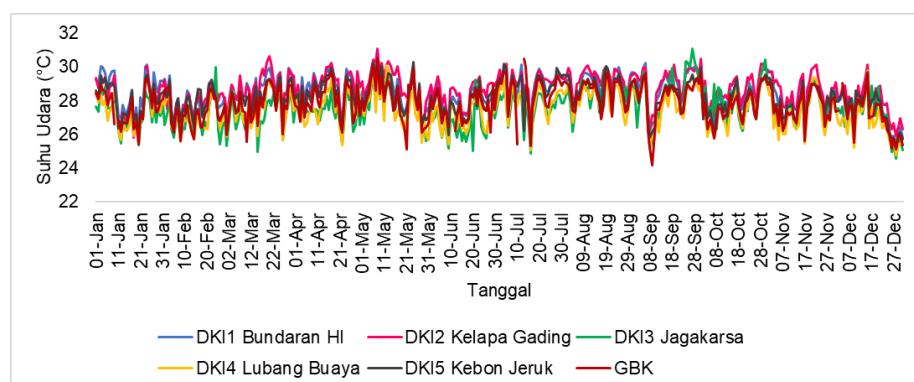
Gambar 81 Fluktuasi radiasi global diurnal tahun 2022

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.

2.3.2. Suhu

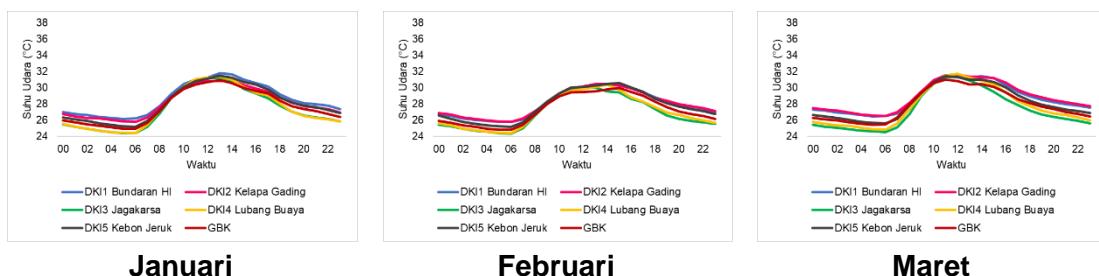
Suhu udara pada umumnya merepresentasikan fluktuasi radiasi, sehingga pola fluktuasi suhu rata-rata per hari maupun diurnal akan mirip dengan fluktuasi radiasi.

Suhu udara rata-rata harian bulan Januari – Desember di DKI Jakarta berkisar 24 – 31 °C (Gambar 82). 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 serta GBK relatif lebih tinggi suhu udara yang terukur, dibandingkan dengan DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya, yang wilayahnya lebih banyak memiliki vegetasi.

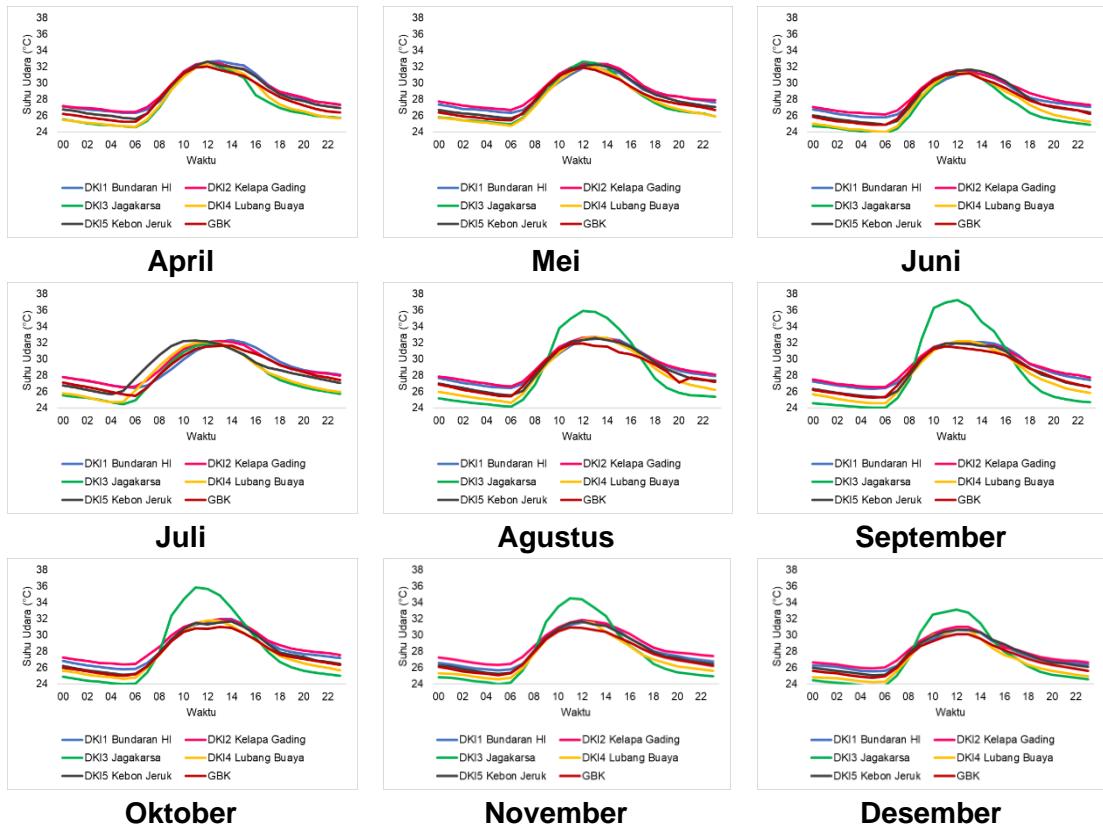


Gambar 82 Fluktuasi suhu rata-rata harian tahun 2022

Fluktuasi suhu udara diurnal menunjukkan suhu udara maksimum pada siang hari rata-rata mencapai 32 - 33°C, terjadi sedikit menurun pada bulan Februari (Gambar 83), lalu mengalami peningkatan lagi pada bulan April. Suhu maksimum terjadi di DKI3 Jagakarsa pada bulan Agustus – Desember mencapai sekitar 36 °C. Hal ini perlu penelaahan lebih lanjut di lapangan, sehubungan peningkatan suhu tersebut. Suhu maksimum tercapai sekitar pukul 13.30 – 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 83 Fluktuasi suhu diurnal tahun 2022

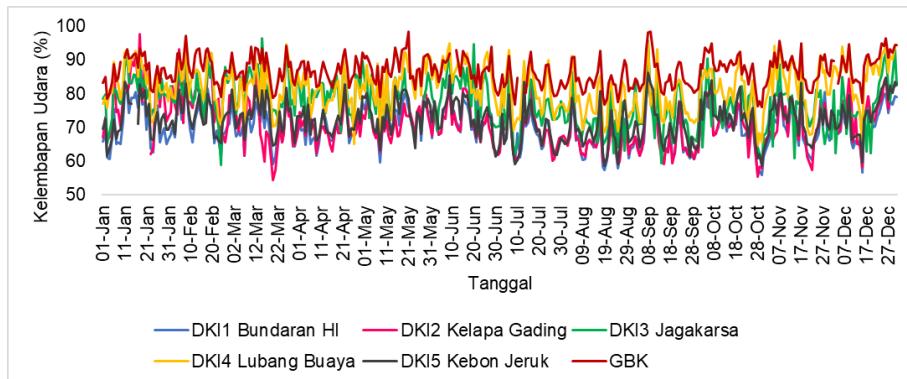


Gambar 83 Lanjutan Fluktiasi suhu diurnal tahun 2022

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.

2.3.3. Kelembapan Udara

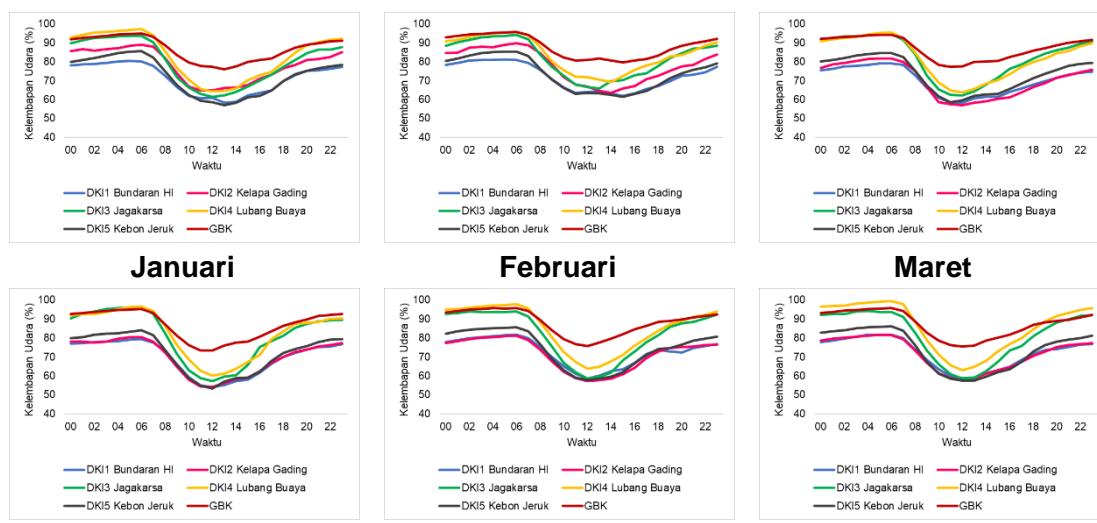
Kelembapan udara merupakan gambaran kandungan uap air di udara. Kandungan uap air di udara sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, curah hujan dan juga suhu udara. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan kelembapan udara meningkatkan, radiasi dan suhu udara akan memiliki pengaruh yang terbalik, sehingga pada saat radiasi tinggi, suhu tinggi, kelembapan udara menurun. Pola fluktiasi kelembapan udara rata-rata harian di DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 84, tertinggi mencapai lebih dari 95%, sangat lembab, kelembapan terendah lebih dari 50%. Kelembaban udara harian tertinggi terdapat di stasiun GBK, untuk SPKUA DLH DKI tertinggi di DKI4 Lubang Buaya, dan terendah di DKI2 Kelapa Gading.



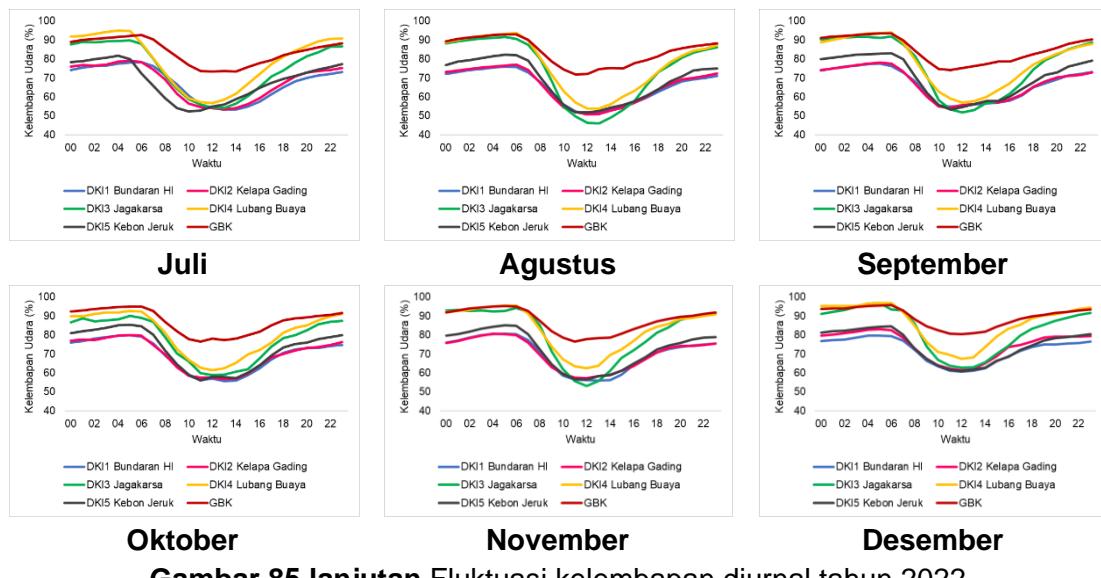
Gambar 84 Fluktuasi kelembapan udara rata-rata harian tahun 2022

Fluktuasi diurnal kelembapan udara berkebalikan dengan radiasi dan suhu udara, rendah pada siang hari (Gambar 85). 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, seperti di SPKUA DKI2 Kelapa Gading, kelembapan siang hari semakin menurun dari bulan Januari hingga November. Kelembapan maksimum pada pagi hari untuk DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya serta GBK relatif tetap sepanjang bulan Januari – Desember, yaitu sekitar 95%. Kelembapan udara tertinggi terukur di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya, kondisi sekitar SPKUA masih cukup banyak vegetasi. Sementara untuk GBK, kelembapan udara pada siang hari lebih tinggi dari 5 SPKUA DLH DKI.



Gambar 85 Fluktuasi kelembapan diurnal tahun 2022



Gambar 85 Lanjutan Fluktuasi kelembapan diurnal tahun 2022

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}.

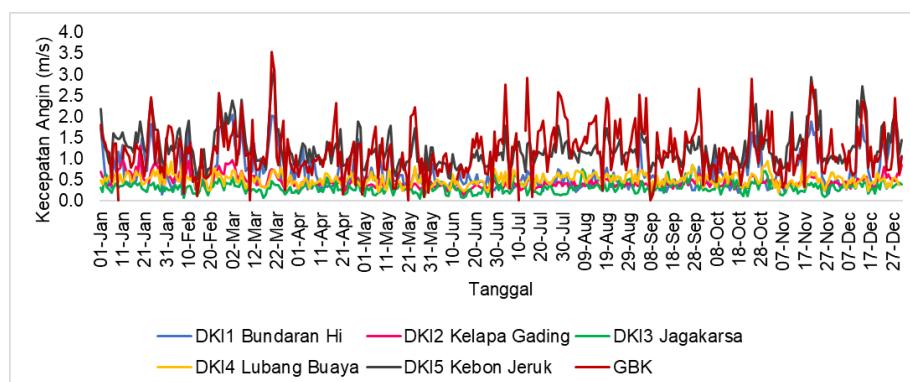
2.3.4. Angin

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

Fluktuasi rata-rata kecepatan angin harian ditunjukkan pada Gambar 86, yang memberi gambaran bahwa kecepatan angin rata-rata harian di DKI5 Kebon Jeruk tercatat paling tinggi dari 5 SPKUA. Posisi SPKUA DKI5 Kebon Jeruk berada di lingkungan pemukiman penduduk, namun berdekatan dengan lapangan olahraga terbuka, sehingga kemungkinan terjadi pemanasan permukaan yang memicu terbentuknya tekanan udara rendah, dan menjadi tujuan angin, sehingga terukur

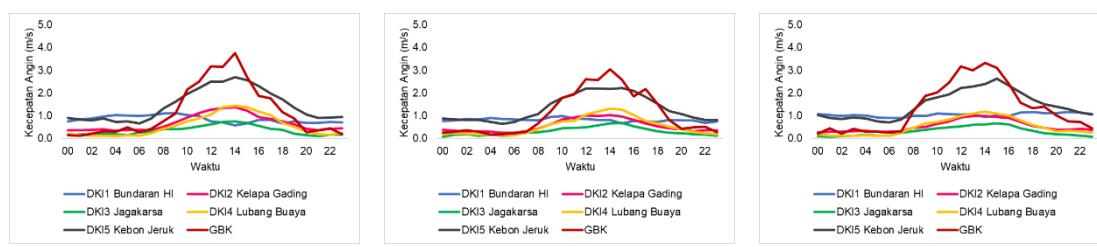
tinggi kecepatannya. Kecepatan angin maksimum di lokasi GBK juga cukup tinggi bahkan melebihi kecepatan angin maksimum di DKI5 Kebon Jeruk. Kondisi sekitar GBK juga terbuka, sehingga angin tidak ada penghalang. Kecepatan angin terendah terukur di Jagakarsa hal ini didukung oleh lingkungan sekitar berupa area kebun pembibitan, lebih banyak vegetasi sehingga kecepatan angin menurun.

Rata-rata kecepatan angin harian tertinggi sekitar 3,5 m/detik. Lokasi sekitar SPKUA DKI5 Kebon Jeruk juga terbuka, tidak ada vegetasi maupun gedung tinggi sehingga datanya lebih representatif. Kecepatan angin paling rendah tercatat di DKI3 Jagakarsa, hal ini dipengaruhi banyaknya tegakan vegetasi di sekitar SPKUA, yang meredam kecepatan angin. Kecepatan angin hasil pengukuran per 30 menit menunjukkan kecepatan angin maksimum terukur sebesar 16 m/detik.



Gambar 86 Fluktuasi kecepatan angin rata-rata harian tahun 2022

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 4,6 m/detik pada bulan Agustus, tercatat di GBK (Gambar 87). Kecepatan angin yang relatif rendah mendorong terakumulasinya pencemar di permukaan sehingga kualitas udara cenderung turun.

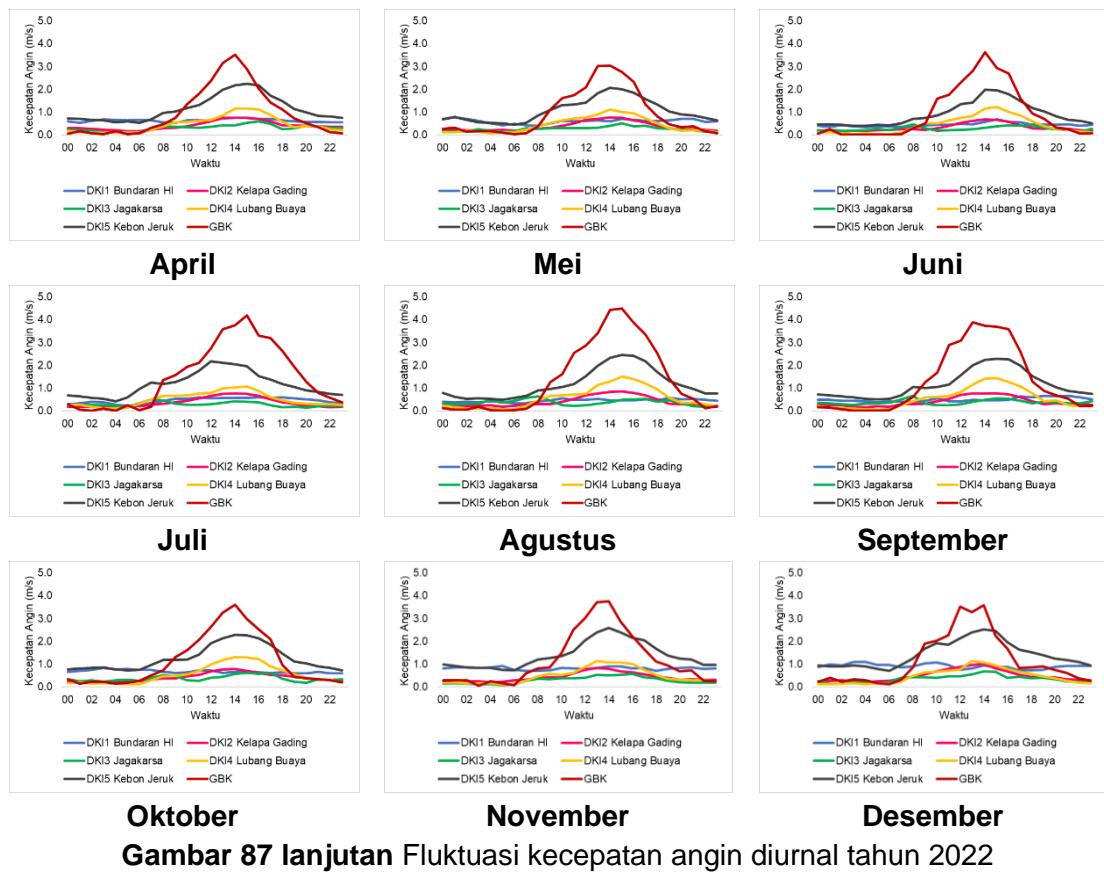


Januari

Februari

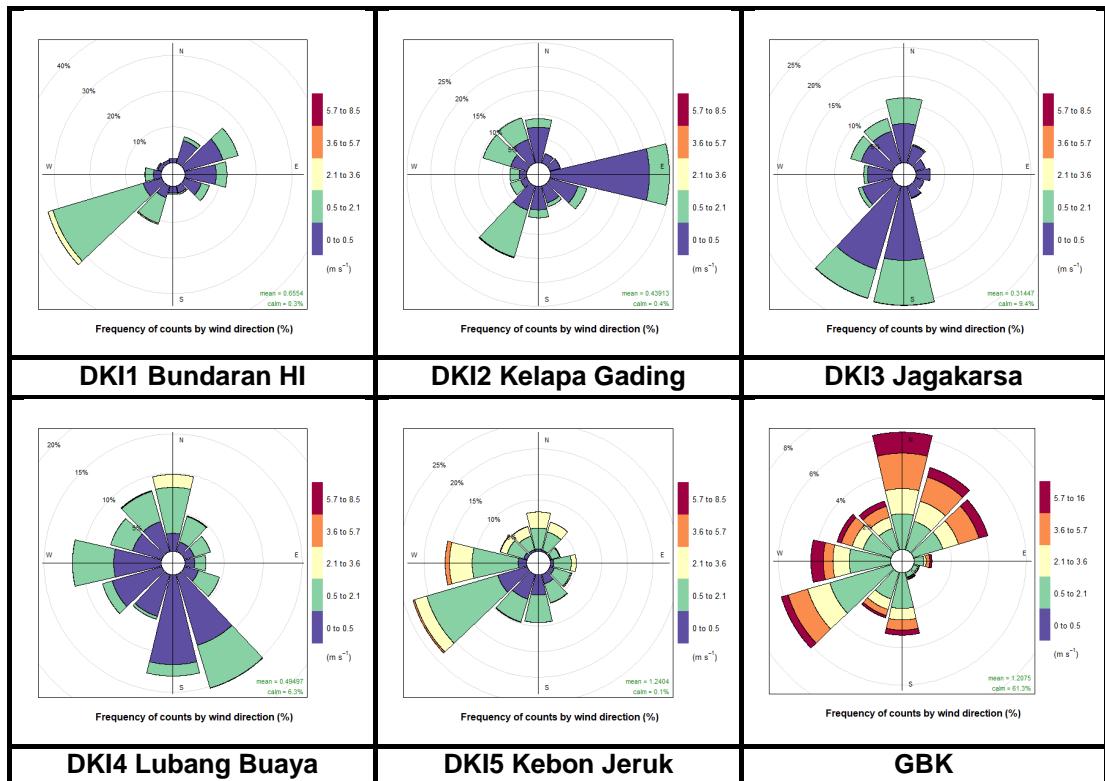
Maret

Gambar 87 Fluktuasi kecepatan angin diurnal tahun 2022



Gambar 87 Lanjutan Fluktuasi kecepatan angin diurnal tahun 2022

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 2) Di DKI1 Bundaran HI angin dominan bertiup dari Barat Daya kecepatannya rendah < 2 m/detik. Di DKI2 Kelapa Gading angin dominan dari Timur, dengan kecepatan angin dominan lebih rendah cenderung mendekati *calm* (0 – 0.5 m/detik). Arah angin dominan di DKI3 Jagakarsa adalah dari Barat Daya-Selatan kecepatan angin dominan 0 – 0.5 m/detik, dan di DKI4 Lubang Buaya lebih dominan dari Tenggara-Selatan. Di DKI5 Kebon Jeruk kecepatan angin lebih tinggi dan didominasi dari arah Barat Daya, namun kecepatan yang lebih tinggi terukur dari arah Barat. Arah angin dominan juga dapat menjadi indikasi potensi lokasi sumber emisi yang berkontribusi terhadap kualitas udara di wilayah tersebut. Sementara itu data angin di GBK menunjukkan arah angin dominan Utara-Timur Laut dan Barat Daya dengan kecepatan mencapai 5 – 16 m/detik (Gambar 88).

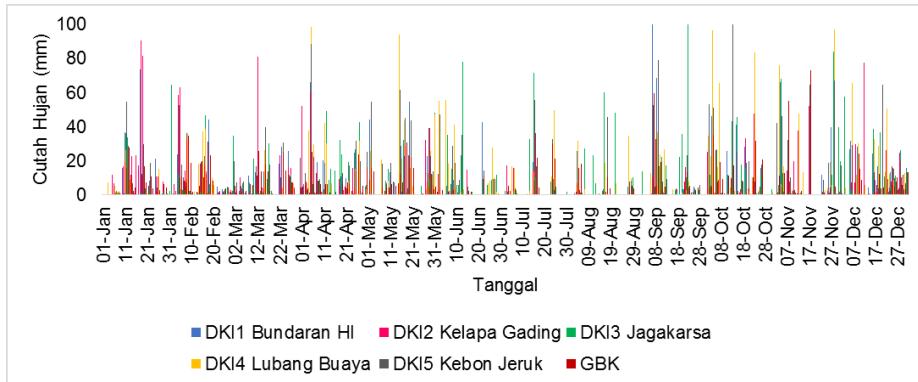


Gambar 88 Sebaran arah angin menggunakan Windrose plot 2022

2.3.5. Curah Hujan

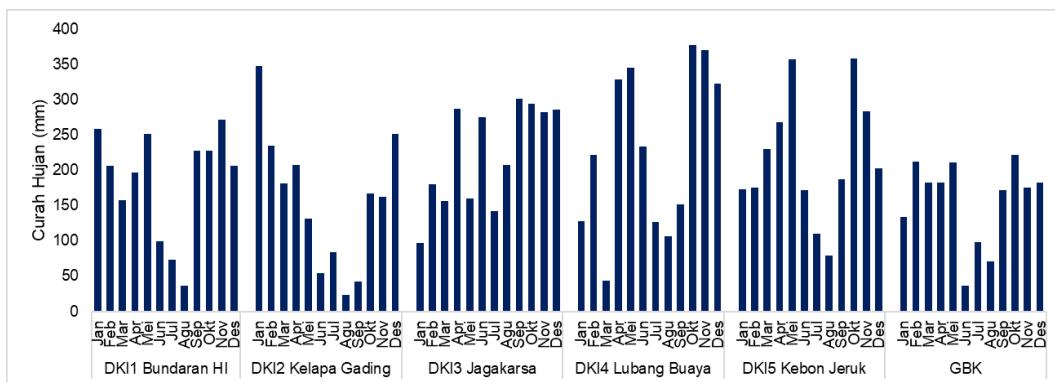
Curah hujan merupakan faktor meteorologi yang sangat penting mempengaruhi kualitas udara. Sudah menjadi pemahaman umum bahwa curah hujan dapat menjadi pencuci (*wash out*) bagi polutan di udara, sehingga menurunkan konsentrasi pencemar di udara. Menurut Chen *et al.* (2020), presipitasi dapat mempengaruhi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

Fluktuasi curah hujan di DKI Jakarta berdasarkan pemantauan bulan Januari – Desember tahun 2022 menunjukkan kejadian hujan harian berbeda-beda antar lokasi SPKUA, baik waktu maupun besarnya. Curah hujan harian tertinggi tercatat mencapai 116.5 mm di DKI5 Kebon Jeruk pada bulan Oktober (Gambar 89). Grafik data curah hujan bulanan dilampirkan (Lampiran 3).



Gambar 89 Fluktuasi curah hujan harian bulan Oktober tahun 2022

Data curah hujan bulanan juga menunjukkan curah hujan bulanan sangat berbeda antar stasiun. DKI2 Kelapa Gading memiliki curah hujan tertinggi pada bulan Januari dan Februari (Gambar 90), tetapi selama tahun 2022, curah hujan bulanan tertinggi tercatat di DKI4 Lubang Buaya pada bulan Oktober dan November. Pada bulan Maret curah hujan menurun di semua SPKUA, kecuali DKI5 Kebon Jeruk meningkat dibanding Februari. Pada bulan April curah hujan meningkat kembali di semua SPKUA. Curah hujan bulanan tertinggi terdapat pada bulan Oktober terutama di DKI4 Lubang Buaya, DKI5 Kebon Jeruk, dan GBK.



Gambar 90 Fluktuasi curah hujan bulanan tahun 2022

2.4. Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Kualitas Udara

Pengaruh faktor meteorologi terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar sangat beragam, bisa positif maupun negatif bahkan untuk parameter meteorologi yang sama. Hal ini dikarenakan faktor emisi lokal dapat mempengaruhi fluktuasi konsentrasi.

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

Hasil analisis korelasi terhadap data konsentrasi dan faktor meteorologi per 30 menit, secara umum radiasi dan suhu berpengaruh positif kuat terhadap fluktuasi Ozon, sementara kelembapan berpengaruh negatif. Nilai koefisien korelasi juga besarnya beragam antar lokasi. Pengaruh ketiga parameter meteorologi tersebut terhadap Ozon ditunjukkan pada Tabel 4. Koefisien korelasi (r) tahun 2022 antara Ozon dengan radiasi, suhu, kelembapan >0.5 disemua lokasi kecuali Ozon dengan RH di DKI1 Bundaran HI. Koefisien korelasi Ozon dengan radiasi tertinggi sebesar

0.64 di DKI5 Kebon Jeruk dan terendah 0.56 di DKI1 Bundaran HI juga DKI2 Kelapa Gading. Korelasi Ozon dengan suhu tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya sebesar 0.77 dan terendah di DKI1 Bundaran HI 0.55. Sementara koefisien korelasi negatif antara Ozon dengan kelembapan relatif tertinggi di DKI4 Lubang Buaya sebesar -0.72 dan terendah di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.46. Koefisien korelasi bulanan Ozon dengan radiasi, suhu, dan RH terdapat di Lampiran 4.

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	0.56	0.56	0.57	0.61	0.64
Suhu	0.55	0.64	0.75	0.77	0.73
RH	-0.46	-0.51	-0.70	-0.72	-0.67

Pengaruh radiasi, suhu dan kelembapan terhadap pencemar partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) dan SO_2 kecil, koefisien korelasi r kurang dari 0.3. 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. Hal ini terjadi di DKI Jakarta pada bulan Juni, sehingga menyebabkan kualitas udara menurun bahkan menjadi isu nasional. Hasil penelusuran data pada bulan Juni didapatkan bahwa nilai koefisien korelasi antara partikulat dan kelembaban pada periode tidak ada hujan di bulan Juni menunjukkan nilai positif. Hal ini berarti 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) tertinggi terdapat pada koefisien korelasi suhu, radiasi, RH dengan SO_2 . Begitu pun dengan koefisien korelasi bulanannya (Lampiran 4). Koefisien korelasi radiasi dengan SO_2 tertinggi sebesar 0.11 di DKI1 Bundaran HI dan DKI5 Kebon Jeruk, sementara suhu dengan SO_2 tertinggi sebesar 0.16 di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk, dan RH dengan SO_2 tertinggi di DKI3 Jagakarsa sebesar -0.22. 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	0.04	0.16	-0.04	0.05	0.07
	PM _{2.5}	0.02	0.04	-0.07	-0.05	-0.09
	SO ₂	0.11	-0.04	0.09	0.10	0.11
Suhu	PM ₁₀	0.11	0.15	-0.02	0.03	0.02
	PM _{2.5}	0.11	0.05	0.01	-0.05	-0.11
	SO ₂	0.08	-0.10	0.16	0.14	0.16
RH	PM ₁₀	-0.07	-0.14	0.06	0.01	0.03
	PM _{2.5}	-0.05	-0.03	0.08	0.12	0.15
	SO ₂	-0.04	0.09	-0.22	-0.16	-0.15

Hasil koefisien korelasi radiasi dan suhu terhadap CO berkorelasi negatif sedangkan kelembapan udara berkorelasi positif (Tabel 6). Koefisien korelasi tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya, pada RH dengan CO sebesar 0.2, sementara suhu dengan CO -0.18, dan radiasi dengan CO -0.09. Pengaruh kelembaban udara dan suhu terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar akan tergantung pada musim (Jayamurugan *et al.* 2013), hal ini juga terlihat pada Lampiran 4, 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 -0.57 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	-0.03	-0.09	-0.09	-0.09	-0.08
Suhu	-0.13	-0.14	-0.12	-0.18	-0.14
RH	0.10	0.13	0.06	0.20	0.14

Pengaruh suhu dan radiasi terhadap NO₂ menunjukkan korelasi negatif, walaupun nilai koefisien korelasi kecil, korelasi terbesar didapatkan di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk dengan nilai r terbesar -0.35 untuk radiasi, dan -0.39 untuk suhu (Tabel 7). Kelembaban memiliki korelasi positif dengan konsentrasi NO₂, terbesar di DKI5 Kebon Jeruk, yaitu sebesar 0.42. Koefisien korelasi bulanan NO₂ dengan radiasi, suhu, dan RH terdapat di Lampiran 4.

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	0.00	-0.29	-0.35	-0.27	-0.30
Suhu	0.13	-0.36	-0.28	-0.25	-0.39
RH	-0.06	0.34	0.33	0.30	0.42

2.4.2. Pengaruh Angin (Arah dan Kecepatan Angin)

a. Analisis Korelasi Fluktuasi Pencemar dengan Kecepatan Angin

Angin sangat penting pengaruhnya terhadap sebaran pencemar udara. Kecepatan angin yang tinggi dapat membawa pencemar ke wilayah lain sedangkan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan polutan terakumulasi di permukaan dan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Berdasar analisis korelasi antara data angin dan konsentrasi pencemar udara per 30 menit, didapatkan bahwa korelasi kecepatan angin dengan polutan pada umumnya negatif (Tabel 8), artinya semakin tinggi kecepatan angin, konsentrasi yang terukur semakin rendah.

Koefisien korelasi kecepatan angin dengan PM₁₀ bernilai negatif disemua lokasi, tertinggi di DKI1 Bundaran HI sebesar -0.36. Begitu juga dengan koefisien korelasi kecepatan angin dengan PM_{2.5} dan NO₂ bernilai negatif disemua lokasi, tetapi korelasi tertinggi di DKI5 Kebon Jeruk sebesar -0.39 dan -0.55. Kecepatan angin dengan SO₂ berkorelasi negatif di DKI2 Kelapa Gading dan DKI5 Kebon Jeruk, sementara korelasi tertinggi terdapat pada DKI1 Bundaran HI yang berkorelasi positif sebesar 0.12. Kecepatan angin dengan O₃ berkorelasi positif kecuali pada DKI1 Bundaran HI, tertinggi sebesar 0.59 di DKI4 Lubang Buaya.

Koefisien korelasi kecepatan angin dengan CO bernilai negatif kecuali pada DKI1 Bundaran HI dengan nilai yang kecil, tertinggi sebesar -0.13 di DKI4 Lubang Buaya. Hal ini lebih memberi gambaran bahwa fluktuasi konsentrasi CO di DKI1 Bundaran HI lebih banyak dipengaruhi oleh sumber emisi yaitu kendaraan bermotor. Rincian koefisien korelasi bulanan kecepatan angin dengan pencemar udara terdapat pada Lampiran 4.

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	-0.36	-0.17	-0.12	-0.04	-0.30
PM ₂₅	-0.33	-0.24	-0.20	-0.13	-0.39
SO ₂	0.12	-0.11	0.04	0.09	-0.02
CO	0.03	-0.04	-0.08	-0.13	-0.10
O ₃	-0.15	0.26	0.21	0.59	0.35
NO ₂	-0.39	-0.32	-0.23	-0.21	-0.55

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

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

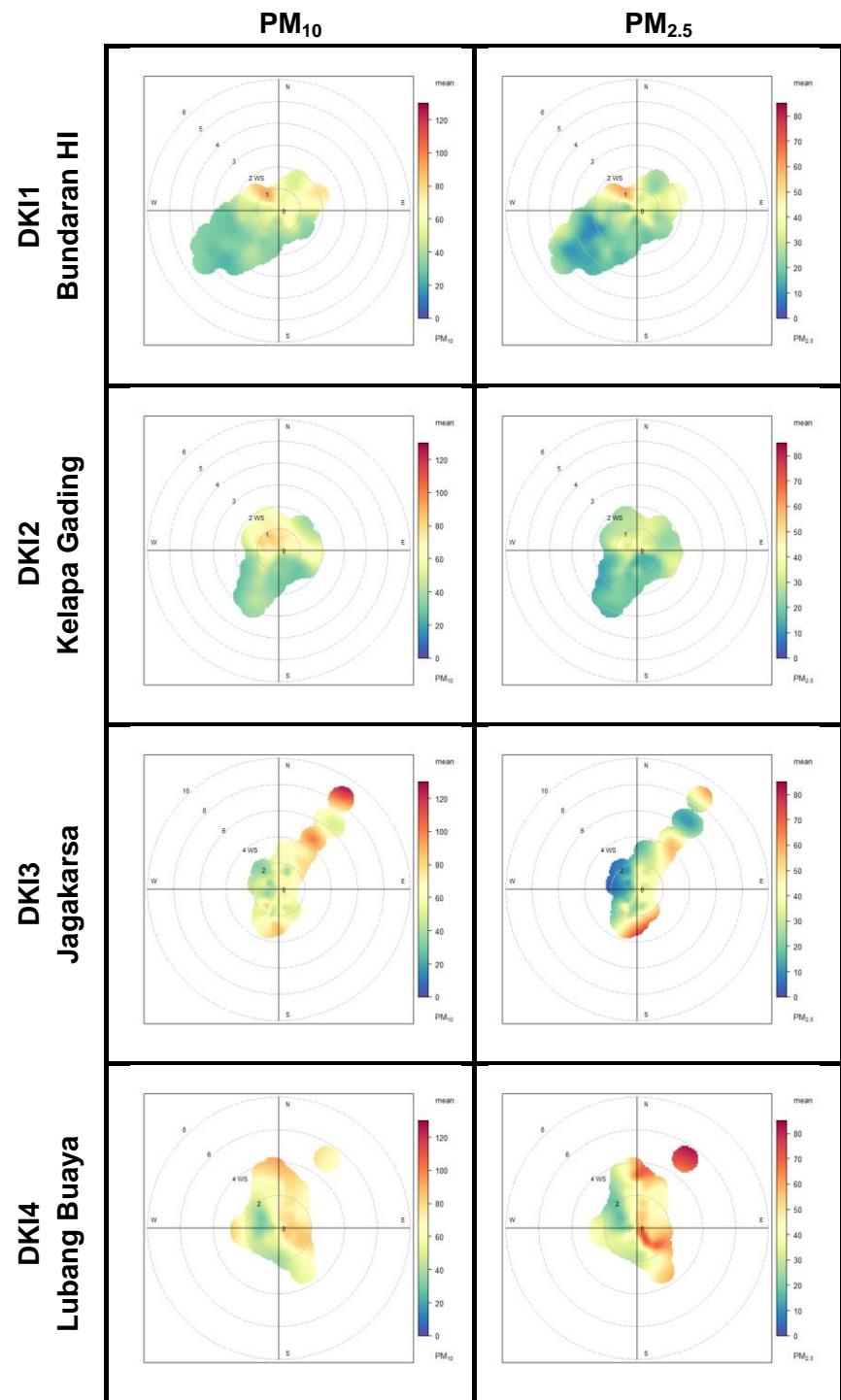
Partikulat (PM₁₀ dan PM_{2.5})

Polar plot menunjukkan konsentrasi tertentu pencemar bersamaan bertiupnya angin dengan arah dan kecepatan tertentu. Partikulat dengan konsentrasi tertinggi di SPKUA DKI1 Bundaran HI bersamaan dengan angin dari arah Barat Laut dan Timur Laut untuk PM_{2.5} dan PM₁₀, dengan kecepatan 1 – 2 m/detik. Kecepatan ini cukup rendah, sehingga kemungkinan sumber emisi masih dekat sekitar stasiun pemantau. Arah Timur Laut dari SPKUA DKI1 adalah area jalan arteri yaitu Jalan St Sjahrir dan Jalan M Yamin. Namun pada arah tersebut juga terdapat pohon yang cukup tinggi, sehingga pola angin dan sebaran pencemar dapat terpengaruh. SPKUA ini berdekatan juga dengan Pos Polisi sektor Thamrin.

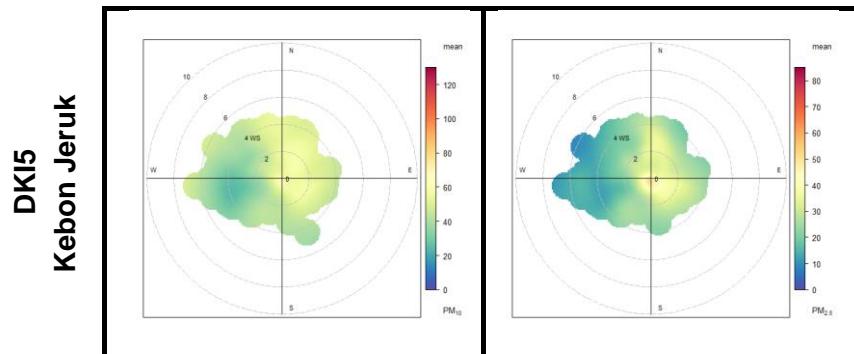
Konsentrasi partikulat baik PM_{2.5} maupun PM₁₀ dengan konsentrasi lebih rendah terukur bersamaan dengan angin berkecepatan tinggi dari Barat Daya hingga 4 m/detik (Gambar 91). Angin dari Barat Daya merupakan arah angin dominan di sekitar Bundaran HI pada bulan Januari – Desember 2022.

Hasil pemantauan partikulat di DKI2 Kelapa Gading, konsentrasi tertinggi PM₁₀ bersamaan dengan arah angin dari Barat Laut dan Timur dengan kecepatan rendah hingga 2 m/detik. Sedangkan arah angin dominan dari Barat Daya dengan kecepatan lebih tinggi (> 3 m/detik) bersamaan dengan konsentrasi partikulat terukur lebih rendah. Sementara untuk DKI3 Jagakarsa, konsentrasi partikulat (PM₁₀) yang tinggi bersamaan dengan arah angin dari Timur Laut berkecepatan tinggi, sedangkan untuk PM_{2.5} konsentrasi tinggi bersamaan dengan angin dari Selatan dan Tenggara berkecepatan sedang sekitar 3 m/detik. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi tertinggi PM₁₀ bersamaan dengan angin Utara dan Timur. Sementara untuk PM_{2.5} konsentrasi tertinggi bersamaan dengan angin dari Timur Laut hingga Selatan dengan kecepatan mencapai 6 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.

Sumber emisi PM₁₀ dan PM_{2.5} lainnya sedikit berbeda arah sumbernya, yang ditunjukkan oleh konsentrasi tinggi bersamaan dengan kecepatan angin lebih besar. *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 dan Tenggara. Sementara PM_{2.5} tinggi saat kondisi angin *calm*, kecepatan rendah, sehingga lebih banyak dipengaruhi sumber emisi lokal.



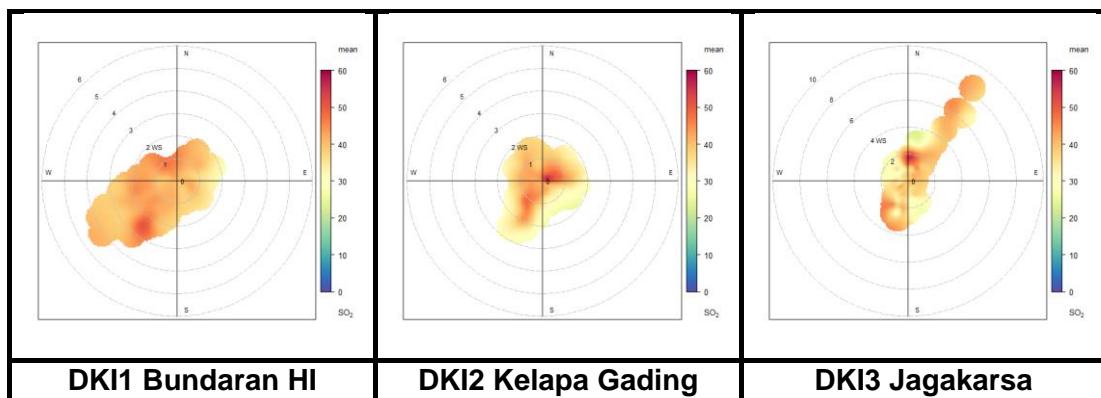
Gambar 91 *Polar Plot* partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta



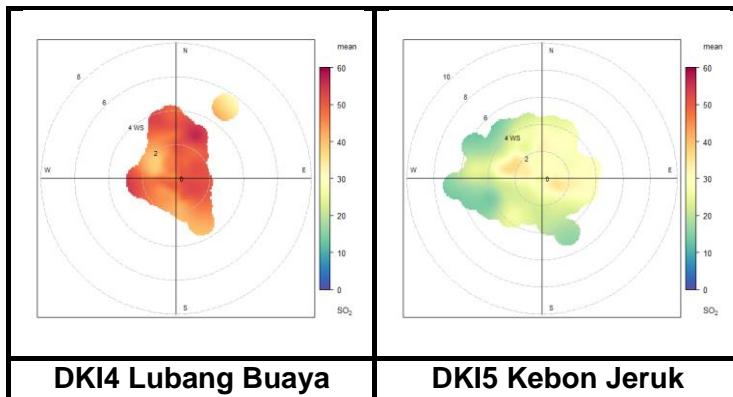
Gambar 91 Lanjutan Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

Sulfurioksida (SO_2) dan Karbonmonoksida (CO)

Parameter pencemar SO_2 , di DKI1 Bundaran HI tercatat tinggi bersamaan dengan angin dari Barat Laut, berkecepatan 2 m/detik. Hal ini bertepatan dengan arah Bundaran HI dan jalan Imam Bonjol, dengan kepadatan lalu lintas yang seringkali tinggi (Gambar 92). Di DKI2 Kelapa Gading SO_2 tinggi bersamaan dengan angin kecepatan rendah dari Timur, dan angin relatif tinggi dari Barat Daya. 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 rendah dari Utara hingga 2 m/detik. Konsentrasi SO_2 tertinggi terdapat pada DKI4 Lubang Buaya (warna merah pekat) bersamaan dengan angin Timur Laut 2 – 3 m/detik. Sementara konsentrasi SO_2 terendah di DKI5 Kebon Jeruk (hijau – kuning), dengan angin dominan dari Barat.

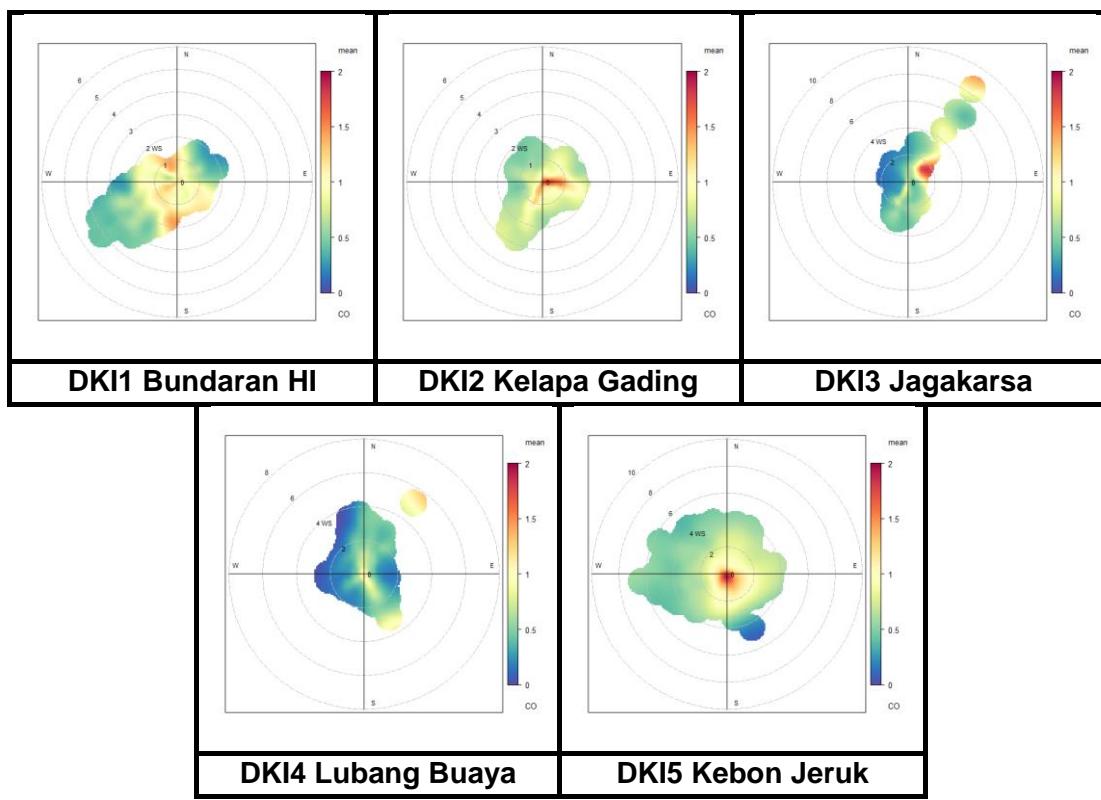


Gambar 92 Polar Plot SO_2 di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta



Gambar 92 lanjutan *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 DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk (Gambar 93). 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. Di DKI2, ada sedikit kontribusi dengan angin dari Timur, namun konsentrasi relatif lebih rendah.



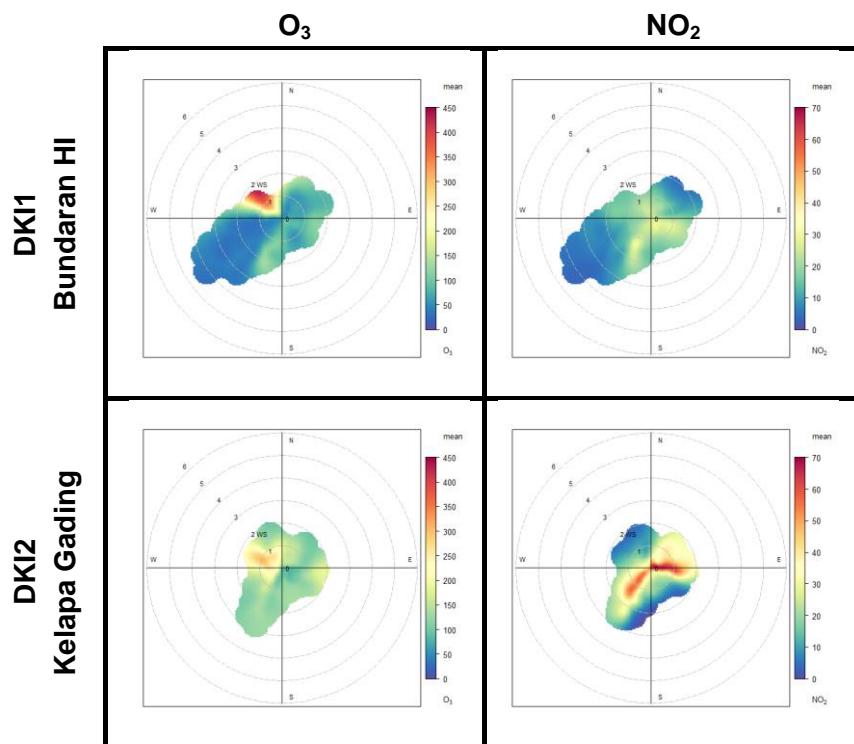
Gambar 93 Polar Plot CO di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

Ozon dan NO₂

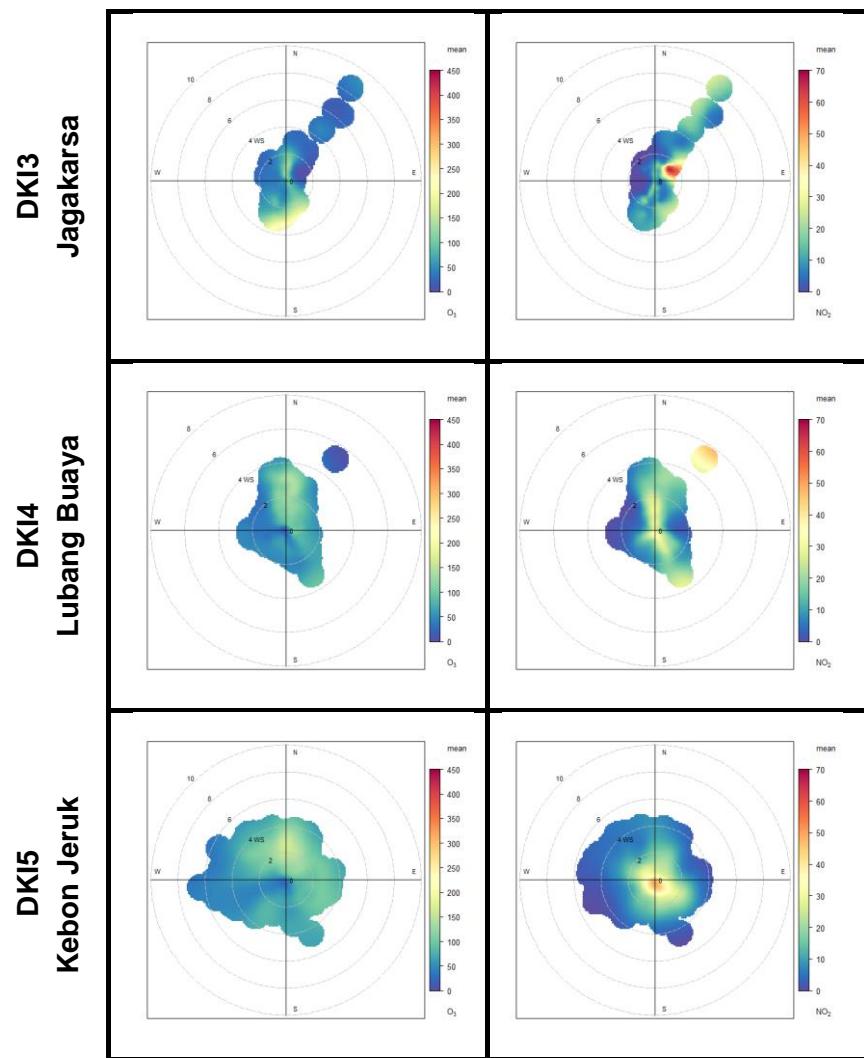
Ozon dan NO₂ merupakan dua polutan yang saling berkaitan erat, karena Ozon merupakan polutan sekunder dengan salah satu prekursornya adalah NO₂. Hasil analisis *polar plot* memberi gambaran bahwa konsentrasi Ozon tinggi di DKI1

Bundaran HI saat angin bertiup dengan kecepatan rendah kurang dari sama dengan 2 m/detik dari arah Barat 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 juga kurang dari sama dengan 2 m/detik. Sementara angin dari arah lainnya bersamaan dengan konsentrasi O₃ rendah, dan kecepatan angin tinggi terutama angin dominan dari Barat Daya. NO₂ di DKI2 tercatat tinggi bersamaan dengan arah angin dari Timur dan Barat Daya. Sebelah Timur dari posisi SPKUA adalah jalan raya Gading Asri, sehingga ada kontribusi dari emisi kendaraan bermotor yang melintas. Konsentrasi Ozon di DKI3 Jagakarsa terdeteksi tinggi bersamaan dengan angin berkecepatan tinggi dari Selatan dan kecepatan rendah dari Utara. Sedangkan NO₂ di DKI3 yang tinggi tercatat bersamaan dengan angin dari Timur Laut dengan kecepatan sekitar 2 m/detik. Di DKI4 Lubang Buaya konsentrasi O₃ tinggi bersamaan dengan angin dari Utara kecepatan 1 – 4 m/detik, sementara NO₂ lebih terkonsentrasi pada angin *calm*. Di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk konsentrasi O₃ tinggi bersamaan dengan angin kecepatan rendah dari Utara, seangkan NO₂ tinggi cenderung pada saat angin *calm*, sehingga kemungkinan NO₂ berasal dari sumber emisi terdekat berupa jalan raya perumahan yang terdekat (Gambar 94).



Gambar 94 Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta



Gambar 94 Lanjutan Polar Plot partikulat di 5 SPKUA DLH DKI Jakarta

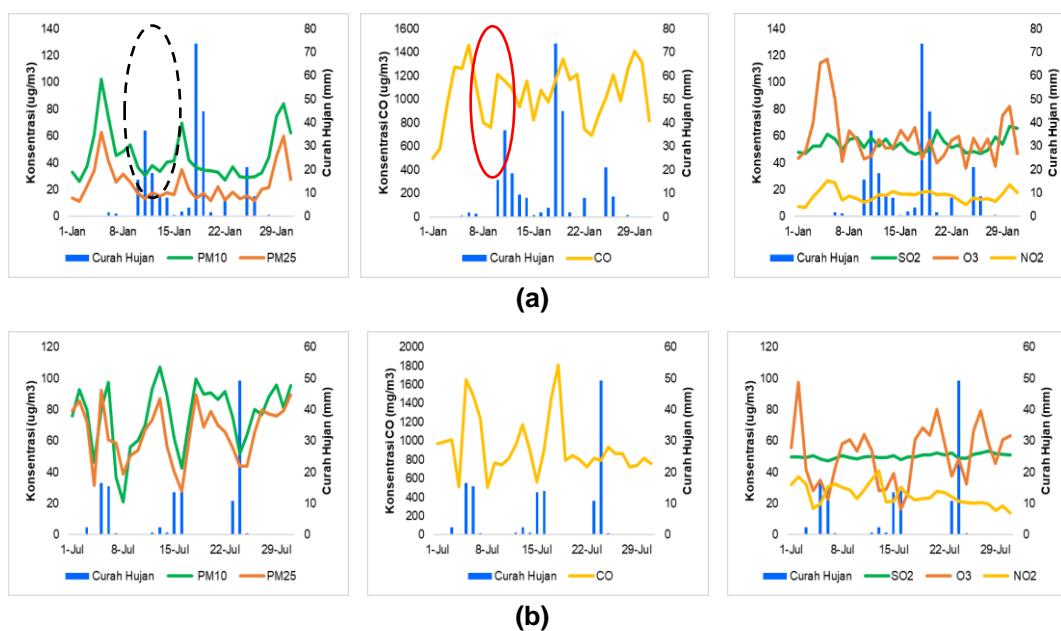
2.4.3. Pengaruh Curah Hujan (Musim)

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 95). 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 PM_{10} . Contoh kasus pada saat memasuki musim kemarau di bulan Juni, kasus kualitas udara buruk di Jakarta menjadi isu nasional, terutama terjadi saat CH menurun selama beberapa hari. Kondisi tersebut digambarkan pada Gambar 95c.

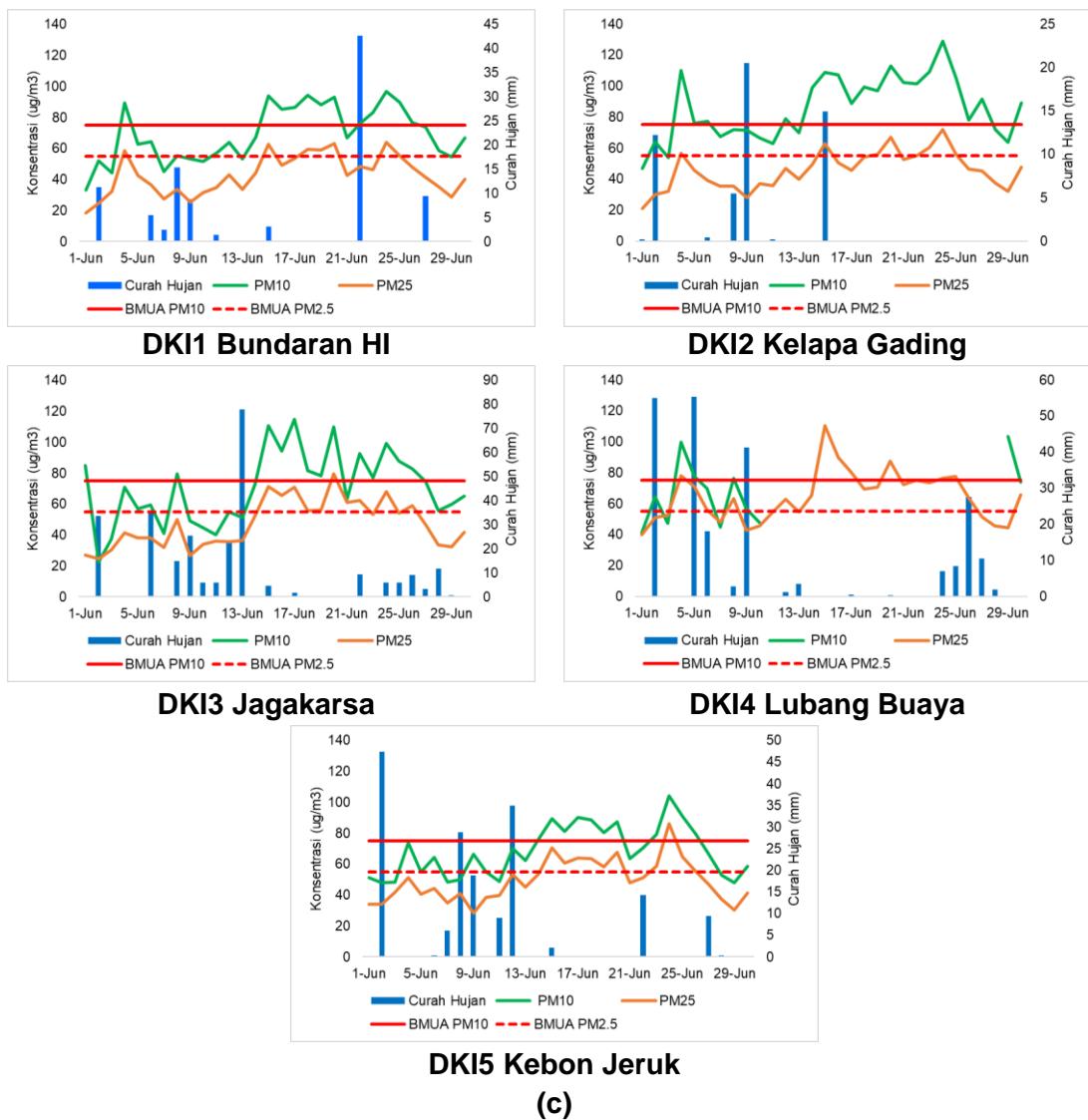
Pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi CO agak berbeda, karena ketika curah hujan harian meningkat, bersamaan dengan rata-rata konsentrasi CO yang meningkat. Pengaruh curah hujan terhadap Ozon berkaitan dengan berkurangnya radiasi yang masuk, sehingga pengaruh curah hujan menurunkan Ozon. Demikian

juga pengaruh curah hujan terhadap NO_2 . Sedangkan untuk SO_2 fluktuasinya tidak banyak dipengaruhi curah hujan. Fluktuasi curah hujan dan konsentrasi pencemar secara lengkap terlampir (Lampiran 5).

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 SO_2 dari pada polutan lain, dengan urutan $\text{SO}_2 > \text{PM}_{10} > \text{NO}_2 > \text{O}_3 > \text{PM}_{2.5} > \text{CO}$. Hal lain yang berpengaruh adalah durasi curah hujan itu sendiri. Pada musim kemarau pengaruh curah hujan terhadap fluktuasi konsentrasi pencemar udara lebih jelas.



Gambar 95 Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar (a) musim hujan (Januari) di SPKUA DKI1 Bundaran HI, (b) musim kemarau di SPKUA DKI 4 Lubang Buaya (c) musim kemarau (Juni) di 5 SPKUA



(c)

Gambar 95 lanjutan Fluktuasi curah hujan harian dengan pencemar (a) musim hujan (Januari) di SPKUA DKI1 Bundaran HI, (b) musim kemarau di SPKUA DKI 4 Lubang Buaya (c) musim kemarau (Juni) di 5 SPKUA

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/SETJEN/KUM.1/7/2020, nilai ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

Evaluasi kualitas udara berdasar analisis ISPU selama tahun 2022, jumlah hari baik tertinggi 16% di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk, hari tidak sehat tertinggi 35% di SPKUA DKI4 Lubang Buaya. Gambar selengkapnya terdapat pada Lampiran 8 Berdasar data per bulan terdapat peningkatan kualitas udara saat memasuki bulan Februari. Di beberapa lokasi terdapat penurunan jumlah hari tidak sehat. Secara keseluruhan, kategori hari di DKI Jakarta pada tahun 2022 didominasi hari dengan kualitas udara sedang, yang menunjukkan tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan (Tabel 9). Namun demikian bagi kelompok sensitif disarankan untuk mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat, sedangkan masyarakat secara umum masih dapat beraktivitas di luar.

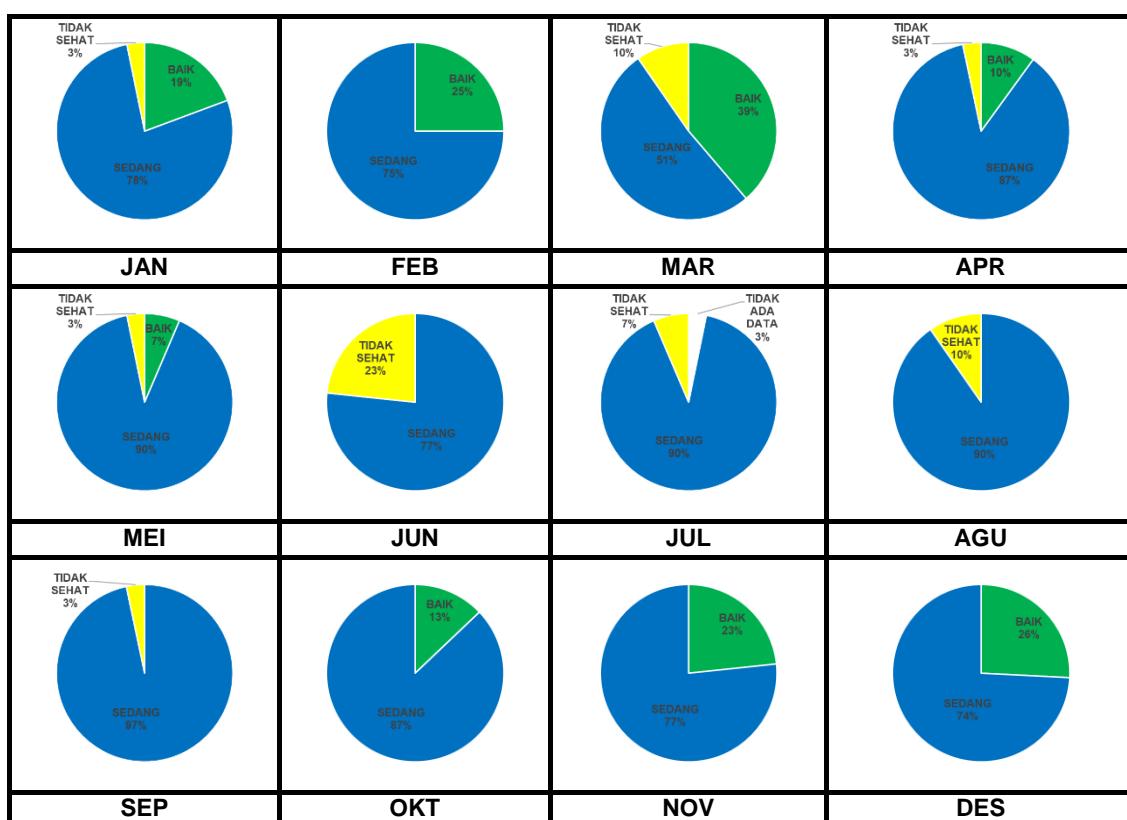
Memasuki bulan Maret hingga Juni terdapat peningkatan jumlah Hari Tidak Sehat. Selanjutnya jumlah hari tidak sehat menurun kembali hingga bulan Desember. Setiap lokasi memiliki nilai ISPU berbeda-beda antar bulan, yang diuraikan pada sub-subbab selanjutnya.

Tabel 9 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 SPKUA DKI1 Bundaran HI

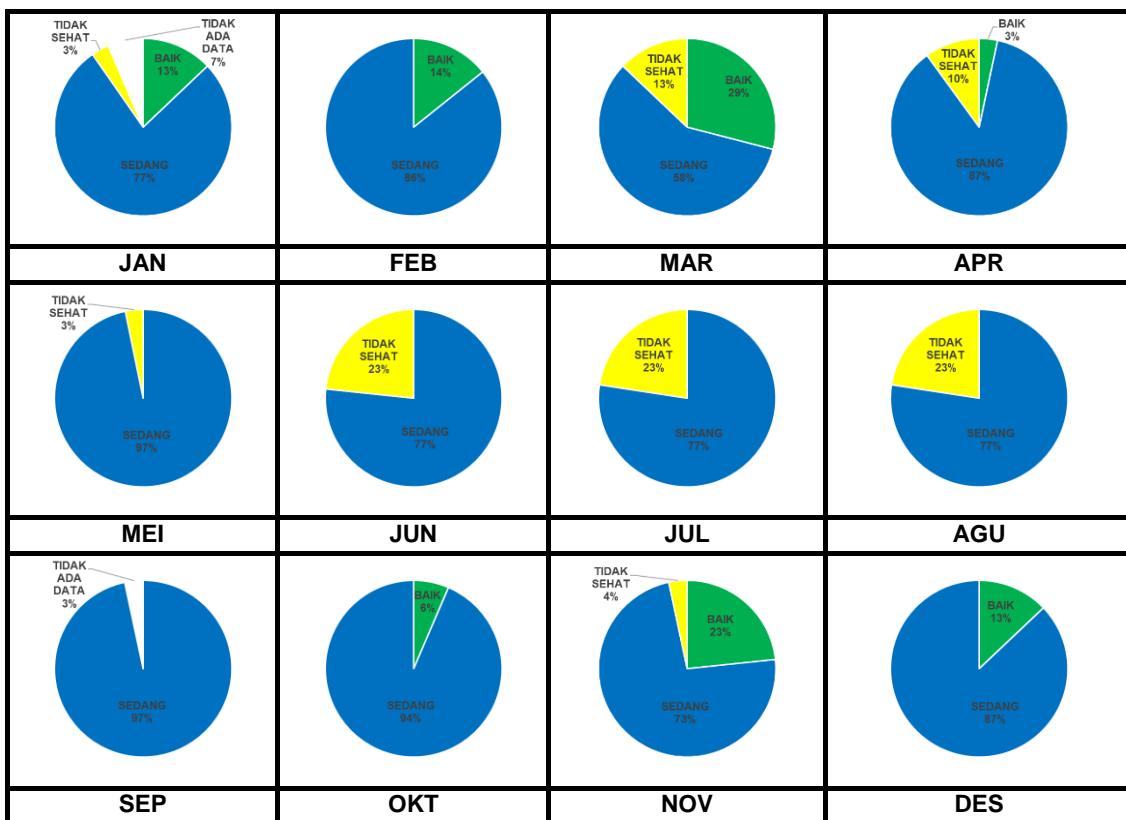
Hasil pemantauan di SPKUA DKI1 Bundaran HI terjadi peningkatan kualitas udara pada bulan Februari, namun menurun kembali pada bulan Maret, dengan penambahan hari tidak sehat. Hari berkategori kualitas udara sedang mendominasi ISPU bulan Januari – Desember 2022 (Gambar 96). Pada bulan Maret terjadi peningkatan jumlah hari berkategori baik di DKI1 Bundaran HI, namun selanjutnya pada bulan April hingga Juni hari berkategori hari tidak sehat meningkat. Pada bulan Juli – Agustus hari tidak sehat menurun kembali, hari berkategori sedang meningkat, hingga bulan Oktober – Desember terjadi peningkatan jumlah hari baik. Parameter kritis pada stasiun ini adalah PM_{2.5}.



Gambar 96 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI1

3.2. ISPU SPKUA DKI2 Kelapa Gading

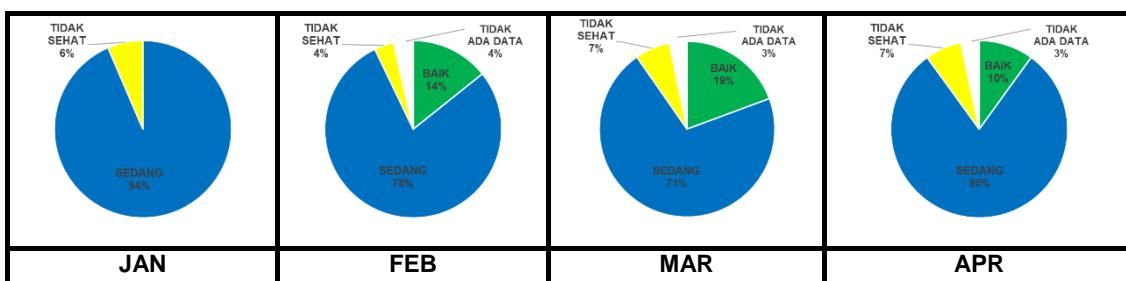
Nilai ISPU di Kelapa Gading tahun 2020 didominasi hari sedang. Pada bulan Januari – Maret menunjukkan peningkatan kualitas udara, dengan meningkatnya hari baik menjadi 29% dan tidak ada hari tidak sehat di bulan Februari. Hari tidak sehat mulai muncul memasuki bulan Maret, dan pada bulan Juni – Agustus hari tidak sehat bertambah. Pada bulan Oktober – Desember hari sehat meningkat, dengan parameter kritis di SPKUA DKI2 ini adalah PM_{2.5}.



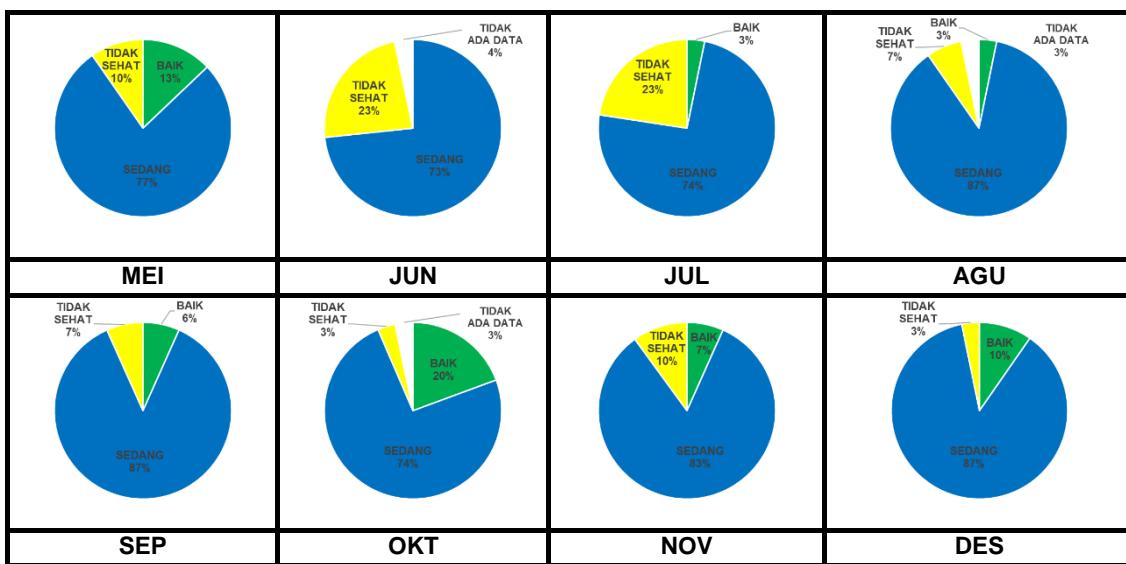
Gambar 97 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI2

3.3. ISPU SPKUA DKI3 Jagakarsa

Nilai ISPU di DKI3 Jagakarsa pada bulan Januari – Mei menunjukkan kualitas udara yang tetap, dengan jumlah hari tidak sehat 1 – 3 hari. Namun memasuki bulan Juni hari tidak sehat bertambah, menjadi sekitar 23%. Pada bulan Juli – Desember hari tidak sehat menurun, dan terdapat hari berkategori baik (Gambar 98). Hal ini dibantu oleh peningkatan jumlah curah hujan di bulan basah di Jagakarsa. Parameter kritis DKI3 Jagakarsa adalah PM_{2.5}.



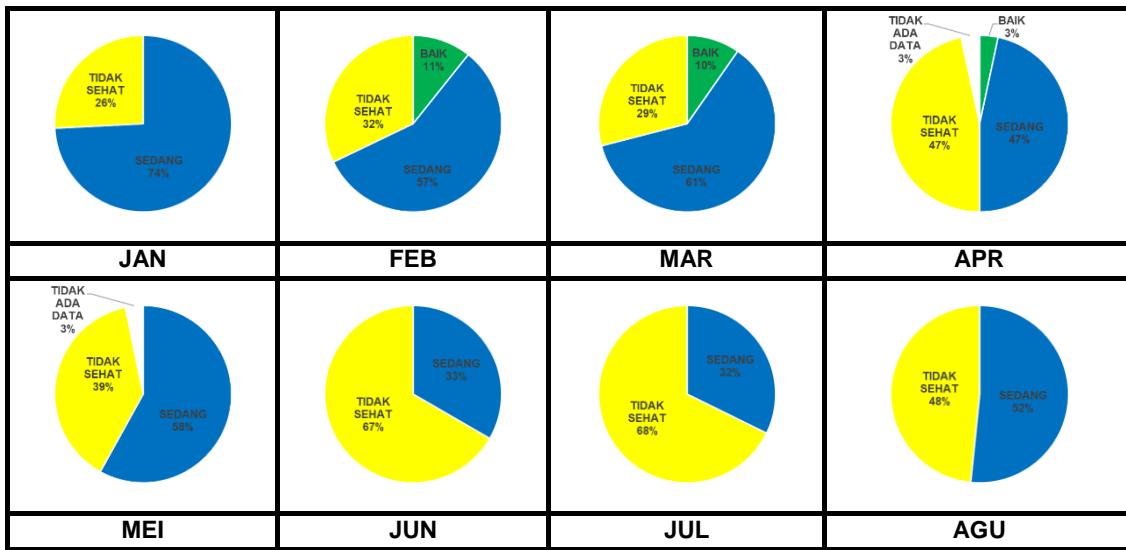
Gambar 98 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI3



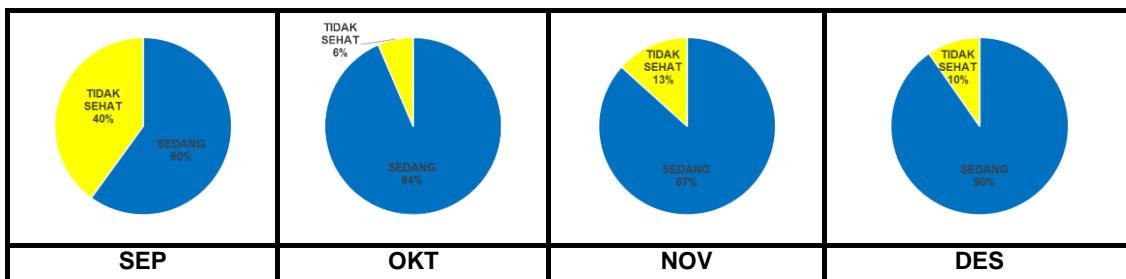
Gambar 98 Ianjutan Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI3

3.4. ISPU SPKUA DKI4 Lubang Buaya

Kondisi kualitas udara di DKI4 Lubang Buaya berdasar ISPU memberi gambaran bahwa lokasi ini merupakan lokasi yang memiliki hari tidak sehat terbanyak setiap bulan, dengan parameter kritis adalah PM_{2.5} (Gambar 99). Hari baik terdapat pada bulan Februari – April sejumlah 3-11%. Bulan Juni – Juli merupakan kondisi paling tidak sehat di DKI4 Lubang Buaya yaitu jumlah hari tidak sehat 67-68%. Hal ini sejalan dengan tingginya jumlah hari dengan konsentrasi rata-rata melebih nilai BMUA.



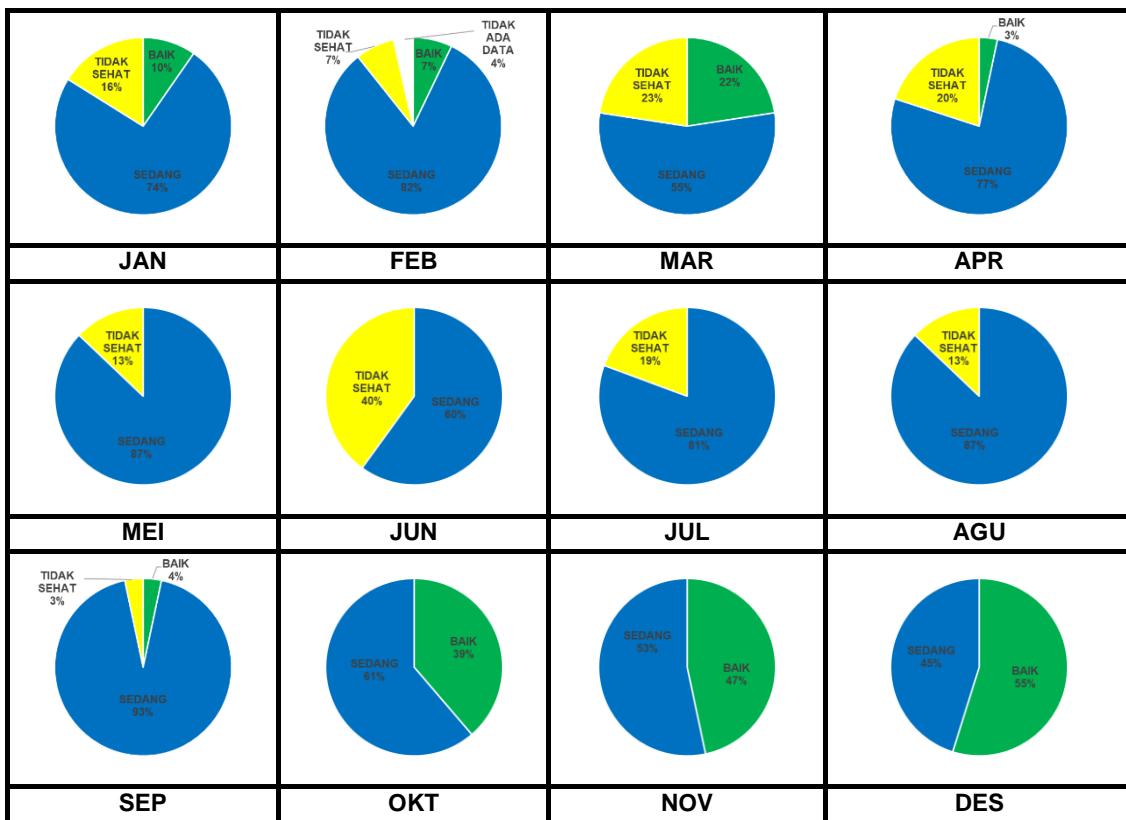
Gambar 99 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI4



Gambar 99 Lanjutan Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI4

3.5. ISPU SPKUA DKI5 Kebon Jeruk

SPKUA DKI5 Kebon Jeruk memiliki hari berkategori baik 3-40% pada bulan Januari – September, dengan puncaknya pada bulan Juni. menurun pada bulan Februari, tapi meningkat lagi pada bulan Maret. Hari tidak sehat meningkat hingga puncaknya pada bulan Juni mencapai 40%. Jumlah hari berkategori baik terbanyak pada bulan Desember yaitu 55%, dengan tidak ada hari tidak sehat. SPKUA DKI5 Kebon Jeruk memiliki hari baik terbanyak hingga 55%, yaitu pada bulan Desember (Gambar 100). Parameter kritis di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk adalah PM_{2.5}.



Gambar 100 Persentase hari sesuai kategori ISPU di SPKUA DKI5

4

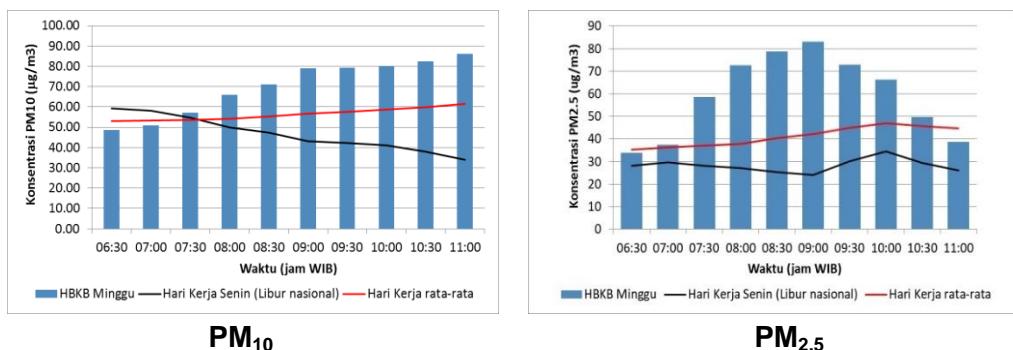
Analisis Kualitas Udara terkait Kebijakan Pengendalian Pencemar Udara

4.1 Analisis Kualitas Udara di Lokasi Kegiatan HBKB

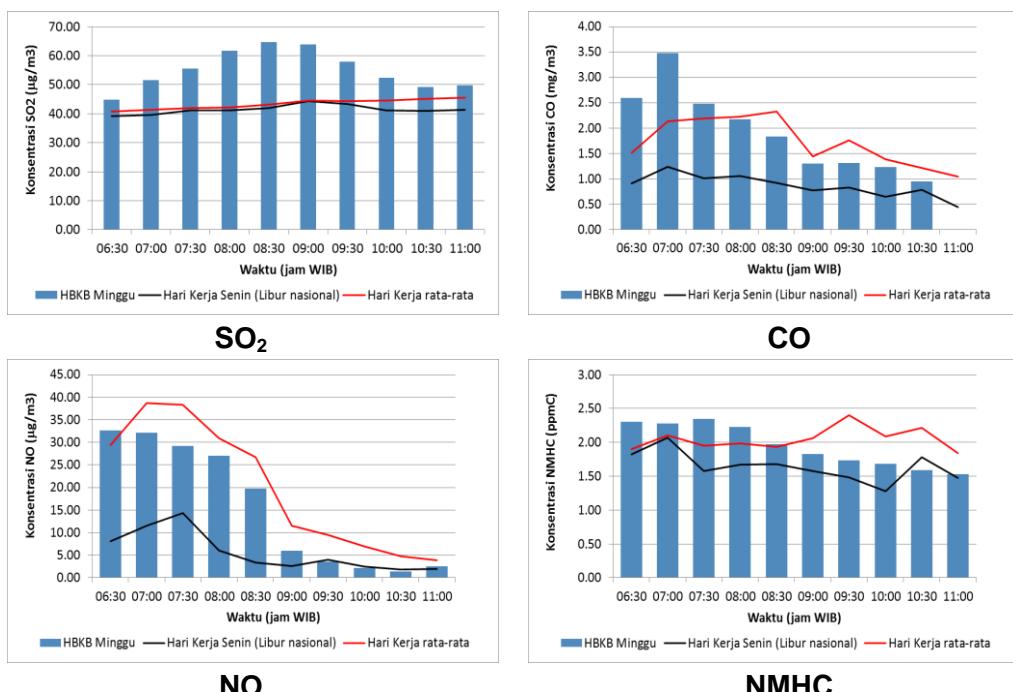
Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) merupakan program kampanye terkait pengurangan penggunaan kendaraan bermotor pribadi di lokasi-lokasi tertentu, yang ditetapkan sesuai peraturan Pemerintah Daerah DKI Jakarta. Namun pada masa pandemi sempat dihentikan, dan baru pada bulan Mei diberlakukan lagi terutama 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. Hasil analisis kualitas udara pada kegiatan HBKB tanggal 22 Mei di lokasi Bundaran HI ditunjukkan pada Gambar 101, dan HBKB tanggal 29 Mei pada Gambar 103. Lokasi Bundaran HI selain merupakan bagian dari kegiatan HBKB wilayah Jakarta Pusat, juga merupakan lokasi kegiatan HBKB Provinsi DKI Jakarta.

4.1.1 HBKB Jakarta Pusat

Hasil evaluasi kualitas udara pada kegiatan HBKB tanggal 22 Mei 2022, menunjukkan PM₁₀, PM_{2.5} dan SO₂ memiliki konsentrasi lebih tinggi dibandingkan rata-rata hari kerja, dan hari libur non HBKB (Senin tanggal 16 Mei 2022), maksimum pada pukul 09.00 WIB (Gambar 101). Namun demikian, parameter CO dan NMHC menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah dibanding rata-rata hari kerja terutama setelah pukul 07.30 WIB. Secara keseluruhan polutan (SO₂, PM₁₀, CO, NMHC dan NO) memiliki nilai konsentrasi yang lebih rendah pada hari libur non HBKB yaitu hari Senin, dibandingkan dengan saat HBKB. Berdasarkan rapat evaluasi pelaksanaan HBKB pertama (22 Mei) terdapat aktivitas masyarakat yang menggunakan genset sebagai sumber listrik pada pekan tersebut, sehingga kemungkinan adanya kontribusi emisi polutan dari penggunaan genset, yang diletakkan dekat SPKUA DKI1 Bundaran HI.



Gambar 101 Kualitas udara pada saat HBKB tanggal 22 Mei 2022 dibandingkan dengan hari lain



Gambar 101 Lanjutan Kualitas udara pada saat HBKB tanggal 22 Mei 2022 dibandingkan dengan hari lain

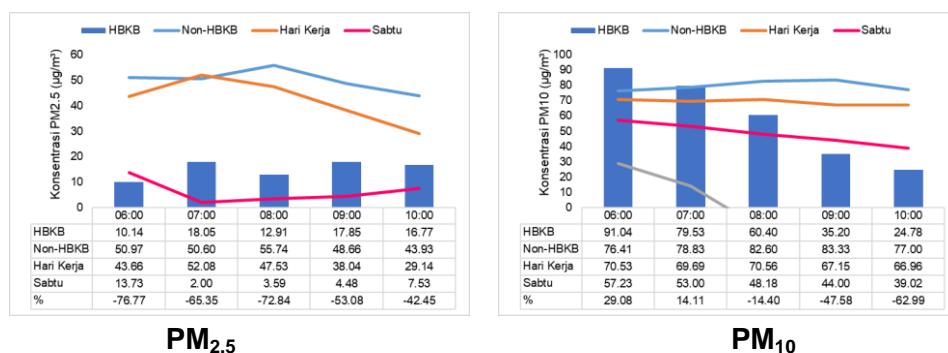


Gambar 102 Aktivitas di sekitar Bundaran HI saat pelaksanaan HBKB

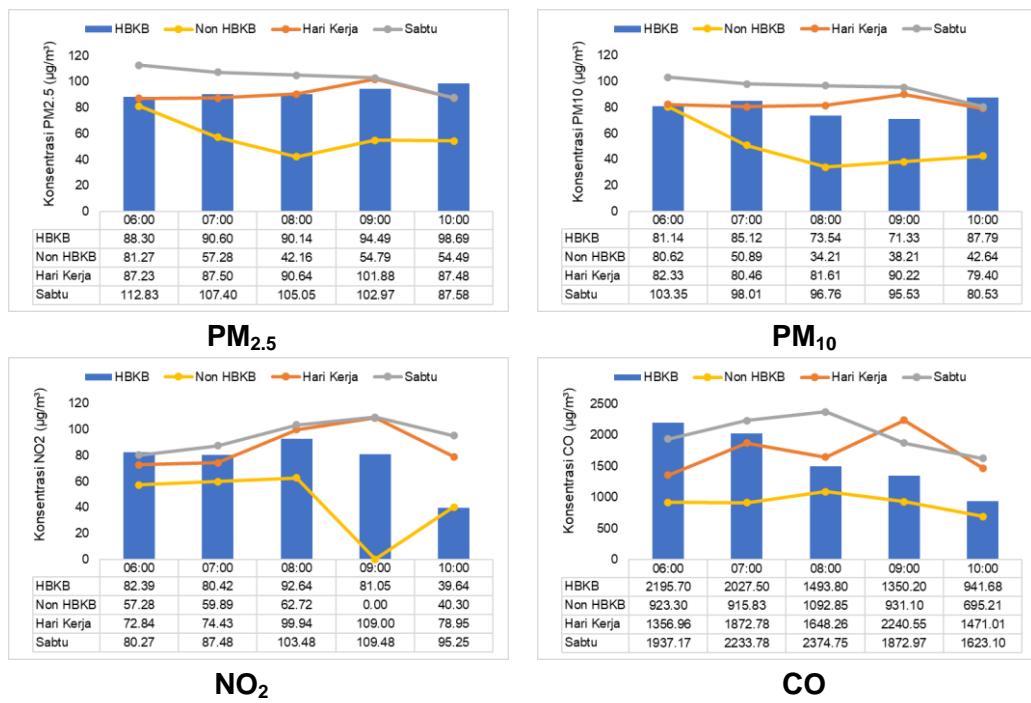
Hasil evaluasi kualitas udara pada kegiatan HBKB tanggal 29 Mei di Bundaran HI menunjukkan konsentrasi partikulat (PM₁₀ dan PM_{2.5}) yang lebih rendah daripada hasil pengukuran hari kerja (rata-rata), dan juga dibandingkan dengan hari Minggu Non HBKB yaitu tanggal 15 Mei 2022. Namun jika dibandingkan dengan hari Sabtu (28 Mei 2022) sebagai hari libur selain Minggu, maka kondisi saat HBKB masih lebih tinggi konsentrasinya (Gambar 103).

Di Jakarta Pusat, kegiatan HBKB selanjutnya dilaksanakan pada tanggal 19 Juni, 17 Juli, 21 Agustus, 18 September, 16 Oktober, dan 18 Desember 2022. Hasil pengukuran pencemar PM, NO₂ dan CO menunjukkan kondisi berbeda antar waktu. Pada tanggal 19 Juni, penurunan konsentrasi signifikan dibanding hari kerja dan hari Sabtu terdata untuk NO₂ dan CO, sementara PM tidak terlalu signifikan penurunannya. Pada kegiatan HBKB 17 Juli, konsentrasi PM menurun dibanding hari kerja namun NO₂ dan CO tidak signifikan. Pada HBKB tanggal 21 Agustus

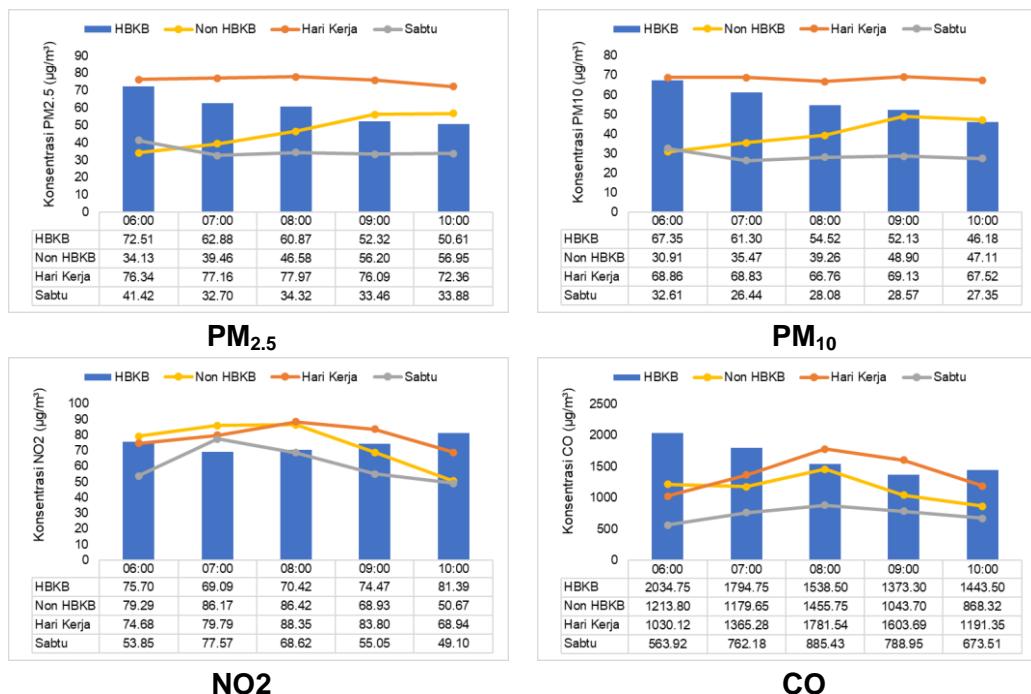
penurunan konsentrasi pencemar saat HBKB cukup signifikan pada ke empat parameter pencemar, terutama jika dibandingkan dengan rata-rata hari kerja dan hari Sabtu (Gambar 106). Secara keseluruhan, minggu non HBKB di Jakarta Pusat pada bulan Juni – Desember lebih rendah dibandingkan minggu HBKB (Gambar 104-109).



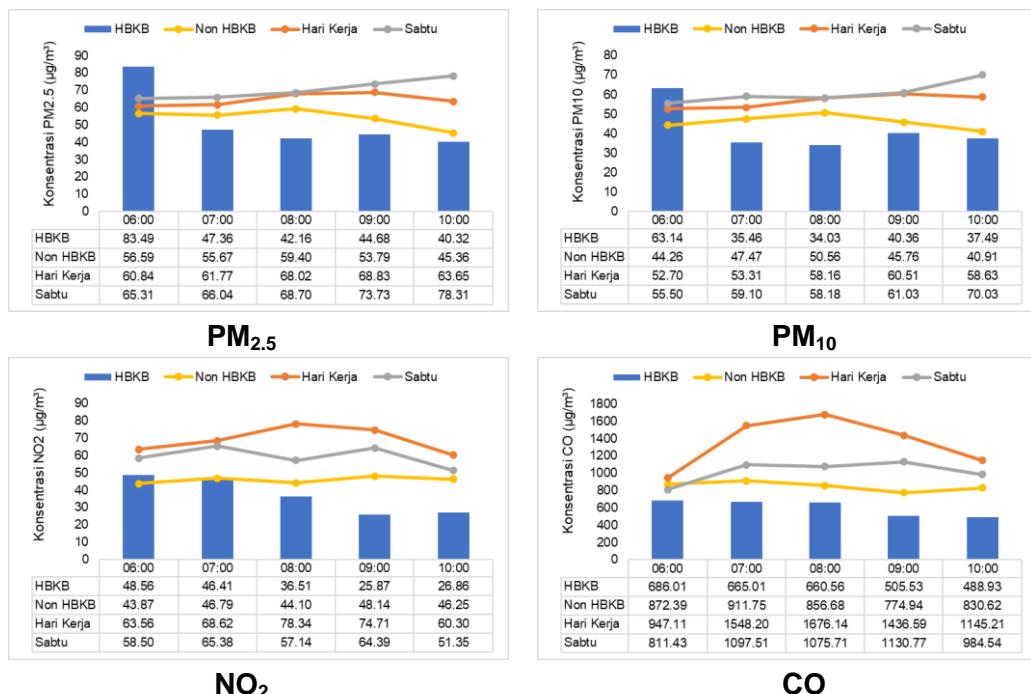
Gambar 103 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Bundaran HI tanggal 29 Mei 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Mei



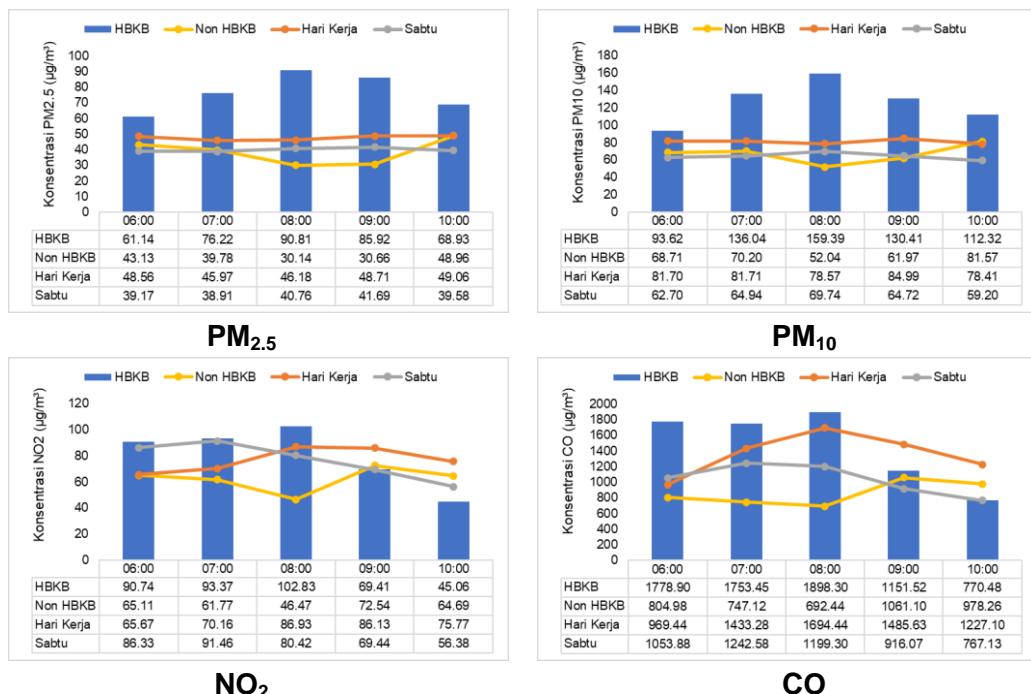
Gambar 104 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 19 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni



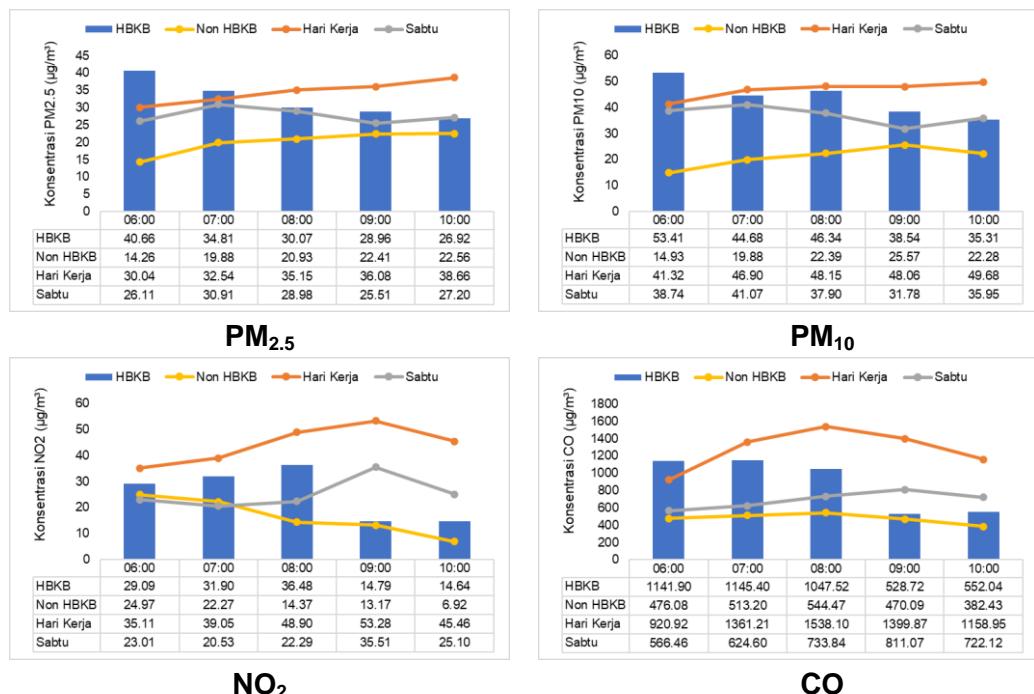
Gambar 105 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 17 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli



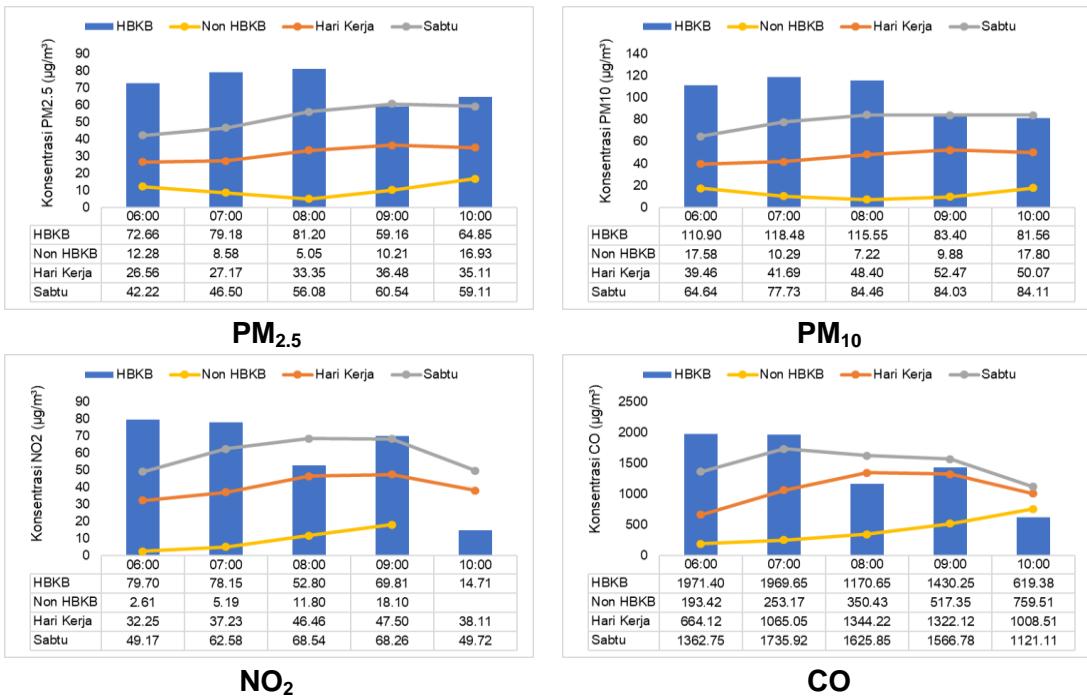
Gambar 106 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 21 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



Gambar 107 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 18 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September



Gambar 108 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 16 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober

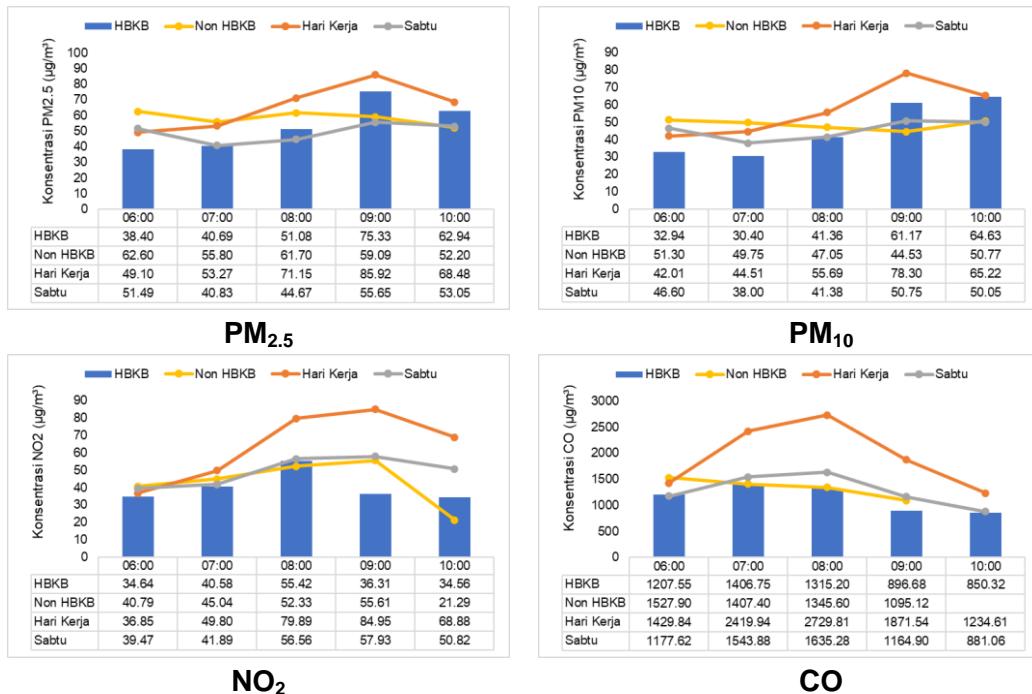


Gambar 109 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Pusat tanggal 18 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember

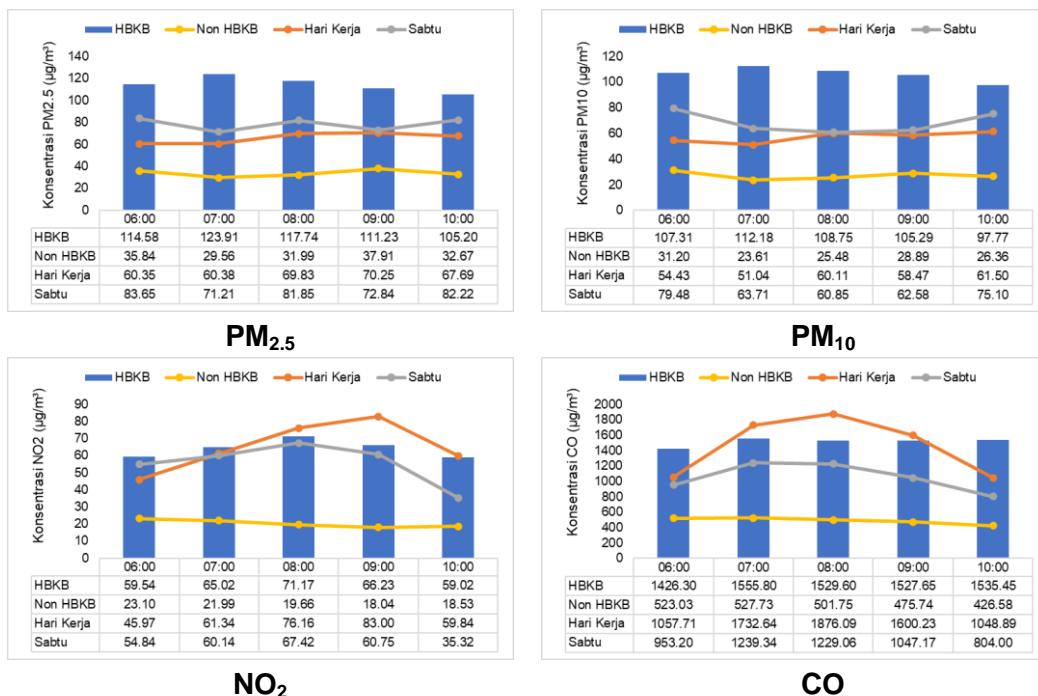
4.1.2 HBKB Jakarta Selatan

Kegiatan HBKB di Jakarta Selatan dilaksanakan pada tanggal 5 Juni, 3 Juli, 7 Agustus, dan 4 September (Gambar 110-113). Pengaruh kegiatan HBKB pada tanggal 5 Juni secara umum partikulat, NO₂ dan CO saat HBKB lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata Hari Kerja pada periode pukul 06.00 – 10.00 WIB. Namun jika dibandingkan dengan Hari Minggu Non HBKB konsentrasinya hanya lebih rendah pada pukul 07.00 dan 08.00, setelahnya lebih tinggi terutama untuk partikulat. Sedangkan untuk NO₂ dan CO, konsentrasinya lebih rendah dari hari Minggu Non HBKB hanya pada pukul 09.00 WIB. Jika dibandingkan dengan hari Sabtu, saat HBKB konsentrasi PM lebih tinggi, tetapi untuk NO₂ dan CO konsentrasi saat HBKB lebih rendah terutama pada pukul 09.00 – 10.00 (NO₂) dan 07.00 – 09.00 (CO). Hal ini menunjukkan di Jakarta Selatan kegiatan HBKB belum sepenuhnya menurunkan konsentrasi pencemar udara, terutama yang berkaitan dengan sumber emisi kendaraan bermotor.

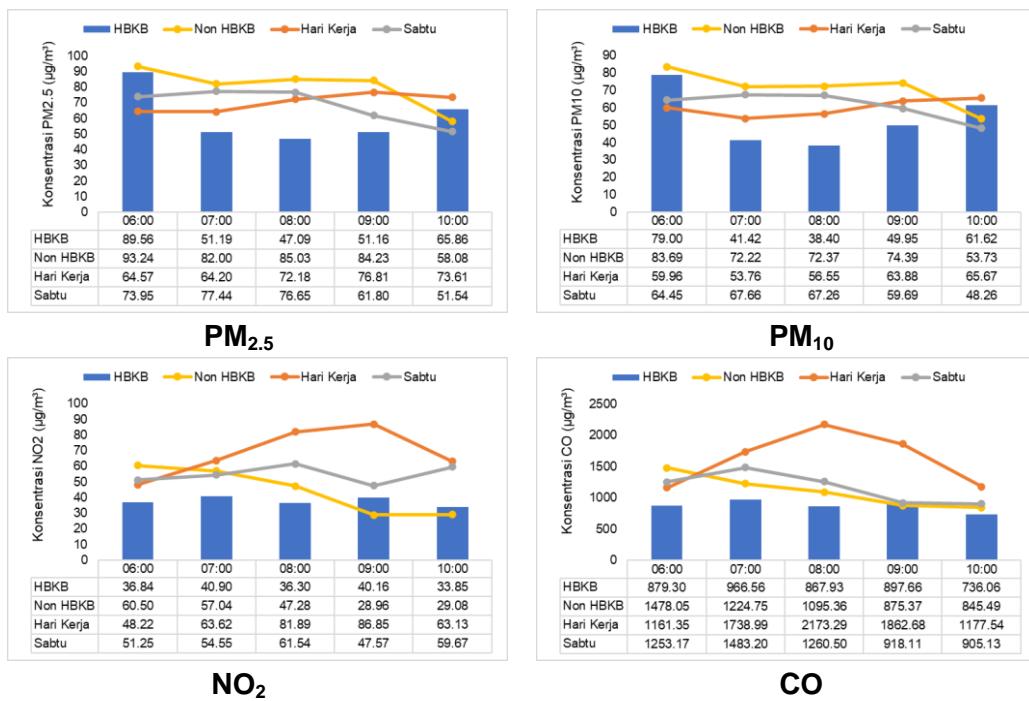
Pada kegiatan HBKB tanggal 3 Juli 2022, konsentrasi pencemar hampir tidak menunjukkan penurunan dibanding hari kerja, maupun hari Minggu non HBKB ataupun Hari Sabtu. Hal ini terutama untuk partikulat, sedangkan untuk NO₂ dan CO hanya menurun pada jam tertentu saja. Perlu ditelaah kembali kondisi sekitar pelaksanaan HBKB, terkait sumber-sumber emisi yang ada. Kegiatan HBKB pada bulan Agustus – September relatif menunjukkan kondisi lebih baik, terdapat penurunan konsentrasi pencemar udara selama periode HBKB, untuk PM, NO₂ maupun CO. Data HBKB di Jakarta Selatan hanya sampai bulan September.



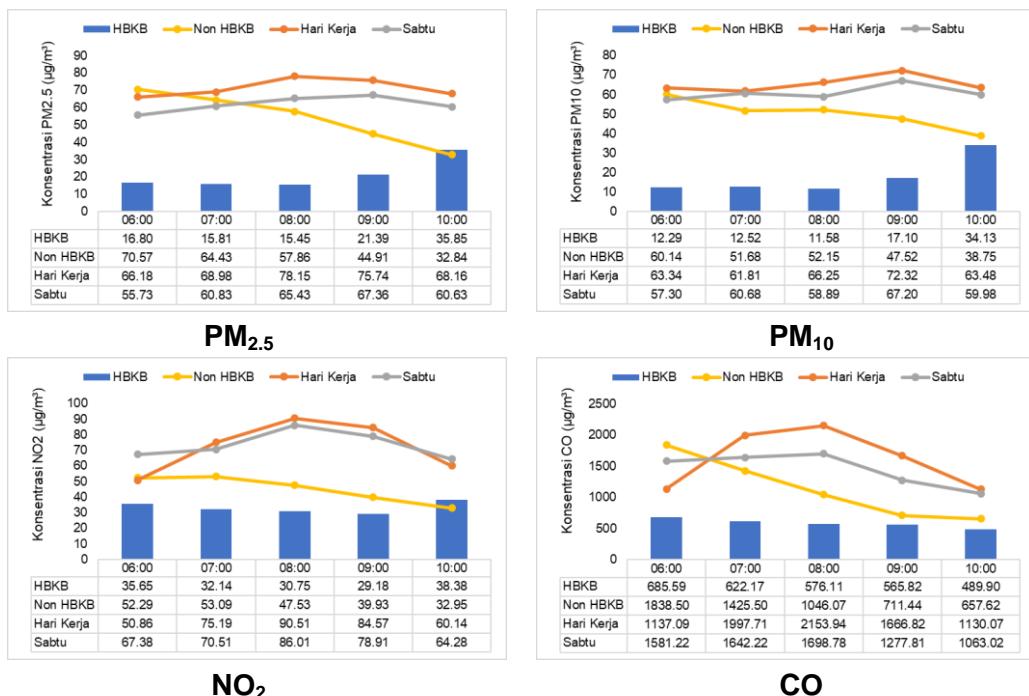
Gambar 110 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 5 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni



Gambar 111 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 3 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli



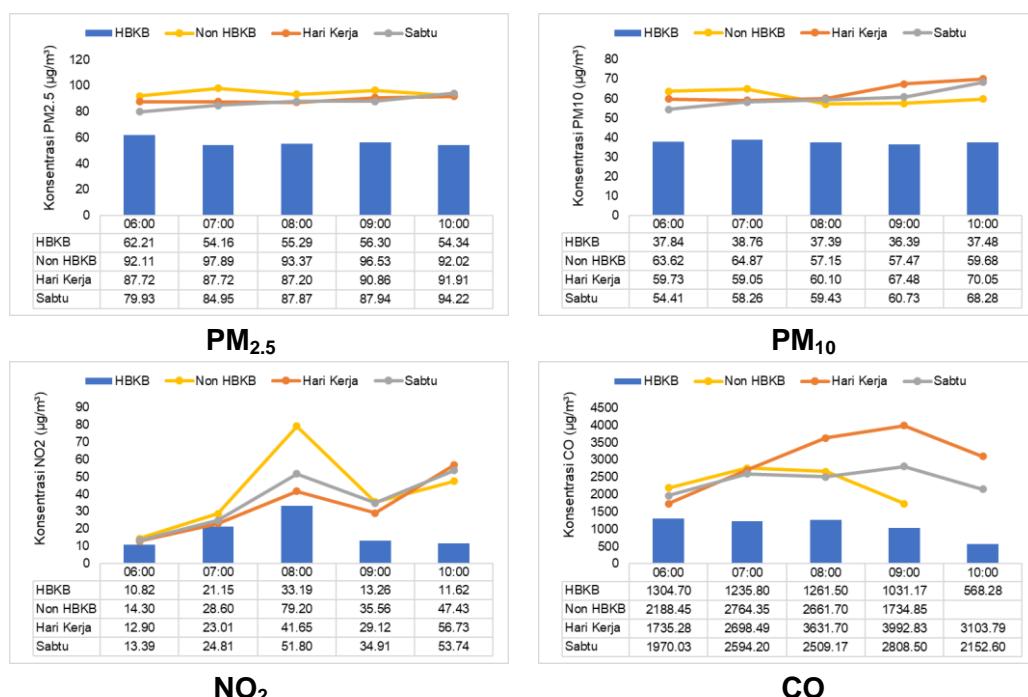
Gambar 112 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 7 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



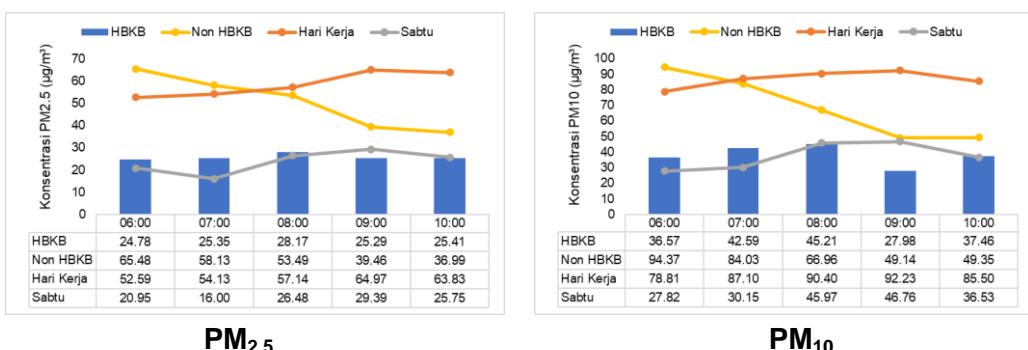
Gambar 113 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Selatan tanggal 4 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September

4.1.3 HBKB Jakarta Barat

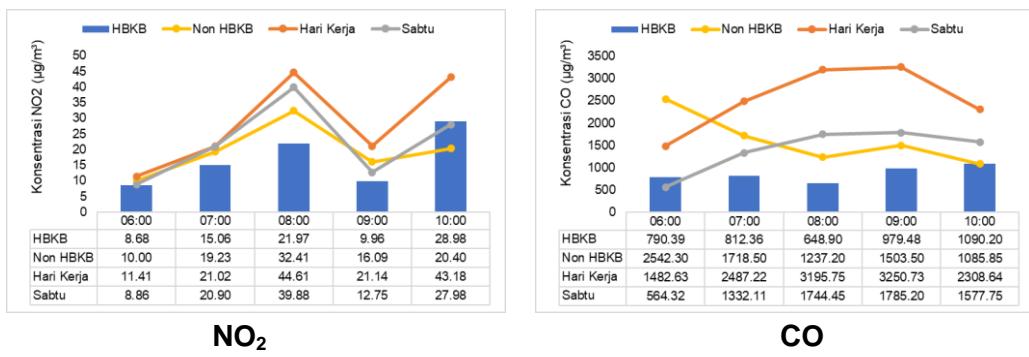
Kegiatan HBKB di wilayah Jakarta Barat dilaksanakan di Jalan Tomang Raya, tanggal 12 Juni dan 10 Juli menunjukkan bahwa konsentrasi pencemar udara terutama yang berhubungan dengan emisi kendaraan bermotor menurun signifikan dibandingkan saat hari kerja, hari Minggu Non HBKB maupun hari Sabtu (Gambar 114 dan 115). Namun demikian untuk HBKB tanggal 14 Agustus 2022 tidak signifikan untuk partikulat, tetapi masih terdapat penurunan konsentrasi untuk NO₂ dan CO (Gambar 116). Pada bulan Desember konsentrasi di minggu HBKB menurun pada semua parameter. Kondisi-kondisi seperti di atas sangat dipengaruhi keadaan di sekitar lokasi HBKB setempat. Seringkali HBKB yang terbatas periode waktunya menyebabkan tertahannya kendaraan bermotor di ruas lain, sehingga bisa terjadi penumpukan kendaraan di jalur alternatif.



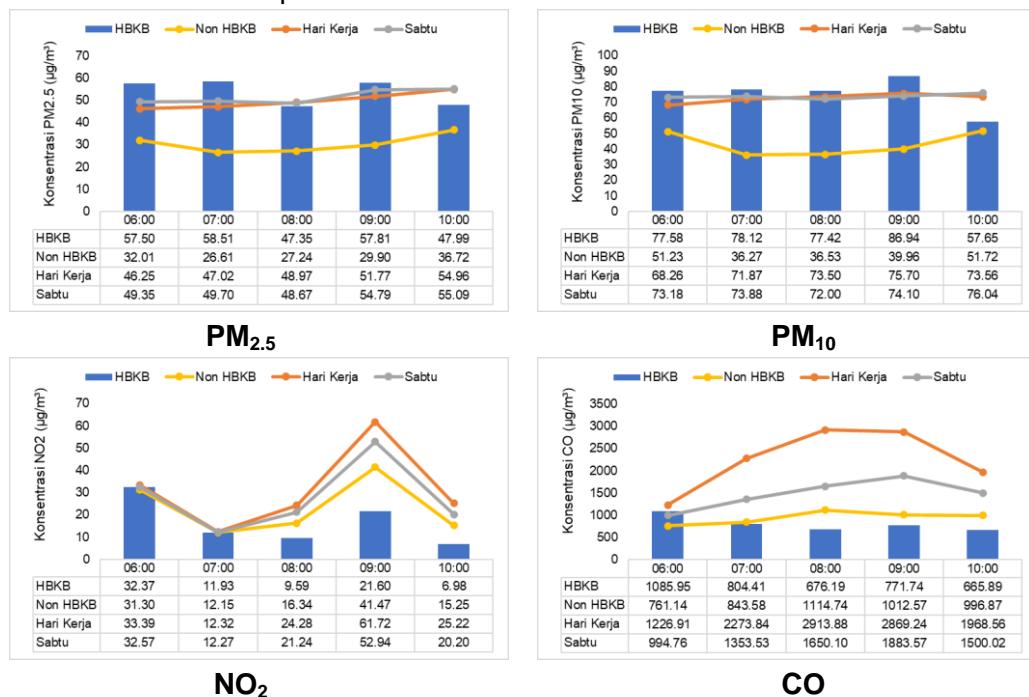
Gambar 114 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 12 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni



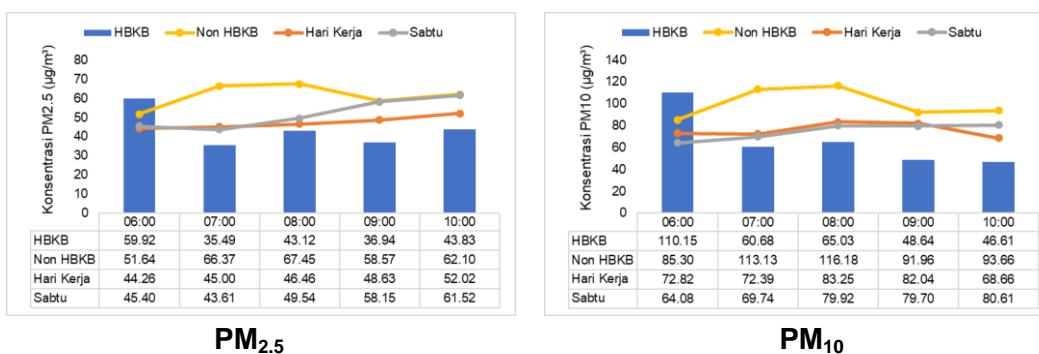
Gambar 115 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 10 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli



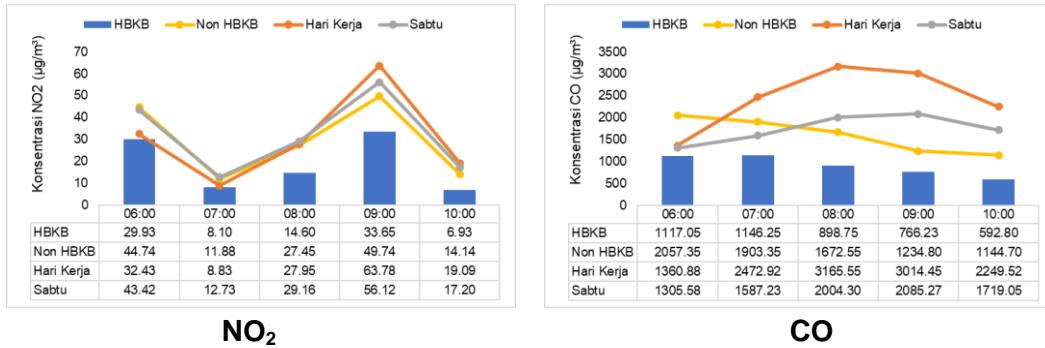
Gambar 115 Lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 10 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli



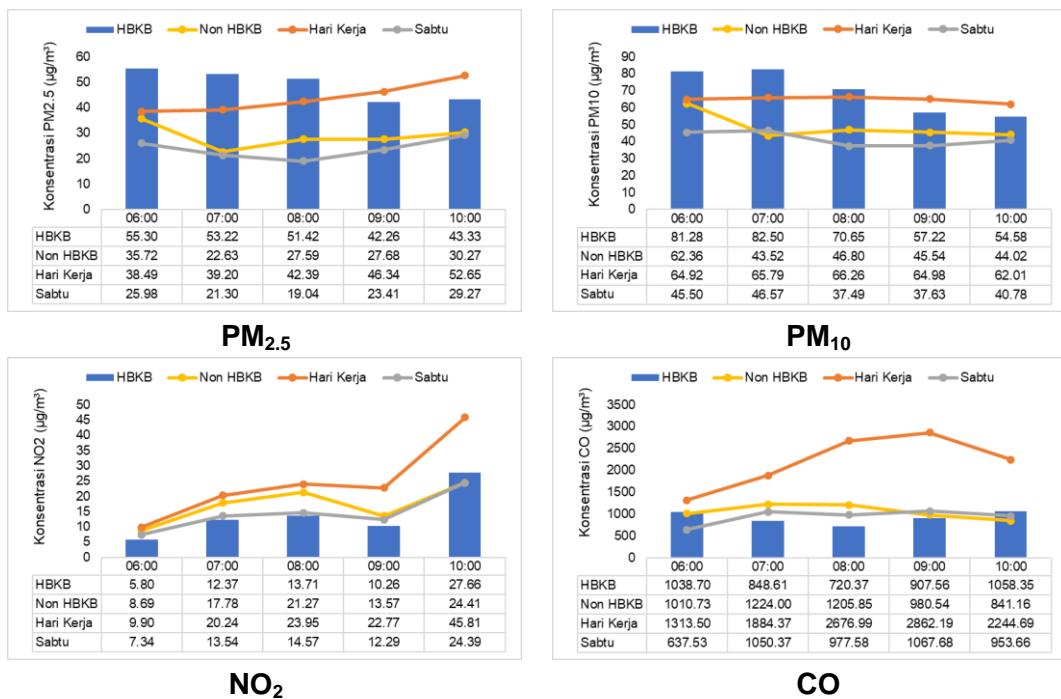
Gambar 116 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 14 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



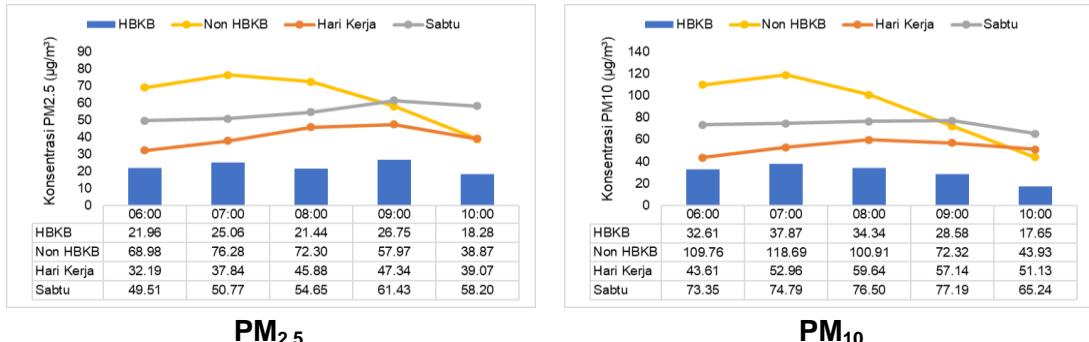
Gambar 117 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September



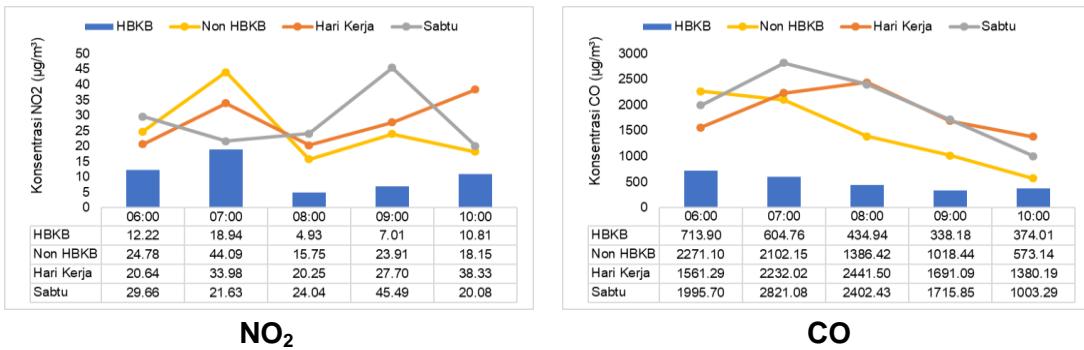
Gambar 117 Lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September



Gambar 118 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 9 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember



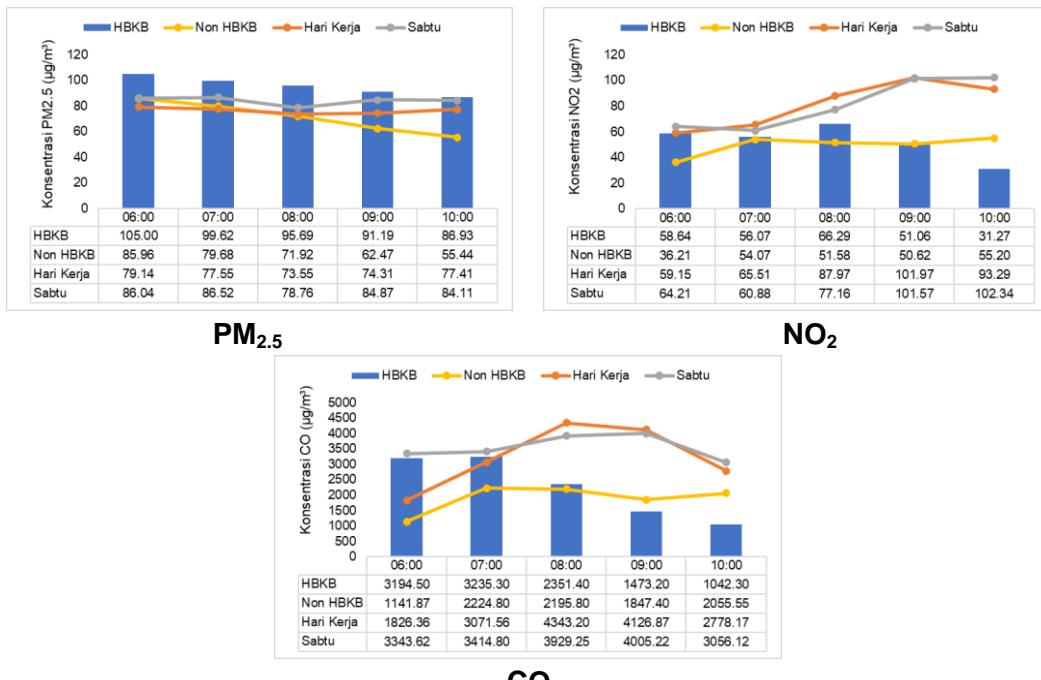
Gambar 119 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember



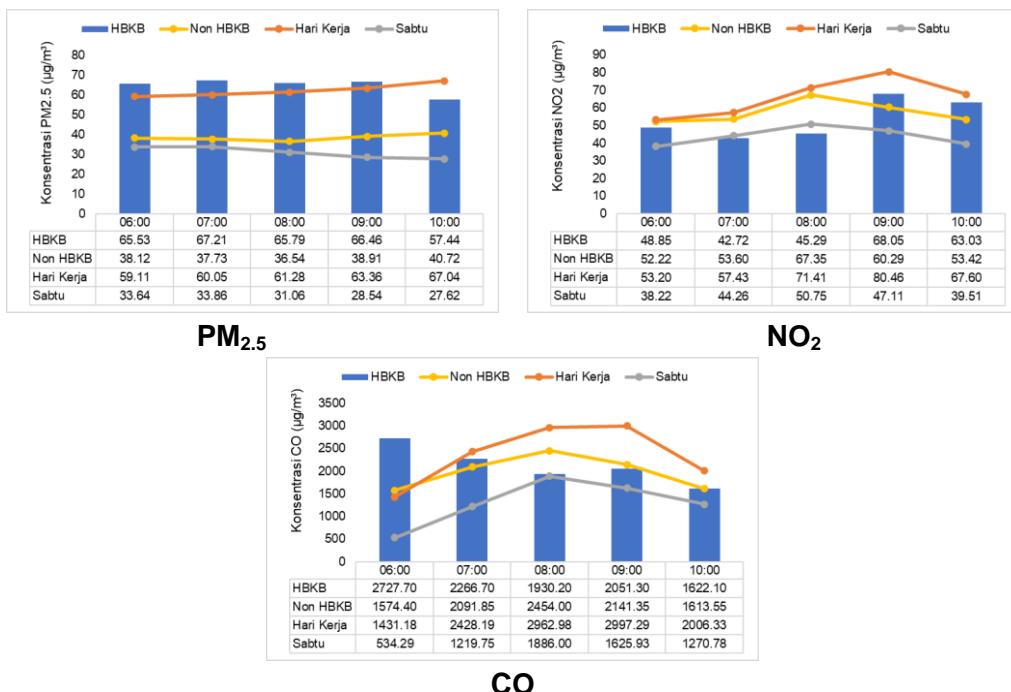
Gambar 119 Lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Barat tanggal 11 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember

4.1.4 HBKB Jakarta Utara

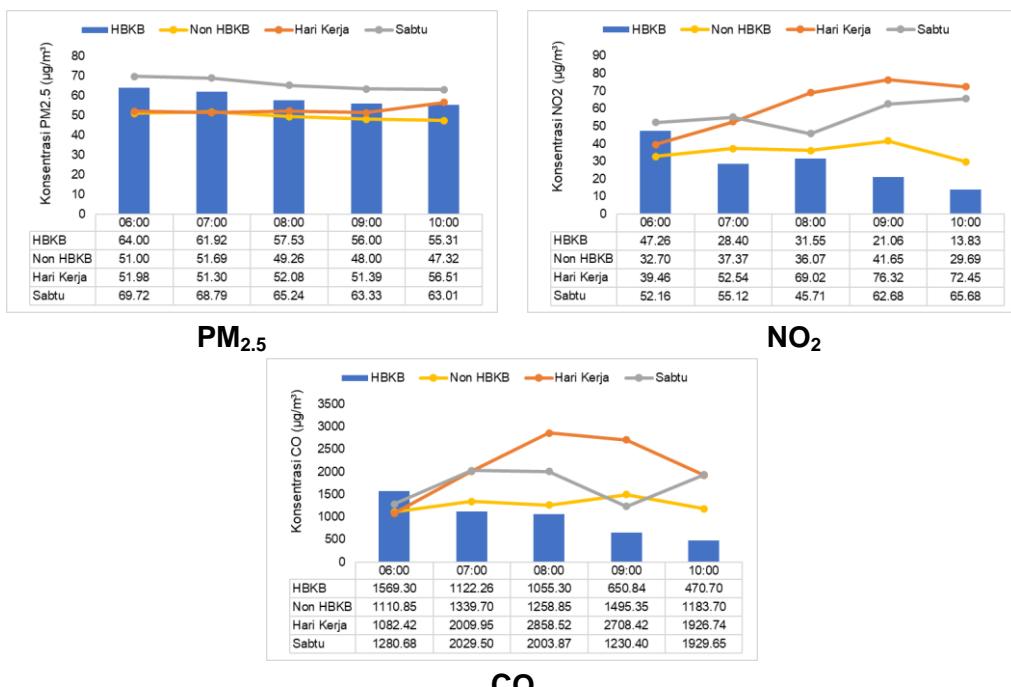
Kegiatan HBKB di Jakarta Utara dilaksanakan di jalan Danau Sunter, pada tanggal 19 Juni, 17 Juli, 21 Agustus, 18 September, 16 Oktober, dan 18 Desember (Gambar 120-125). Hasil pengukuran pencemar udara menunjukkan untuk PM_{2.5} tidak mengalami penurunan, untuk NO₂ dan CO relatif lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi hari kerja dan hari Sabtu, namun tidak signifikan jika dibandingkan dengan hari Minggu Non HBKB. Pada pengukuran tanggal 17 Juli penurunan hanya terlihat signifikan jika dibandingkan dengan hari kerja (Gambar 121).



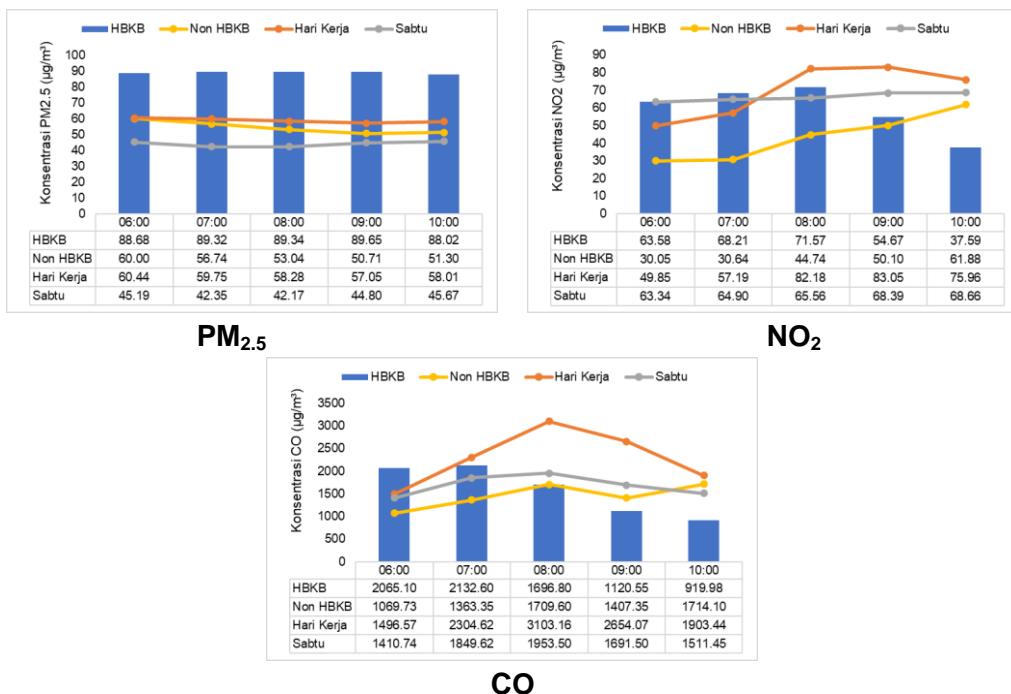
Gambar 120 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 19 Juni 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juni



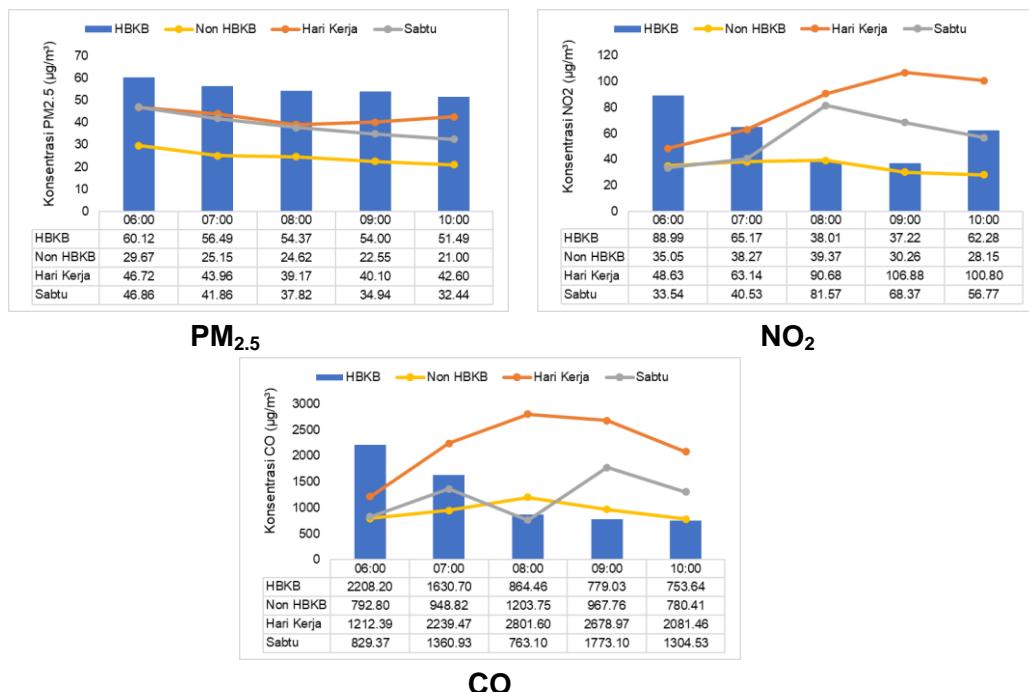
Gambar 121 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 17 Juli 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Juli



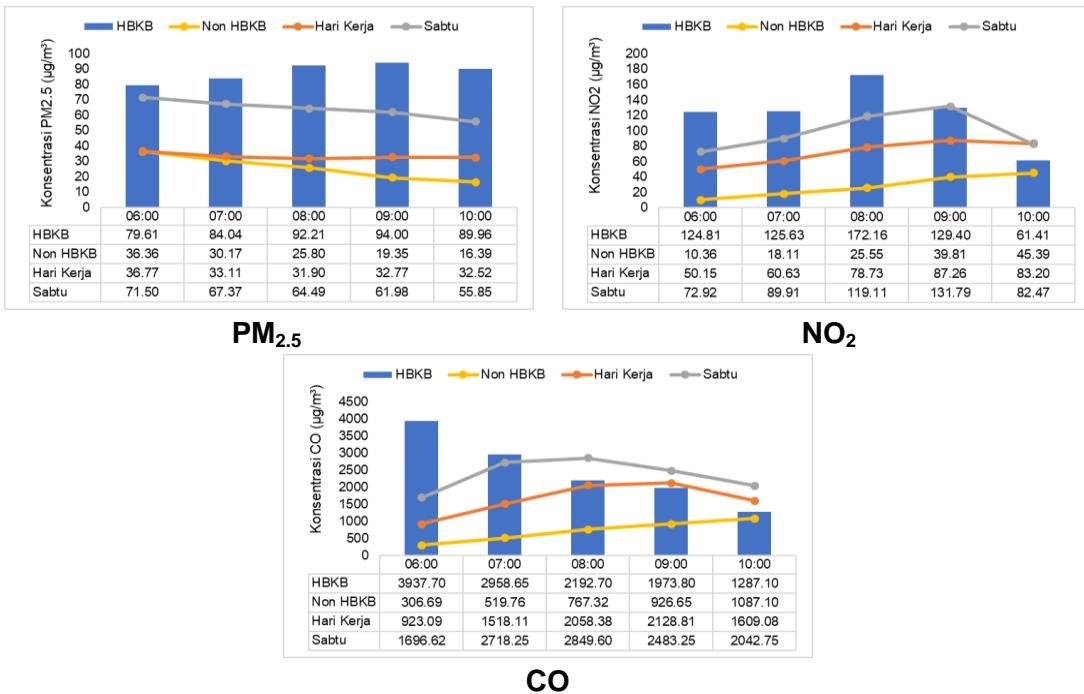
Gambar 122 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 21 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



Gambar 123 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 18 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September



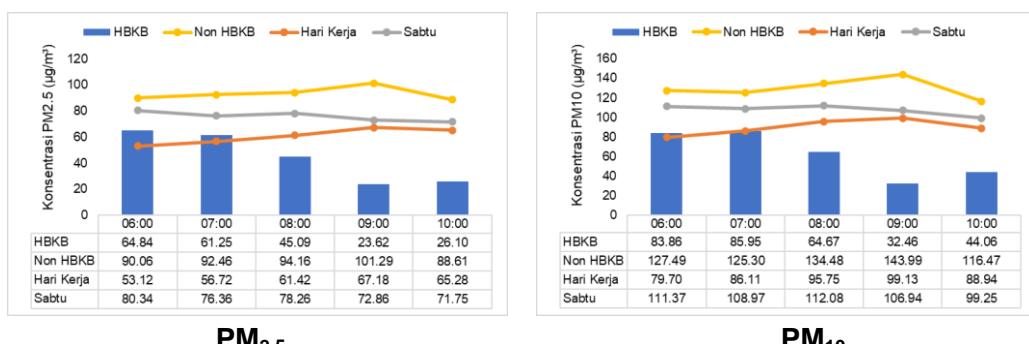
Gambar 124 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 16 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober



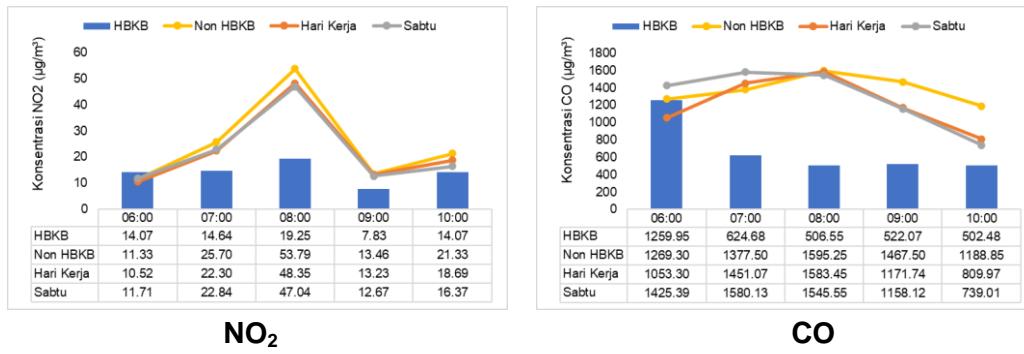
Gambar 125 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Utara tanggal 18 Desember 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Desember

4.1.5 HBKB Jakarta Timur

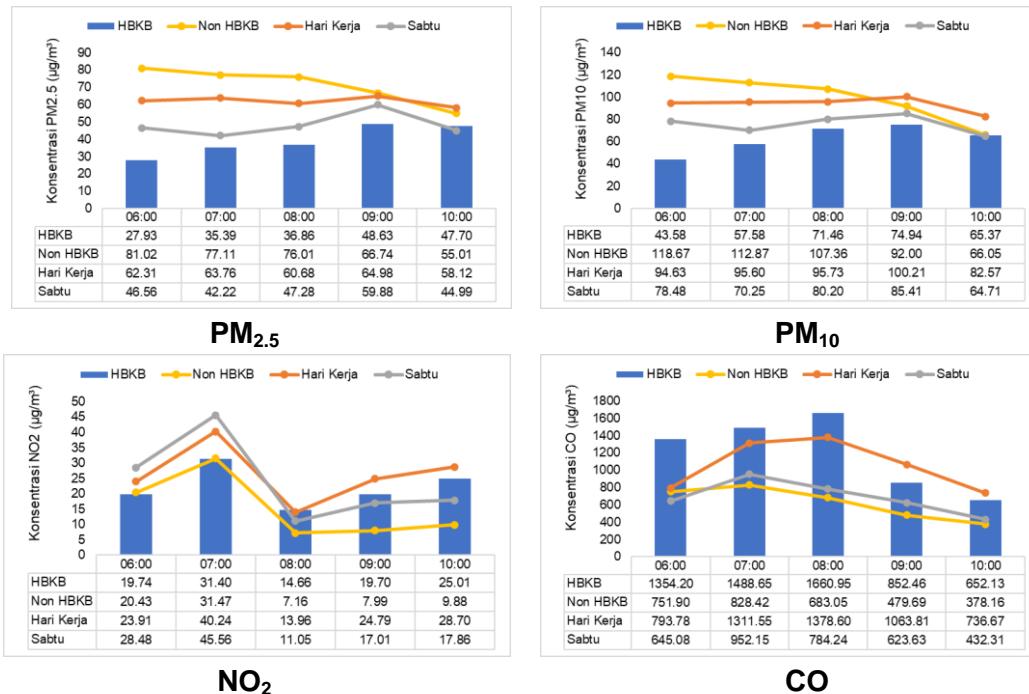
Kegiatan HBKB di wilayah Jakarta Timur dilaksanakan pada tanggal 26 Juni, 24 Juli, 28 Agustus 2022, 25 September, 23 Oktober, dan 27 November (Gambar 126-131), dengan lokasi di halaman PT Danapaint, Jalan Pemuda. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi partikulat, NO₂ dan CO cukup signifikan menurun pada saat HBKB, kecuali NO₂ dan CO pada tanggal 24 Juli tidak signifikan. Penurunan signifikan terhadap konsentrasi rata-rata hari kerja. Sedangkan perbandingan terhadap Hari Minggu Non HBKB tidak selalu signifikan menurun.



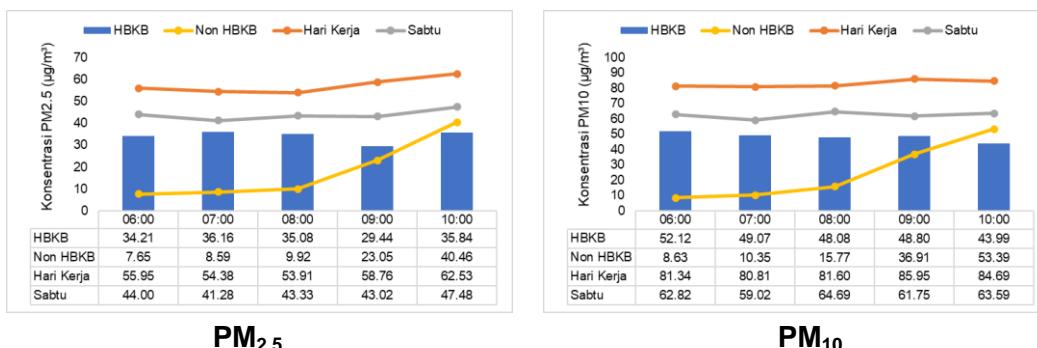
Gambar 126 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 26 Juni 2022



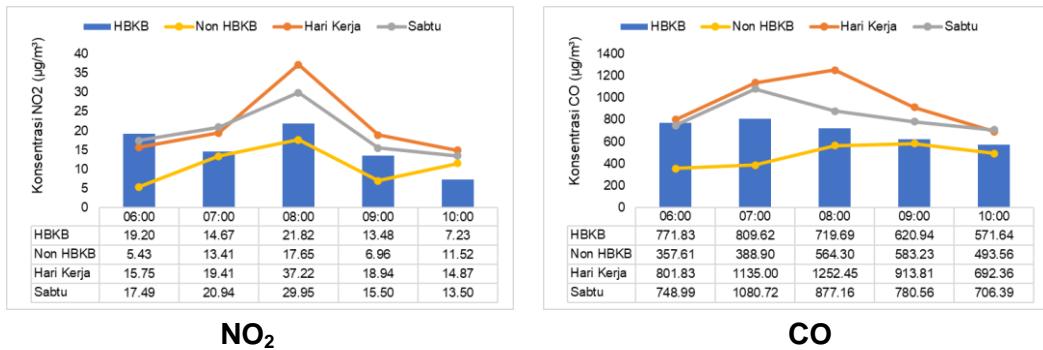
Gambar 126 lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 26 Juni 2022



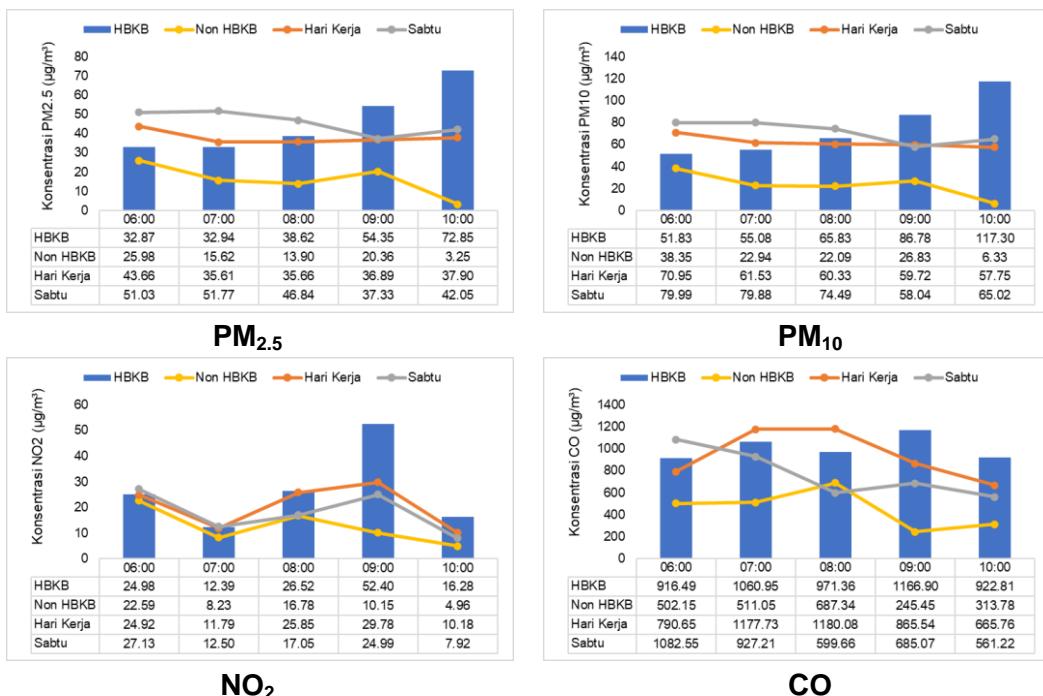
Gambar 127 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 24 Juli 2022



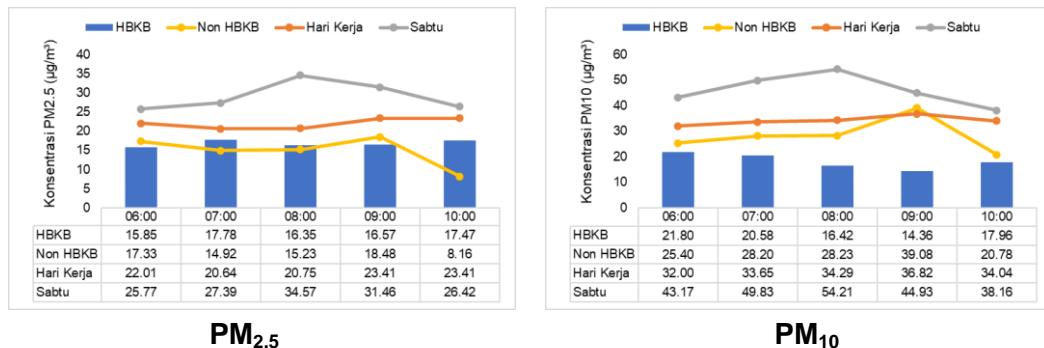
Gambar 128 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 28 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



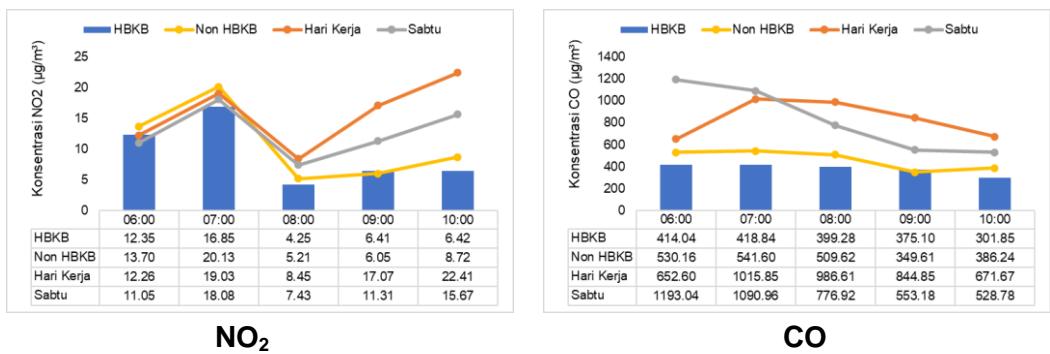
Gambar 128 Lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 28 Agustus 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Agustus



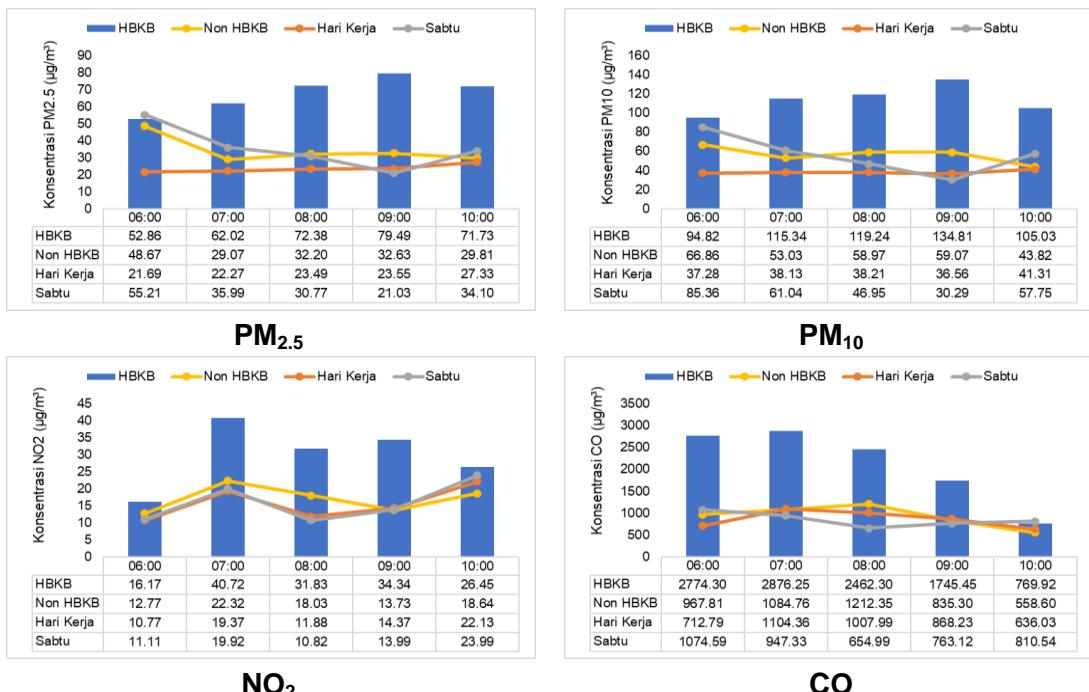
Gambar 129 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 25 September 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan September



Gambar 130 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 23 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober



Gambar 130 Lanjutan Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 23 Oktober 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan Oktober



Gambar 131 Konsentrasi pencemar udara pada saat HBKB di Jakarta Timur tanggal 27 November 2022 dibandingkan dengan hari lainnya pada bulan November

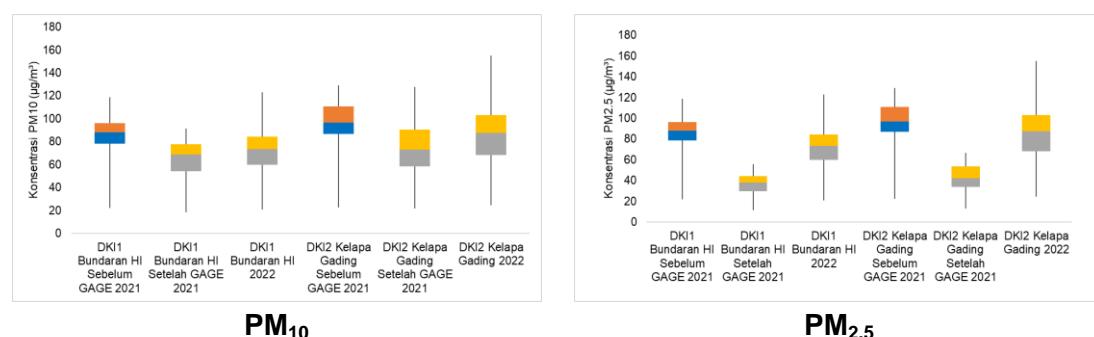
4.2 Analisis Kualitas Udara di Sekitar Lokasi Penerapan Pembatasan Kendaraan Bermotor Plat Ganjil dan Genap

Pembatasan kendaraan Ganjil Genap (Gage) pada ruas tertentu sempat dihentikan dan mulai dilakukan lagi pada bulan November 2021, hingga saat ini. Kemudian pada bulan Juni lokasi penerapan ganjil genap diperluas menjadi sekitar 25 ruas jalan. Hasil evaluasi konsentrasi polutan udara di area yang dekat dengan pelaksanaan pembatasan kendaraan bermotor ditunjukkan pada Gambar 132. yang diwakili oleh data dari SPKUA DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading.

Hasil evaluasi tahun 2021 didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai kisaran dan median PM₁₀, PM_{2.5} dan O₃ hingga akhir tahun 2021. Pengaruh terhadap SO₂, NO₂

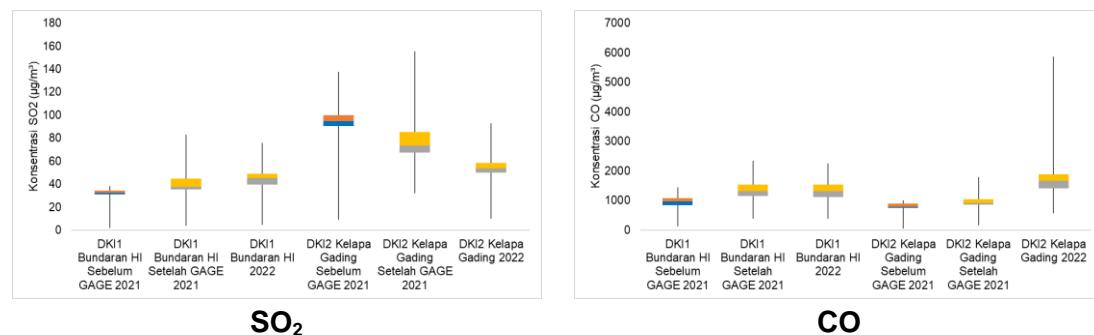
dan CO tidak konsisten. SO_2 di DKI1 Bundaran HI meningkat, sedangkan di DKI2 Kelapa Gading menurun, tetapi dengan kisaran bertambah. Parameter CO terukur meningkat di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading. Parameter NO_2 mengalami peningkatan di DKI1 Bundaran HI tetapi menurun di akhir tahun, sedangkan di DKI2 Kelapa Gading mengalami penurunan di awal dan peningkatan menjelang akhir tahun.

Perbandingan dengan data tahun 2022 menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{10} di DKI1 Bundaran HI maupun DKI2 Kelapa Gading rata-rata lebih rendah dari pada sebelum diterapkan ganjil genap, namun terdapat kenaikan kisaran nilai konsentrasi dibanding periode setelah gage tahun 2021, terutama di DKI2 Kelapa Gading. Parameter $\text{PM}_{2.5}$ menurun signifikan pada periode akhir tahun 2021, namun meningkat kembali pada periode awal 2022. Kisaran nilai konsentrasi rata-rata hariannya juga lebih lebar.



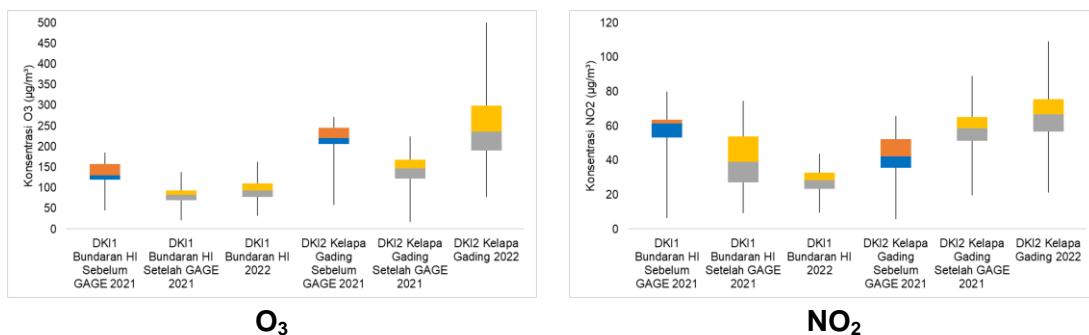
Gambar 132 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan Gage dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022

Konsentrasi SO_2 di DKI1 Bundaran HI mengalami peningkatan rata-rata konsentrasi setelah penerapan gage, tetapi di DKI2 Kelapa Gading mengalami penurunan (Gambar 132). Parameter CO di DKI2 Kelapa Gading terjadi peningkatan nilai rata-rata konsentrasi harian setelah gage dan stabil hingga periode awal tahun 2022. Di DKI2 Kelapa Gading konsentrasi CO setelah penerapan gage, terjadi peningkatan rata-rata dengan kisaran nilai konsentrasi lebih besar, bahkan peningkatan rata-rata sangat signifikan memasuki periode awal tahun 2022 ini, jauh melebihi konsentrasi di DKI1 Bundaran HI (Gambar 133). Kemungkinan besar hal ini diakibatkan oleh jalan di sekitar SPKUA DKI2 Kelapa Gading menjadi jalur alternatif kendaraan bermotor yang plat nomornya tidak sesuai tanggal.



Gambar 133 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan ganjil genap (gage) dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022

Konsentrasi O₃ sebelum dan setelah penerapan ganjil genap di DKI1 Bundaran HI menurun dan stabil hingga 2022 awal (Gambar 134). Di DKI2 Kelapa Gading terjadi penurunan konsentrasi rata-rata Ozon setelah periode penerapan gage pada akhir tahun 2021, tetapi meningkat drastis pada awal tahun 2022. Kondisi ini mungkin tidak murni disebabkan oleh penerapan gage. Sementara itu untuk NO₂, konsentrasi rata-rata harian di DKI1 Bundaran HI menurun setelah periode penerapan gage hingga 2022, namun di DKI2 Kelapa Gading terjadi peningkatan signifikan hingga 2022.



Gambar 134 Perbandingan konsentrasi pencemar udara sebelum penerapan ganjil genap (gage) dan setelah penerapan tahun 2021 dan 2022

4.3 Analisis Kualitas Udara di Zona Rendah Emisi dan Penerapan Kebijakan Uji Emisi Tahun 2022

Kebijakan zona rendah emisi (*Low Emission Zone (LEZ)*), dengan lokasi terpilih adalah Kota Tua, sudah dimulai sejak tahun 2021. Kebijakan LEZ diberlakukan di Kawasan Wisata Kota Tua karena kawasan ini merupakan lokasi objek revitalisasi kawasan besar dengan permintaan pariwisata tinggi. Pelaksanaan penataan Kawasan Wisata Kota Tua tersebut berdasarkan pasal mengenai rekayasa lalulintas yang ditujukan untuk kualitas lingkungan dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisis Dampak, Serta Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas serta Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 36 Tahun 2014 tentang Rencana Induk Kawasan Kota Tua.

Kawasan rendah emisi ini ditetapkan dengan membuat rekayasa lalulintas di sekitar Kota Tua, dengan membatasi kendaraan pribadi yang melalui Kawasan Kota Tua. Kegiatan ini dilaksanakan mulai tanggal 8 Februari 2021. Pelaksanaan pemantauan kualitas udara ambien di Kawasan LEZ berlangsung tanggal 5-10 Februari 2021, dengan alat pemantau diletakan di halaman Museum Seni Rupa dan Keramik. Pemantauan tersebut dibatasi waktu karena keterbatasan fasilitas untuk pemantauan kualitas udara ambien, salahsatunya adalah sumber energi listrik yang diperlukan untuk menjalankan alat pemantau. Pada tahun 2022 pemantauan belum dilanjutkan kembali.

Kebijakan lain terkait Pengendalian Kualitas Udara, kebijakan atau peraturan uji emisi kendaraan bermotor. Pada dasarnya kebijakan ini sudah dilaksanakan cukup lama, namun penerapan aturannya belum lama. Aturan tersebut antara lain:

1. **Angkutan umum** yang berusia di atas sepuluh tahun dan tidak lulus uji emisi dilarang beroperasi, sehingga perlu ada pengetatan ketentuan uji emisi bagi seluruh kendaraan umum. Hal ini ditetapkan berlaku mulai tahun 2019
2. Memperketat ketentuan uji emisi bagi seluruh **kendaraan pribadi** mulai pada tahun 2019 dan memastikan tidak ada kendaraan pribadi berusia lebih dari 10 (sepuluh) tahun yang dapat beroperasi di wilayah DKI Jakarta pada **tahun 2025**, dengan rincian aksi sebagai berikut:
 - a. Memperketat ketentuan uji emisi bagi seluruh kendaraan pribadi mulai pada tahun 2019;
 - b. Pelaksanaan uji emisi secara berkala bagi seluruh kendaraan bermotor sebagai salah satu syarat dalam pemberian ijin operasional kendaraan.

Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan, peserta uji emisi kendaraan bermotor sempat mengalami penurunan pada tahun 2015, namun kemudian dengan pesat meningkat pada tahun 2018, menurun pada tahun 2020 dan meningkat pesat pada tahun 2021 (Gambar 135). Tahun 2020 mengalami penurunan kemungkinan berhubungan dengan awal pandemi, sedangkan awal tahun 2021 meningkat pesat karena sudah disosialisasikan lebih luas dan mulai diterapkannya sanksi bagi kendaraan yang tidak lulus uji emisi. Jumlah kendaraan yang telah mengikuti uji emisi hingga tahun 2022 (November) ditunjukkan pada Gambar 134.



Gambar 135 Jumlah kendaraan peserta kegiatan Uji Emisi tahun 2005 –2022

5

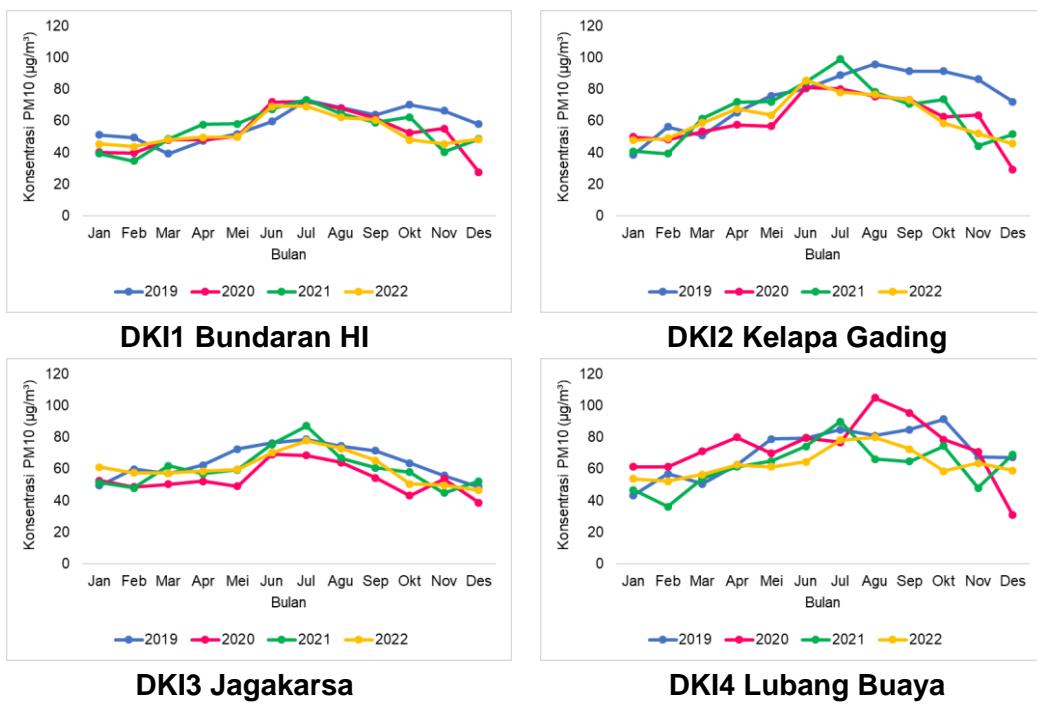
Analisis Tren dan Perbandingan Kualitas Udara 4 Tahun Terakhir (2019 – 2022)

Kondisi kualitas udara pada 4 tahun terakhir dilihat berdasar kondisi bulan Januari – Desember antar tahun, pada masing-masing SPKUA, baik rata-rata per bulan dan tren rata-rata harian. Hal ini agar nilai konsentrasi yang dibandingkan setara satu sama lain, pada bulan yang sama. Pada paparan ini disampaikan untuk parameter partikulat dan Ozon, sedangkan parameter lain dilampirkan (Lampiran 6).

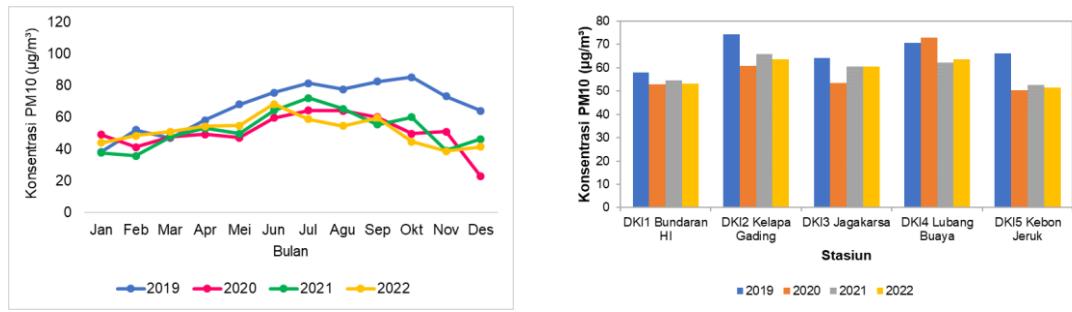
5.1. PM₁₀

Konsentrasi rata-rata bulanan PM₁₀ disemua SPKUA sepanjang Januari – Desember cenderung meningkat hingga pertengahan tahun kemudian menurun menjelang akhir tahun, baik tahun 2019, 2020, 2021 maupun 2022. Puncak konsentrasi PM10 adalah bulan Juni – Agustus setiap tahun, walaupun berbeda antar SPKUA. Namun pada tahun 2019, konsentrasi bulan Oktober – Desember lebih tinggi dibanding 3 tahun berikutnya kecuali di Jagakarsa dan Lubang Buaya.

Pada tahun 2022 konsentrasi PM₁₀ menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan 3 tahun sebelumnya di DKI1 Bundaran HI dan DKI4 Lubang Buaya (Gambar 136). Konsentrasi bulanan PM₁₀ tertinggi terjadi pada tahun 2019 disemua SPKUA, pra PPKM (pandemi).

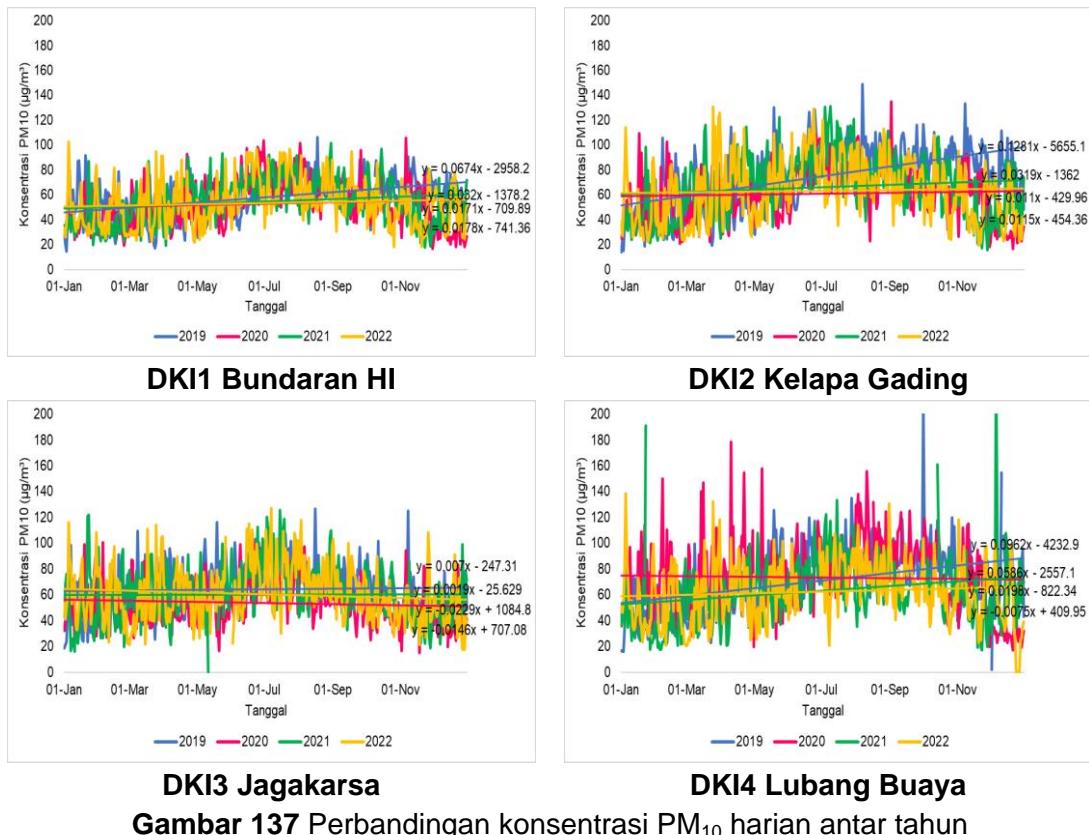


Gambar 136 Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

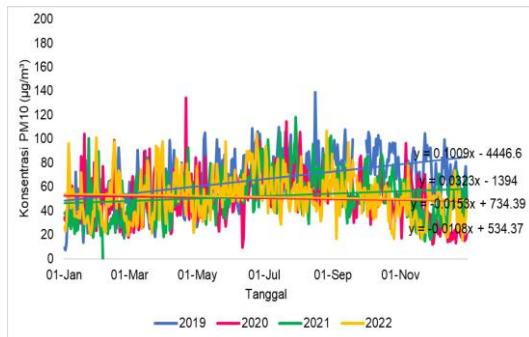


DKI5 Kebon Jeruk
Tahunan
Gambar 136 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM₁₀ bulanan dan antar tahun

Tren data konsentrasi PM₁₀ selama bulan Januari – Desember menunjukkan kondisi berbeda antar SPKUA (Gambar 137). Di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading, tahun 2021 terdapat tren peningkatan konsentrasi PM₁₀ dari Januari hingga Desember, tetapi pada tahun 2022 relatif datar, hal ini sama seperti tahun 2019 dan 2020. Sementara di DKI3 Jagakarsa trennya sedikit menurun. DI DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk menunjukkan tren peningkatan rata-rata PM₁₀ pada beberapa tahun. Di DKI 4 Lubang Buaya, PM₁₀ Januari – Desember, cenderung menurun di tahun 2020 dan sedikit meningkat di tahun 2021 dan 2022 walau tidak setinggi tahun 2019. Di DKI5 Kebon Jeruk menunjukkan tren yang meningkat di tahun 2019 dan 2021, sementara menurun di tahun 2020 dan 2022.



DKI1 Bundaran HI
DKI2 Kelapa Gading
DKI3 Jagakarsa
DKI4 Lubang Buaya
Gambar 137 Perbandingan konsentrasi PM₁₀ harian antar tahun

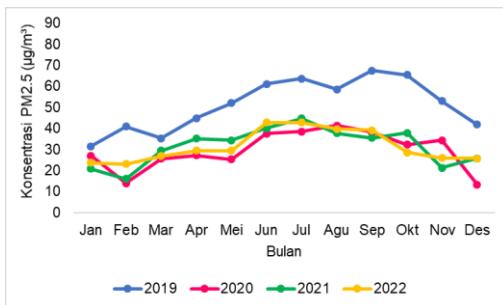


DKI5 Kebon Jeruk

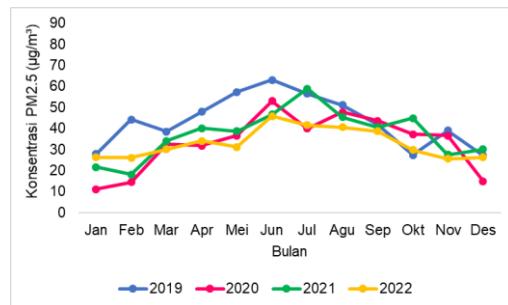
Gambar 137 lanjutan Perbandingan konsentrasi PM₁₀ harian antar tahun

5.2. PM_{2.5}

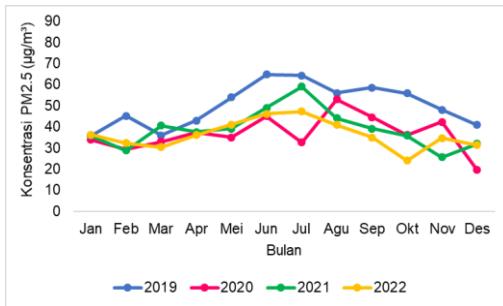
Parameter PM_{2.5} merupakan parameter yang banyak disoroti di perkotaan, karena menjadi indikator tingkat kesehatan udara. Fluktuasi konsentrasi rata-rata bulanan selama Januari hingga Desember dari tahun 2019 – 2022 berbeda antar lokasi SPKUA (Gambar 138). Di SPKUA DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading konsentrasi rata-rata bulan Maret, April, dan Mei tahun 2022 cenderung lebih rendah dibanding tahun 2021. Tahun 2022 DKI4 Lubang Buaya lebih tinggi dari tahun 2021 bahkan mulai bulan Januari, tetapi menjadi lebih rendah memasuki bulan Juli hingga akhir tahun. Bulan April dan Mei tahun 2022 di DKI3 Jagakarsa dan DKI5 Kebon Jeruk relatif sama dengan tahun 2021. Data PM_{2.5} tahun 2019 di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk hanya ada bulan November dan Desember saja, karena belum dilakukan pengukuran.



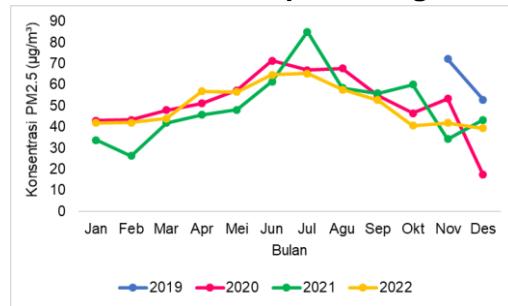
DKI1 Bundaran HI



DKI2 Kelapa Gading

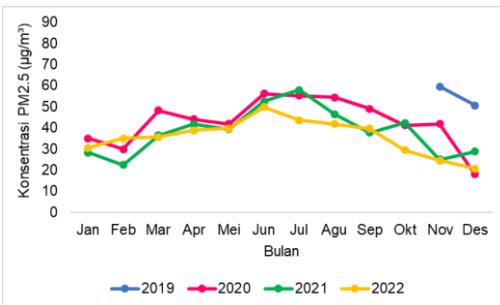


DKI3 Jagakarsa



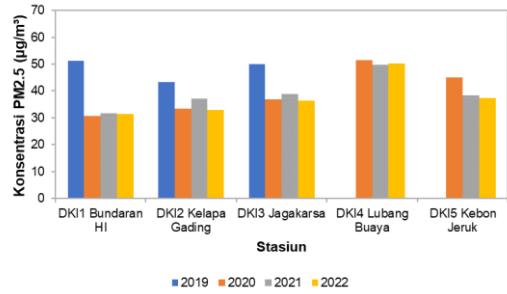
DKI4 Lubang Buaya

Gambar 138 Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun



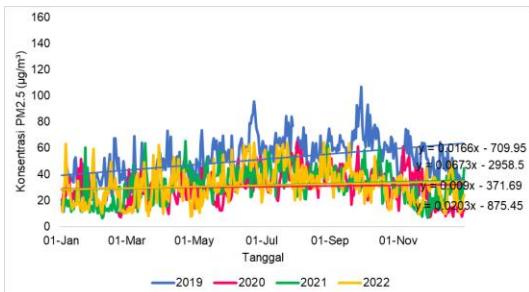
DKI5 Kebon Jeruk

Gambar 138 Lanjutan Perbandingan konsentrasi PM_{2.5} bulanan dan antar tahun

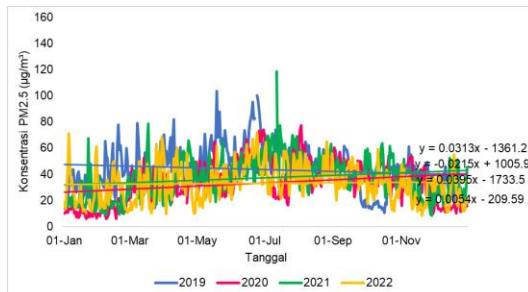


Tahunan

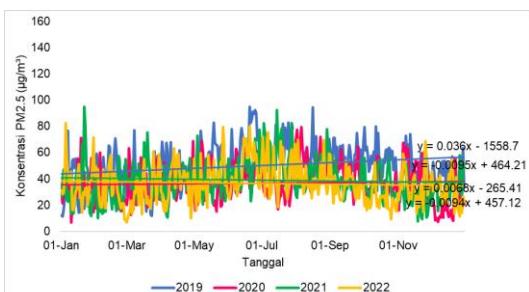
Rata-rata harian konsentrasi PM_{2.5} bulan Januari hingga Desember setiap tahun (2019 – 2022) menunjukkan tren meningkat, tetapi dibanding dengan tahun 2019 besaran nilai rata-rata lebih rendah terutama untuk DKI1 Bundaran HI – DKI3 Jagakarsa, karena DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk PM_{2.5} belum diukur. Namun terjadi kenaikan nilai rata-rata dibanding 2020. Dibandingkan dengan tahun 2021, tren dan besaran rata-rata konsentrasi harian PM_{2.5} di DKI4 Lubang Buaya (Gambar 139) meningkat sangat signifikan. Hal ini harus mendapat perhatian untuk ditelusuri sumber emisinya dan solusi yang harus dilakukan.



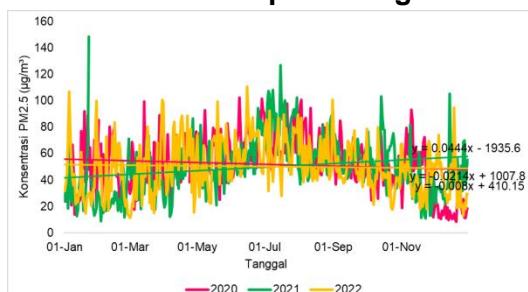
DKI1 Bundaran HI



DKI2 Kelapa Gading

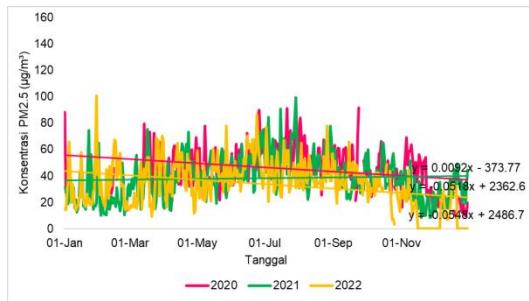


DKI3 Jagakarsa



DKI4 Lubang Buaya

Gambar 139 Perbandingan tren konsentrasi PM_{2.5} harian antar tahun

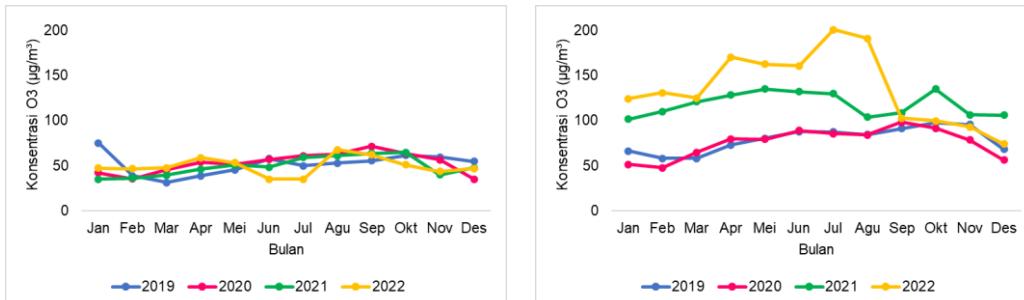


DKI5 Kebon Jeruk

Gambar 139 lanjutan Perbandingan tren konsentrasi PM_{2.5} harian antar tahun

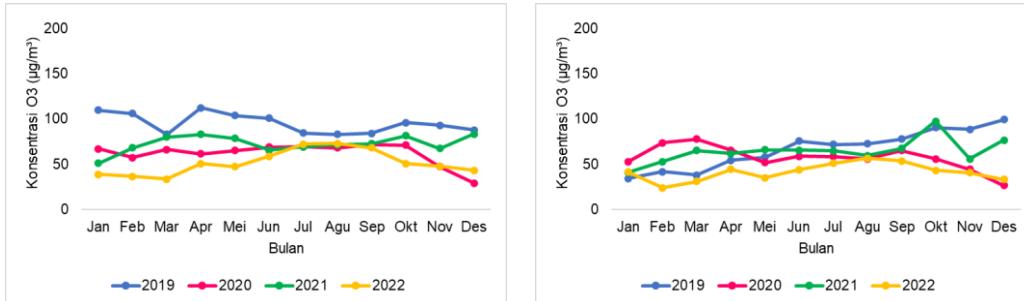
5.3. Ozon (O₃)

Konsentrasi rata-rata Ozon bulan Januari – Desember dari tahun 2019 sampai 2022 menunjukkan peningkatan pesat di DKI2 Kelapa Gading (Gambar 140). Sementara di DKI3 Jagakarsa dan DKI4 Lubang Buaya mengalami penurunan. Di DKI1 Bundaran HI 2022, Ozon sedikit lebih tinggi dibandingkan bulan yang sama tahun-tahun sebelumnya. Sementara di DKI5 Kebon Jeruk menurun di bulan Maret, meningkat kembali di bulan April dan Mei, dengan besaran sama dengan tahun 2021, dan lebih rendah dari tahun 2019 dan 2020 pada bulan tersebut. Fluktiasi konsentrasi Ozon rata-rata harian berkaitan juga dengan jumlah prekursornya seperti NO, NO₂ dan VOCs, selain faktor radiasi matahari yang mungkin bisa terjadi perubahan besar yang diterimanya dari tahun ke tahun, walau pada bulan yang sama.



DKI1 Bundaran HI

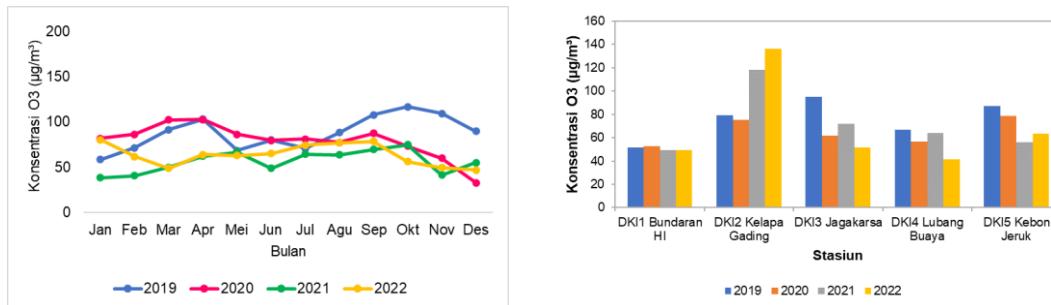
DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa

DKI4 Lubang Buaya

Gambar 140 Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun

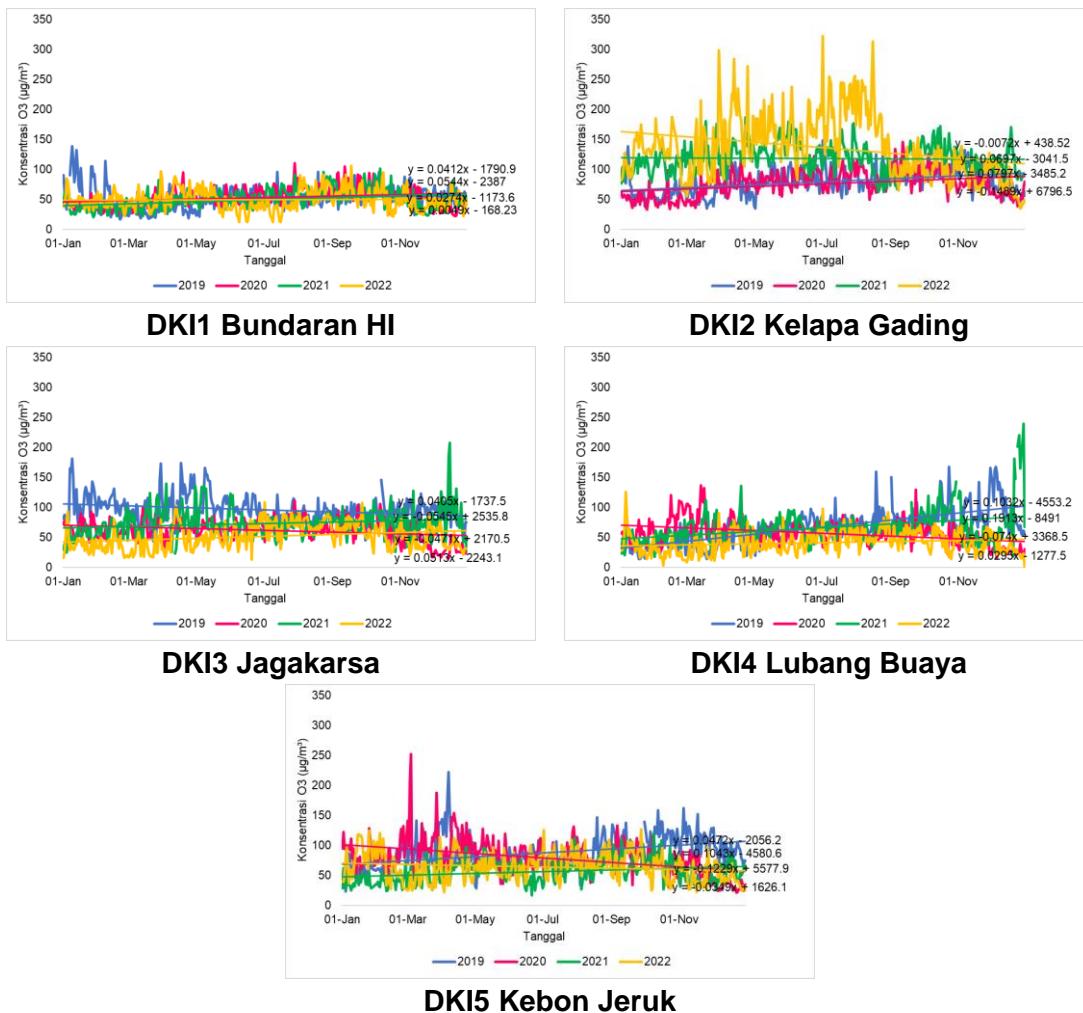


DKI5 Kebon Jeruk

Tahunan

Gambar 140 lanjutan Perbandingan konsentrasi O₃ bulanan dan antar tahun

Konsentrasi Ozon rata-rata harian selama bulan Januari – Desember 2022 dibandingkan dengan 3 tahun sebelumnya menunjukkan peningkatan signifikan di DKI2 Kelapa Gading, terutama pada bulan Januari – Agustus, tetapi menurun pada bulan September. Kondisi ini perlu mendapat perhatian serius mengenai penyebab peningkatan tersebut. Tren di DKI3 Jagakarsa relatif datar, tetapi secara besaran menurun dibanding tahun-tahun sebelumnya, demikian juga dengan lokasi Jagakarsa dan Lubang Buaya.



Gambar 141 Tren konsentrasi O₃ harian antar tahun

6

Analisis Status Mutu Udara Ambien Tahun 2022

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 2022 berkisar 329 hingga 365 data harian selama 1 tahun (**Tabel 10**). Jumlah data harian yang digunakan dalam analisis status mutu udara ambien DKI Jakarta pada tahun 2022 memenuhi kondisi ideal yaitu lebih dari 80% data.

Tabel 10 Jumlah data harian pencemar udara wilayah DKI Jakarta tahun 2022

Parameter	Jumlah data harian				
	DKI 1	DKI 2	DKI 3	DKI 4	DKI 5
PM ₁₀	364	364	361	343	365
PM _{2.5}	364	364	365	364	329
SO ₂	364	364	365	364	365
CO	365	364	365	365	365
O ₃	365	364	365	363	365
NO ₂	365	364	365	364	365

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 2022 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 tahun 2022 sebesar 0.39 (**Tabel 11**), 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 tahun 2022 sebesar 1.33 untuk parameter PM₁₀ dan 1.20 untuk parameter PM_{2.5}. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2022 di wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tercemar oleh PM₁₀ dan PM_{2.5}.

Tabel 11 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) tahun 2022

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	99.55	1.33	0.65	2	0.39	Tercemar
PM _{2.5}	55	66.25	1.20	0.46			
SO ₂	75	69.79	0.93	0.54	2		
CO	4*	2.02	0.51	0.22	3		
O ₃	100*	90.64	0.91	0.39	1		
NO ₂	65	32.11	0.49	0.25	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara di DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) pada tahun 2022 sebesar 0.57 (**Tabel 12**), 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 sehingga menunjukkan bahwa pada tahun 2022 di wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa gading) tercemar oleh semua parameter tersebut.

Tabel 12 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) tahun 2022

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	127.03	1.69	0.75	2	0.57	Tercemar
PM_{2.5}	55	68.83	1.25	0.48			
SO₂	75	82.65	1.10	0.58	2		
CO	4*	4.50	1.12	0.27	3		
O₃	100*	292.06	2.92	1.08	1		
NO₂	65	80.09	1.23	0.58	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Status mutu udara di wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) pada tahun 2022 menunjukkan kondisi tercemar, yang ditunjukkan oleh nilai ISM ≥ 0.1 yaitu sebesar 0.37 (**Tabel 13**). Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) pada tahun 2022 sebesar 1.61 untuk parameter PM₁₀ dan 1.43 untuk parameter PM_{2.5}. Hal tersebut menunjukkan wilayah sekitar DKI 3 (Jagakarsa) tercemar oleh PM₁₀ dan PM_{2.5}.

Tabel 13 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) tahun 2022

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	120.43	1.61	0.74	2	0.37	Tercemar
PM_{2.5}	55	78.43	1.43	0.54			
SO₂	75	59.23	0.79	0.49	2		
CO	4*	1.7	0.43	0.19	3		
O₃	100*	81.95	0.82	0.31	1		
NO₂	65	32.93	0.51	0.17	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Nilai Indeks status mutu udara di DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) pada tahun 2022 sebesar 0.40 (**Tabel 14**), yang mengindikasikan tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 3 (Jagakarsa) pada tahun 2022 yang ≥ 1 terukur untuk parameter PM₁₀ sebesar 1.76, PM_{2.5} sebesar 1.77, dan O₃ sebesar 1.1. Hal tersebut menunjukkan wilayah DKI 4 (Lubang Buaya) tercemar PM₁₀, PM_{2.5}, dan O₃ pada tahun 2022.

Tabel 14 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) tahun 2022

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	132.26	1.76	0.74	2	0.40	Tercemar
PM_{2.5}	55	97.12	1.77	0.74			
SO₂	75	60.17	0.80	0.63	2		
CO	4*	1.8	0.45	0.17	3		
O₃	100*	116.67	1.17	0.17	1		
NO₂	65	45.31	0.70	0.30	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

Indeks status mutu udara (ISM) ≥ 0.1 di wilayah DKI 5 (Kebon Jeruk) pada tahun 2022 sebesar 0.36, menunjukkan bahwa status mutu udara tercemar. Nilai score dari geomean harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) pada tahun 2022 sebesar 1.35 untuk parameter PM₁₀, 1.73 untuk parameter PM_{2.5}, 1.16 untuk parameter O₃ (**Tabel 15**). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2022 di wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tercemar oleh PM₁₀, PM_{2.5} dan O₃.

Tabel 15 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta 5 (Kebon Jeruk) tahun 2022

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	101.39	1.35	0.61	2	0.36	Tercemar
PM_{2.5}	55	95.40	1.73	0.55			
SO₂	75	53.60	0.71	0.34	2		
CO	4*	2.1	0.52	0.26	3		
O₃	100*	115.56	1.16	0.38	1		
NO₂	65	62.78	0.97	0.26	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

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

nilai derajat homogenitas (F_{test}) > 60%. Hasil uji homogenitas data per 2 lokasi di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2022 menunjukkan nilai $F_{test} > 60\%$ dan beririsan terdapat di wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) dan DKI Jakarta 2 (Kelapa Gading) sebesar 0.86 (86%), serta wilayah DKI Jakarta 1 (Bundaran HI) dan DKI Jakarta 4 (Lubang Buaya) sebesar 0.91 (91%) pada parameter SO_2 (**Tabel 16**). Selain itu DKI1 dan DKI 5 juga homogen dengan hasil uji F 0.7 (70%) untuk parameter PM10, serta DKI2 dan DKI5 homogen untuk parameter NO2 dengan uji F sebesar 90%. Uji homogeny yang > 60% juga didapatkan untuk DKI 3 dan DKI 5 untuk parameter PM2.5.

Tabel 16 Uji homogenitas per 2 lokasi di DKI Jakarta tahun 2022

Lokasi	Uji Homogenitas F_{test}					
	PM_{10}	$\text{PM}_{2.5}$	SO_2	CO	O_3	NO_2
DKI 1,2	4E-07	0.52	0.9	8E-19	0.00	7E-39
DKI 1,3	0.00	0.04	9E-03	0.07	2E-02	7E-03
DKI 1,4	6E-05	4E-10	0.9	4E-01	8E-07	4E-04
DKI 1,5	0.7	0.24	2E-06	0.020	2E-03	3E-36
DKI 2,3	9E-02	0.16	3E-05	2E-20	4E-78	1E-51
DKI 2,4	0.37	1E-10	0.29	1E-14	4E-95	1E-22
DKI 2,5	0.00	0.21	5E-17	5E-01	8E-42	0.9
DKI 3,4	4E-01	3E-07	2E-02	0.01	0.01	0.00
DKI 3,5	0.00	0.91	2E-02	0.00	0.00	0.00
DKI 4,5	0.00	2E-07	3E-05	0.08	5E-15	3E-20

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

Nilai *score* dari *geomean* harian maksimum dalam 1 tahun di DKI Jakarta pada tahun 2022 sebesar 1.30 untuk parameter $\text{PM}_{2.5}$, dan 1.52 untuk parameter PM_{10} , yang menunjukkan pada tahun 2022 wilayah DKI Jakarta tercemar oleh $\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10} . Dalam perhitungan ISM, $\text{PM}_{2.5}$ belum dimasukkan karena belum ada ketentuan bobot $\text{PM}_{2.5}$. Hasil analisis Indeks Status mutu udara di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2022 menunjukkan kondisi tercemar, dengan nilai ISM sebesar 0.44 (**Tabel 17**).

Tabel 17 Status mutu udara ambien wilayah DKI Jakarta tahun 2022

Parameter	Baku Mutu Udara Ambien 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geomean Harian Maksumum (HR Maks)	Score dari HR Maks (Sc HR Maks)	Score Rata-Rata Harian (Scr)	Bobot	Indeks Status Mutu (ISM)	Status Mutu Udara
PM₁₀	75	114.09	1.52	0.71	2	0.44	Tercemar
PM_{2.5}	55	71.65	1.30	0.55			
SO₂	75	70.27	0.94	0.58	2		
CO	4*	1.85	0.46	0.22	3		
O₃	100*	97.35	0.97	0.42	1		
NO₂	65	43.61	0.67	0.35	2		

*) baku mutu udara ambien 8 jam

7

Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Pencemaran Berdasarkan *Modelling*

Pemodelan kualitas udara merupakan suatu metode penting dalam menganalisis pencemaran udara. Pemantauan kualitas udara secara langsung memerlukan biaya yang tidak sedikit serta waktu dan sumberdaya manusia yang handal, selain itu juga memerlukan lokasi yang tepat untuk dipantau. Berbagai jenis pemodelan sudah dikembangkan, namun model yang tepat harus disesuaikan berdasar kebutuhan pemodelan itu sendiri.

Pencemaran udara sangat dipengaruhi oleh kondisi kimia dan fisika atmosfer, oleh karena itu, pemodelan pencemaran udara penting mengelaborasi antara kondisi kimia dan kondisi meteorologi. *Weather Research and Forecasting/Chemistry* (WRF/Chem) adalah model meteorologi yang dipasangkan dengan model kimia atmosfer secara *online*, sehingga menghasilkan luaran berupa kondisi meteorologi dan kimia atmosfer pada lokasi yang dikaji. Model ini telah diimplementasikan di beberapa wilayah di dunia. Di Indonesia sendiri masih terbatas penggunaannya, karena masih ada keterbatasan validasi data serta kondisi meteorologi yang sangat unik dibandingkan wilayah-wilayah lain. Parameterisasi masih menjadi kendala, namun demikian hasil luaran beberapa kajian di Indonesia menunjukkan luaran parameter meteorologi dari pemodelan WRFChem ini cukup mendekati hasil observasi (Turyanti *et al.* (2016), Musthafa *et al.* (2019)), sehingga menjadi suatu pendukung untuk menggunakan model tersebut dalam kajian-kajian kualitas udara ambien di Jakarta dan sekitarnya. Parameter meteorologi sangat penting dalam memahami pola dispersi pencemar udara, hasil luaran model dapat membantu memahami pola angin yang berkontribusi terhadap kualitas udara suatu wilayah, termasuk dalam hal ini DKI Jakarta.

Pemodelan dilakukan untuk musim kemarau dan musim hujan, yaitu dengan bulan Februari 2022 mewakili musim hujan dan bulan Juni 2022 mewakili musim kemarau. Adapun luaran model berupa data angin dan konsentrasi PM_{2.5} yang digambarkan secara visual berupa peta sebaran konsentrasi pencemar udara.

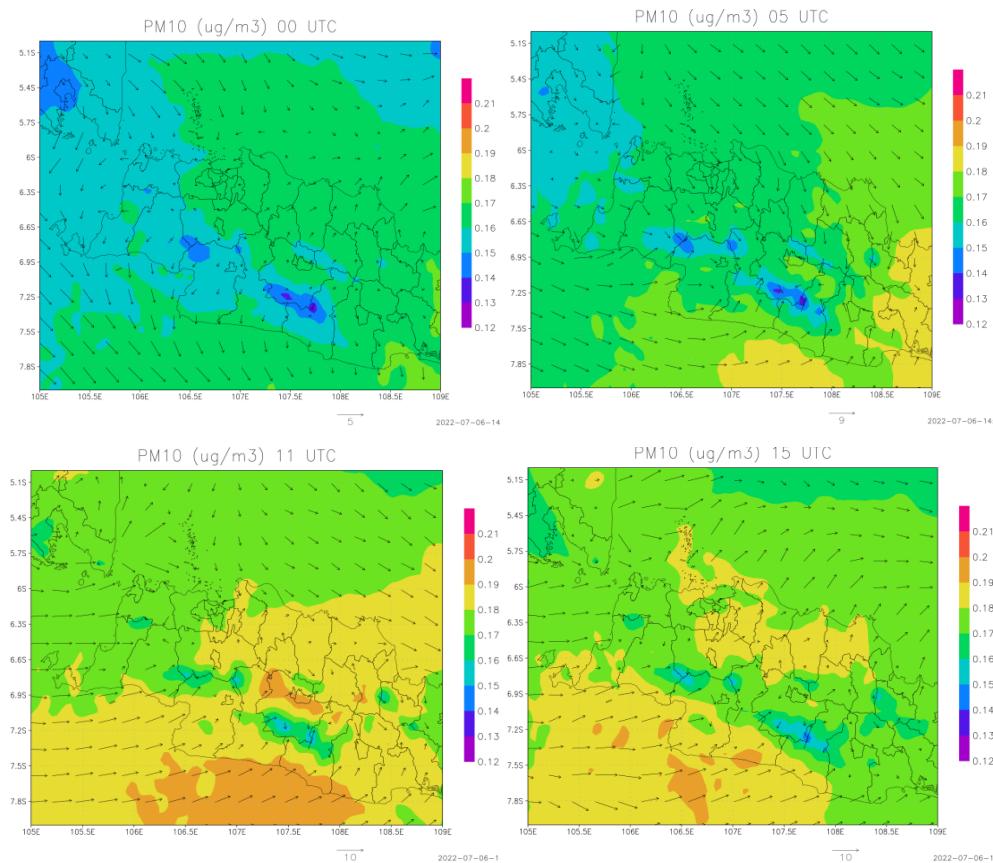
7.1 Luaran Model Sebaran Pencemar Udara Musim Hujan (Februari 2022)

Berdasarkan data luaran model musim kemarau, pola angin harian sangat beragam, namun demikian rata-rata per jam menunjukkan bahwa angin berkecepatan rendah mendominasi angin Kota Jakarta dan sekitarnya. Hal ini terutama terjadi pada malam hingga pagi hari. Gambar 142 menunjukkan pola angin hasil model pada pukul 00.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB.

Pada bulan Februari, angin dominan dari Barat, namun di lokasi DKI Jakarta sendiri kecepatan angin sangat rendah. Pada pukul 07.00 WIB kecepatan angin rendah, menjelang siang hari arah angin dominan dari Barat laut memasuki wilayah Jakarta.

Namun dengan kondisi curah hujan tinggi pada bulan Februari, polutan terukur rendah konsentrasinya.

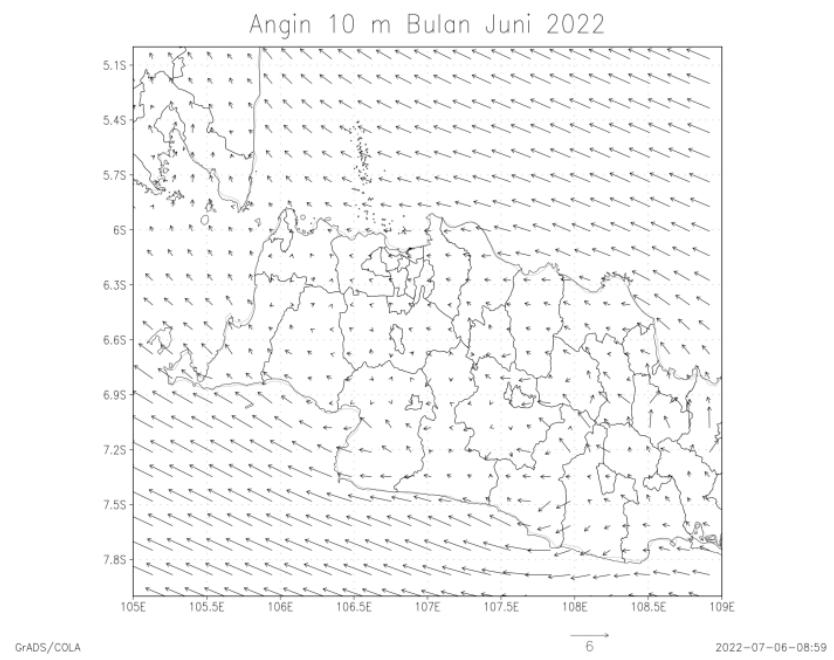
Pada malam hari arah angin dominan yang memasuki Jakarta adalah dari Barat Daya, dan selatan. Selain dipengaruhi angin baratan, juga dipengaruhi angin gunung yang bertiup dari wilayah Gunung Salak. Pada malam hari potensi konsentrasi pencemar udara meningkat, dipengaruhi kondisi stabilitas atmosfer.



Gambar 142 Peta dispersi PM₁₀ rata-rata per jam musim hujan tahun 2022 (a) pukul 07.00 WIB (b) pukul 12.00 WIB (c) pukul 18.00 WIB (d) pukul 22.00 WIB

7.2 Luaran Model Sebaran Pencemar Udara Musim Kemarau (Juni 2022)

Musim kemarau diwakili oleh bulan Juni 2022. Pada bulan Juni pola angin dominan yang memasuki Jakarta adalah dari Timur dan Timur Laut (Gambar 143). Hal ini memberi gambaran bahwa pencemar dapat terbawa dari sumber-sumber emisi di wilayah tersebut, memasuki wilayah DKI Jakarta. Kontribusi pencemar udara tidak selalu dari lokasi setempat, terjadi pencemaran udara lintas batas (*transboundary air pollution*).

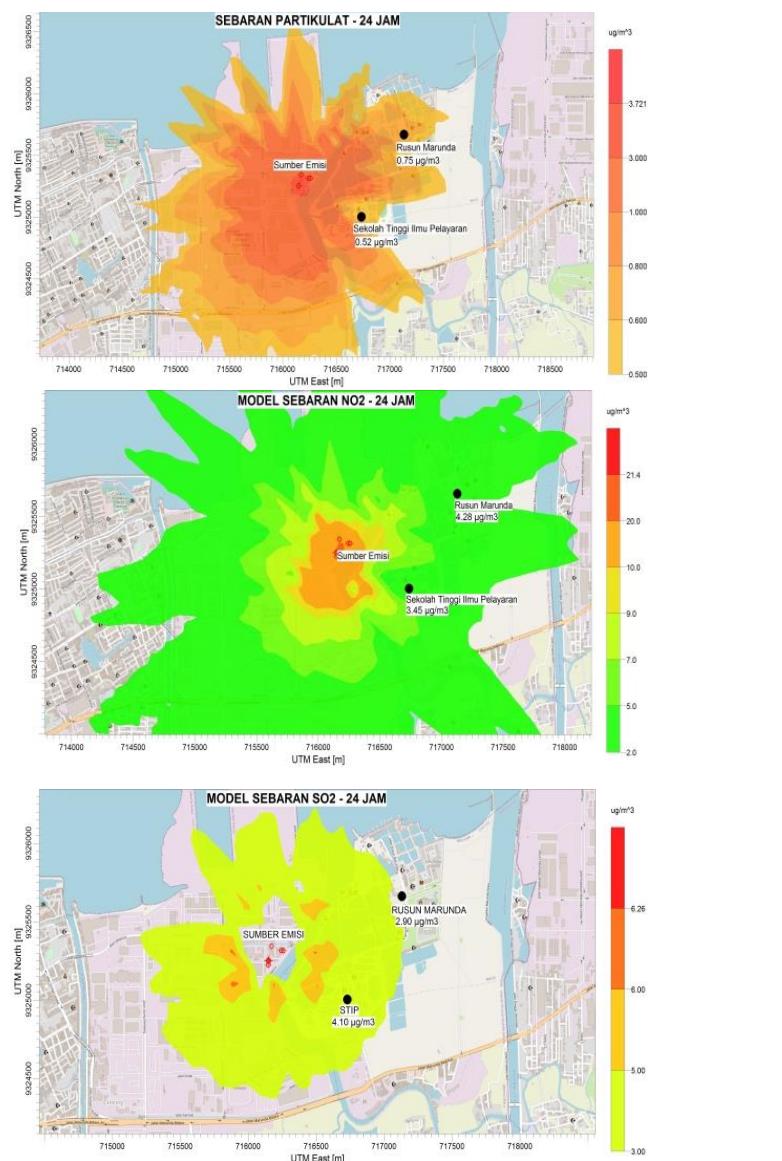


Gambar 143 Pola angin rata-rata bulan Juni 2022

8

Analisis Sebaran Pencemar Udara dari Sumber Tidak Bergerak (Industri)

Sumber pencemar udara di wilayah DKI Jakarta tidak hanya berupa sumber transportasi, tetapi juga dari sumber tidak bergerak berupa industri. Lokasi industri yang berada di wilayah Jakarta antara lain Kawasan Industri Pulogadung, Kawasan Industri Jakarta Timur (East Jakarta Industrial Park), serta Kawasan Berikat Nusantara (KBN). Beberapa aktivitas industri dianalisis potensi sebaran emisinya menggunakan model *AermodView* (Gambar 143).



Gambar 144 Model sebaran pencemar dari industri

9

Penentuan Lokasi Pemantauan Kualitas Udara Kontinu menggunakan Alat *Low-Cost Sensor*

Titik pantau kualitas udara ambien di Provinsi DKI Jakarta masih belum memadai jumlahnya, sehingga perlu ada upaya penambahan pemantauan di beberapa lokasi yang representatif. Mengingat luas wilayah DKI Jakarta lebih dari 600 km² di luar wilayah Kepulauan Seribu, maka alat pantau kualitas udara kontinu 5 titik belum mencukupi dan belum dapat merepresentasikan keseluruhan wilayah Jakarta. Kajian di salah satu kota di Taipei menunjukkan bahwa satu stasiun pemantau kualitas udara secara statistik representatif untuk jarak 700-1000 m (Chan dan Hwang 1996). Apabila menimbang hal tersebut tentunya sangat banyak stasiun monitoring yang dibutuhkan di wilayah DKI Jakarta.

Stasiun Pemantau Kualitas Udara yang bersifat *fix monitoring* dan menghasilkan data yang kontinu memerlukan biaya mahal serta sumberdaya yang melakukan pemeliharaan serta memegang tanggungjawab yang tidak mudah. Beberapa tahun terakhir ini, penggunaan alat pantau berjenis *Low-Cost Sensor* (LCS) menjadi pilihan, terutama untuk riset dan mendapatkan gambaran umum kualitas udara untuk pengelolaan (*Air Quality Management*) (Peltier 2020). Alat ini memiliki kelebihan dari sisi sederhana dalam penggunaan dan pemeliharaan, namun tingkat akurasi dan presisi masih harus terus ditingkatkan selain usia pakai yang singkat dibanding alat yang sudah terstandarisasi (BMKG 2021).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi pemantauan kualitas udara terutama menggunakan alat *Low-Cost Sensor* adalah:

1. Pertimbangan fasilitas dan biaya yang tersedia
2. Lokasi prioritas yang akan dipantau
3. Jenis polutan serta periode pengukuran
4. Pengetahuan pengamat terkait penggunaan dan pemeliharaan alat
5. Kualitas data, akses dan konektivitas termasuk kalibrasi, sistem penyimpanan data dan perlindungan data
6. Validasi alat dan data

Berdasar pertimbangan di atas, maka penentuan lokasi tambahan untuk pemantauan kualitas udara ambien menggunakan LCS akan dilakukan sesuai skala prioritas berdasar hasil analisis. Analisis tersebut dilakukan bertahap:

1. Pemodelan untuk mendapat lokasi-lokasi yang berpotensi terpapar konsentrasi pencemar udara yang maksimum
2. Inventarisasi lokasi-lokasi yang berpotensi memiliki sumber-sumber emisi utama tertentu misal transportasi dan industri

3. Inventarisasi lokasi-lokasi penting yang berpotensi terdampak oleh pencemaran udara (lingkungan pemukiman padat, area rumah sakit dan atau sarana pendidikan, dan sebagainya)
4. Lokasi kantor pemerintah (wilayah administrasi di DKI Jakarta)

Demikian berdasar beberapa kajian pada (DLH DKI 2015, Riqqi *et al.* 2019), jumlah stasiun pemantauan yang disarankan berkisar sekitar 43-53 titik, yang tersebar di lokasi-lokasi tertentu sesuai hasil analisis menggunakan pemodelan *WRFChem* untuk lokasi-lokasi yang rawan paparan konsentrasi maksimum, dan pemodelan berdasar densitas penduduk dan variasi spasial sumber pencemar.

SIMPULAN

1. Lokasi pemantauan:

- Terdapat 5 SPKUA dibawah kewenangan DLH DKI, 4 SPKUA di bawah kewenangan KLHK, BMKG dan Kedutaan Besar Amerika Serikat
- Kondisi sekitar lokasi SPKUA masih ada yang belum memenuhi syarat SNI, terkait jarak dan sudut terhadap bangunan atau vegetasi terdekat
- Masih terdapat aktivitas masyarakat sekitar SPKUA yang menimbulkan emisi pencemar udara seperti pembakaran sampah ataupun parkir kendaraan

2. Analisis Pencemar Udara dan Faktor Meteorologi:

- Konsentrasi PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ dan O_3 melebihi nilai BMUA tahunan nasional berturut-turut sebesar $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kecuali PM_{10} di GBK.
- Trend data rata-rata harian per bulan menunjukkan terdapat peningkatan konsentrasi O_3 yang signifikan di DKI2 Kelapa Gading.
- Rata-rata tahunan PM_{10} ($63.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), O_3 ($135.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), CO ($1307.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan NO_2 ($45.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tertinggi di DKI2 Kelapa Gading. PM_{10} terendah di GBK (KLHK), di DKI1 dan DKI5 (DLH). $\text{PM}_{2.5}$ ($50.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan SO_2 ($49.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tertinggi dan melampaui nilai BMUA di DKI4 Lubang Buaya, $\text{PM}_{2.5}$ dan O_3 terendah di DKI1 Bundaran HI, SO_2 terendah di DKI5 Kebon Jeruk. NO_2 terendah di DKI3 Jagakarsa.
 - Rata-rata harian menunjukkan persentase hari yang melebihi nilai BMUA 24 jam meningkat memasuki musim kemarau (April – Agustus), tertinggi $\text{PM}_{2.5}$ pada bulan Juli (74,2%) di DKI4 Lubang Buaya.
 - PM_{10} harian tiap bulan ada yang melebihi nilai BMUA (DKI1-5), tertinggi di DKI4 Lubang Buaya bulan Juli (64,5%). CO harian tidak ada yang melebihi nilai BMUA di semua lokasi pengukuran. SO_2 harian dibawah nilai BMUA kecuali bulan Desember di DKI2 Kelapa Gading. Sementara NO_2 harian di DKI2 Kelapa Gading melebihi nilai BMUA kecuali pada bulan Juli. Konsentrasi O_3 harian tertinggi DKI2 Kelapa Gading, dengan jumlah hari yang melebihi nilai BMUA >70%.
- Rata-rata diurnal per jam menunjukkan fluktuasi konsentrasi pencemar pada umumnya terkait erat dengan aktivitas masyarakat dan kondisi meteorologi.
 - $\text{PM}_{2.5}$, CO, NO_2 siang hari menurun konsentrasi dan meningkat pada malam hari, terdapat peningkatan pada pagi hari bersamaan dengan aktivitas kerja masyarakat
 - Konsentrasi PM_{10} ada sedikit peningkatan menjelang siang hari dan rendah menjelang sore hari.
 - Konsentrasi SO_2 relatif konstan konsentrasi sepanjang hari, hanya pada umumnya ada sedikit peningkatan menjelang siang hari.
 - Konsentrasi O_3 meningkat di siang hari mengikuti pola radiasi matahari. Konsentrasi O_3 di Kelapa Gading jauh lebih tinggi dari lokasi lain.
- Fluktuasi konsentrasi antar hari selama sepekan menunjukkan penurunan konsentrasi pada akhir pekan, tetapi ada sedikit peningkatan pada Sabtu malam. Hal ini berkaitan dengan fluktuasi jumlah kendaraan bermotor terutama untuk CO dan partikulat
- Pengaruh faktor meteorologi terhadap fluktuasi pencemar udara:

- **Suhu udara:** pada umumnya berpengaruh **negatif** terhadap CO dan NO₂; berpengaruh **positif** terhadap O₃, korelasi kecil terhadap PM dan SO₂.
 - **Kecepatan angin:** pada umumnya berpengaruh **negatif** terhadap partikulat, CO, NO₂, berpengaruh **positif** terhadap O₃, SO₂ (kecil)
 - **Radiasi:** pada umumnya berpengaruh **negatif** terhadap CO, NO₂, berpengaruh **positif** terhadap O₃, tidak berpengaruh secara langsung terhadap partikulat dan SO₂ (positif, negatif, kecil).
 - **Kelembapan:** pada umumnya berpengaruh **negatif** terhadap O₃, SO₂ di sebagian lokasi) berpengaruh **positif** terhadap CO, NO₂ (sebagian lokasi), tidak berpengaruh secara langsung terhadap partikulat
 - **Curah Hujan (CH):** pada umumnya berpengaruh **negatif** (kecuali pada O₃), tetapi korelasi negatif kecil karena sifat pengaruhnya lebih akumulatif
3. Analisis Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU):
ISPU tahun 2022 menunjukkan dominasi hari berkategori sedang pada semua SPKUA. Sepanjang tahun 2022 jumlah hari baik tertinggi 16% di SPKUA DKI5 Kebon Jeruk. Hari tidak sehat tertinggi 35% di SPKUA DKI4 Lubang Buaya, dengan parameter kritis PM_{2,5}. Terdapat peningkatan jumlah hari tidak sehat sejalan dengan penurunan curah hujan memasuki musim kemarau.
4. Hasil analisis kebijakan terkait kualitas udara:
- Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) pada umumnya menurunkan konsentrasi pencemar yang berkaitan erat dengan kendaraan seperti CO, NO₂, dan Hidrokarbon.
 - Penerapan kendaraan ganjil genap (Gage) hanya memberikan dampak penurunan pencemar pada awal dimulainya program Gage, memasuki tahun 2022 konsentrasi pencemar meningkat kembali.
 - Pelaksanaan uji emisi kendaraan bermotor pada tahun 2022 menurun dibandingkan tahun 2021.
5. Analisis tren kualitas udara 4 tahun terakhir:
- Konsentrasi rata-rata PM₁₀ antar bulan selama 4 tahun terakhir menunjukkan peningkatan hingga bulan Juli lalu menurun hingga Desember. Tren harian cenderung meningkat di DKI1 Bundaran HI dan DKI2 Kelapa Gading 2019-2022. Peningkatan tajam pada DKI2 Kelapa Gading 2021.
 - Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} selama 4 tahun terakhir menunjukkan tren harian cenderung meningkat di DKI1 Bundaran HI, DKI2 Kelapa Gading, dan DKI3 Jagakarsa (kecuali tahun 2022). Sementara di DKI4 Lubang Buaya dan DKI5 Kebon Jeruk tren relatif menurun. Rata-rata bulanan PM_{2,5} pada musim kemarau (Juni-Juli) tahun 2022 lebih rendah daripada tahun 2020 dan 2021.
 - Konsentrasi rata-rata O₃ antar bulan Januari – Oktober selama 4 tahun terakhir menunjukkan tren peningkatan. Di DKI2 Kelapa Gading terjadi peningkatan signifikan, melebihi lokasi lainnya, tetapi menurun pada bulan September – Desember.
 - Konsentrasi CO dan NO₂ di DKI2 Kelapa Gading cenderung lebih tinggi dibandingkan 3 tahun sebelumnya.

6. Hasil analisis pemodelan kualitas udara:
 - Pada musim kemarau pola angin dari Timur dan Timur Laut mempengaruhi sebaran konsentrasi polutan udara di DKI Jakarta, sedangkan pada musim hujan pola angin baratan menjadi dominan, tetapi bersamaan dengan curah hujan tinggi sehingga menurunkan konsentrasi pencemar
 - Pemodelan dispersi dari sumber industri di wilayah DKI Jakarta, menunjukkan arah sebaran yang merata sepanjang tahun, terutama dikarenakan pola angin yang didominasi angin darat dan angin laut yang memiliki siklus harian
7. Analisis Satus Mutu Udara Ambien 2022:

Status mutu udara di wilayah DKI Jakarta pada tahun 2022 menunjukkan kondisi tercemar. Kondisi tersebut dapat dilihat dari nilai indeks status mutu udara (ISM) yang menunjukkan nilai ≥ 0.1 . Hasil analisis menunjukkan pada tahun 2022 di wilayah DKI Jakarta tercemar oleh $PM_{2.5}$ dan PM_{10} .
8. Penentuan lokasi pemantauan menggunakan *Low-Cost Sensor* memerlukan analisis lebih lanjut. Berdasar penelitian sebelumnya diperkirakan diperlukan penambahan 43-53 titik pantau yang dapat dipertimbangkan sebagai lokasi pemantauan kualitas udara tambahan

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](https://www.ama.org/-/media/assets/advocacy/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, Mugglesstone MA, Meechan DF. 2004. Health effect of a sulphur dioxide air pollution episode. *Journal of Public Health Medicine.* 25(4): 369-371.
- 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 PM_{2.5} exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults. *Am J Epidemiol.* 186(8):961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166
- 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/](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 PM_{2.5} exposure on specific causes of death: exposure-response curves and effect modification among 53 million U.S. Medicare beneficiaries. *Environmental Health.* 19:20. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00575-0>
- Wang H, Huang C, Tao W, Gao Y, Wang S, Jing S, Wang W, Yan R, Wang Q, An J, Tian J, Hu Q, Lou S, Pöschl U, Cheng Y, Su H. 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 PM_{2.5} 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/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 PM2.5 Pollution in High Elevation Urban Areas. *Sustainability*. 10(2064). doi:10.3390/su10062064

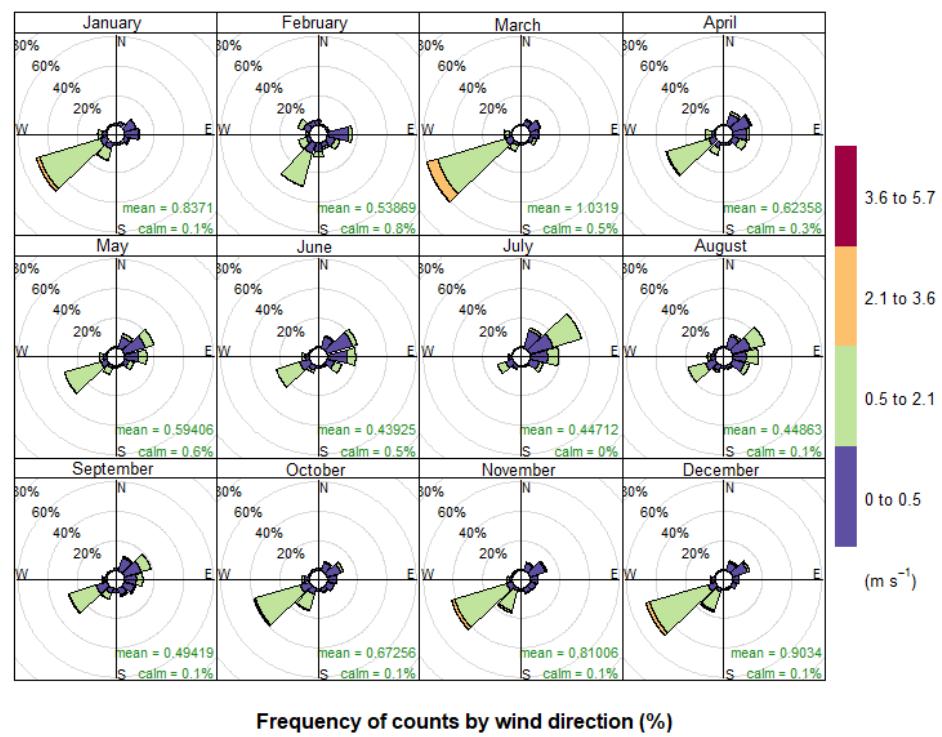
LAMPIRAN

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

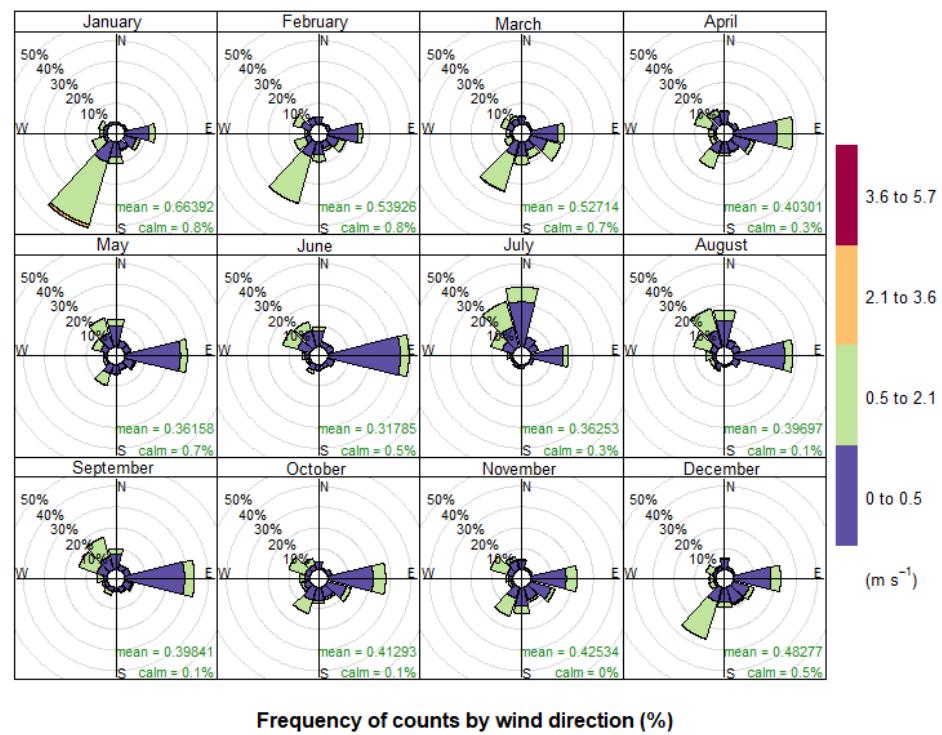
No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	
			Kep. Gub. Nomor 551/2001	PP Nomor 22/2021
1	Sulfur Dikosida (SO_2)	1 jam	900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		8 jam		4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
3	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 jam	92,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	Oksidan Fotokimia (O_3)	1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		8 jam		100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5	PM_{10}	24 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 Tahun		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	PM2.5	24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 Tahun		15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Hidrokarbon	3 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lampiran 2 Windrose bulanan siang dan malam

1. DKI1 Bundaran HI

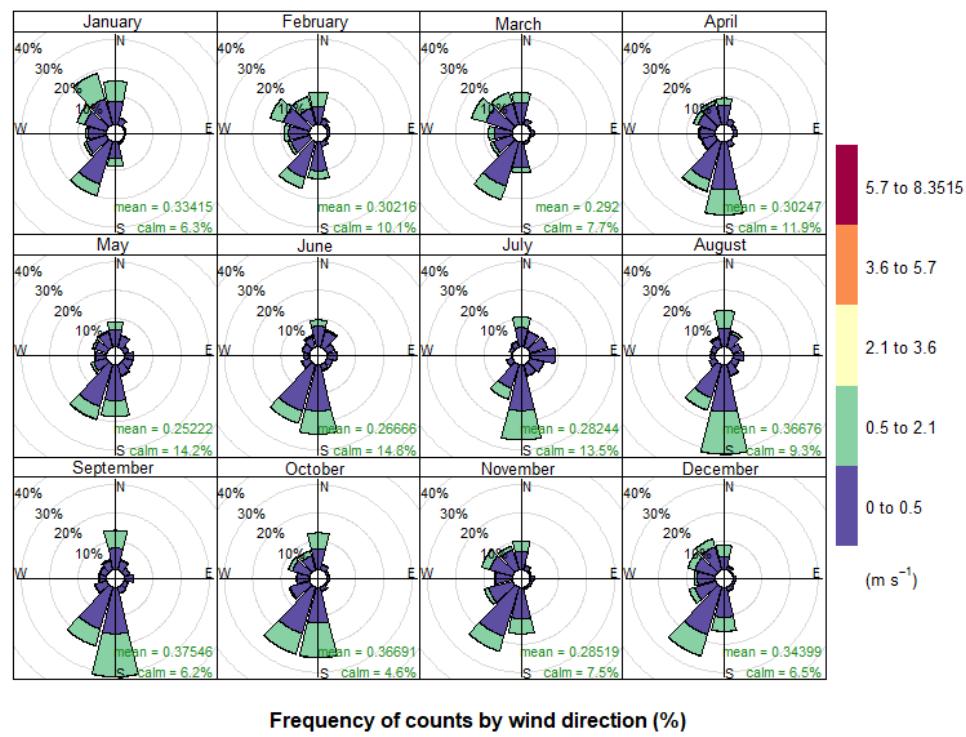


2. DKI2 Kelapa Gading

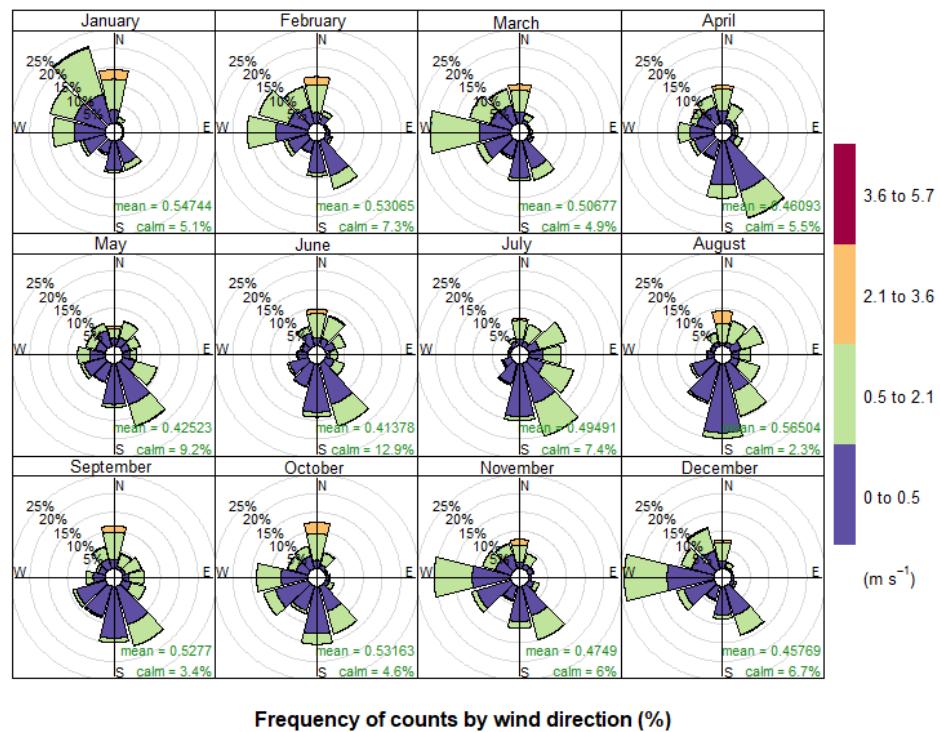


Lanjutan Lampiran 2

3. DKI3 Jagakarsa

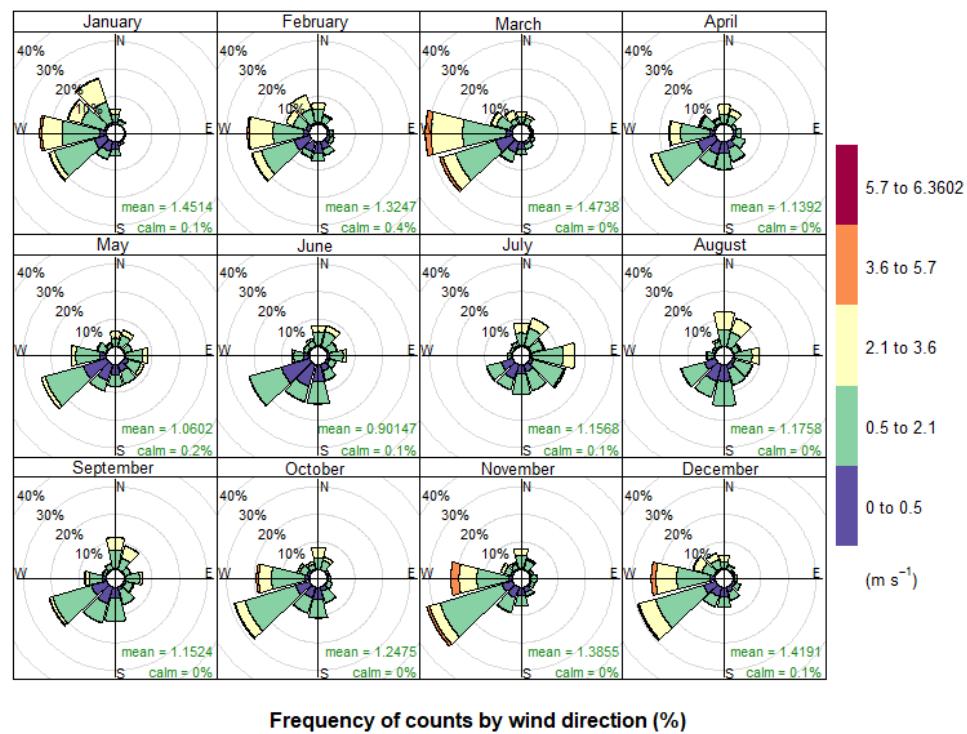


4. DKI4 Lubang Buaya



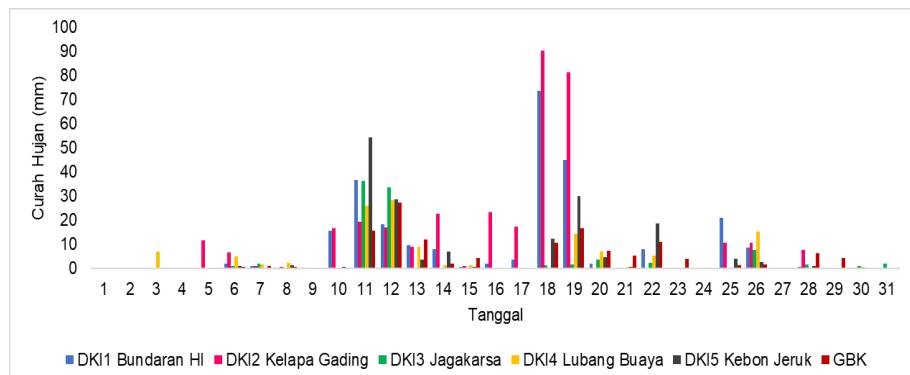
Lanjutan Lampiran 2

5. DKI5 Kebon Jeruk

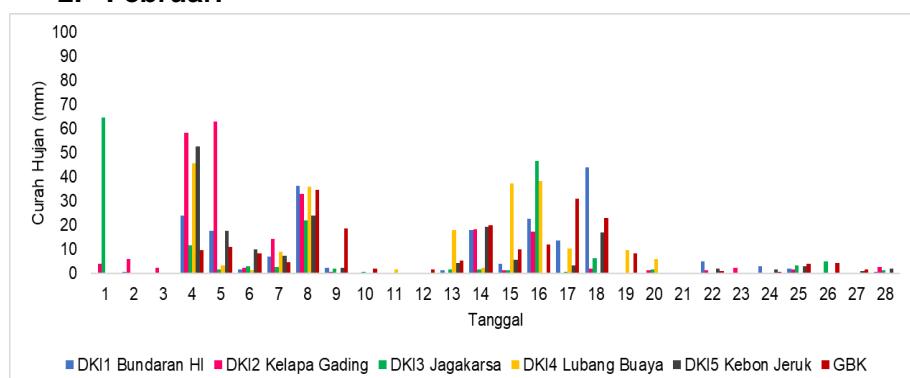


Lampiran 3 Curah Hujan Harian per Bulan antar SPKUA

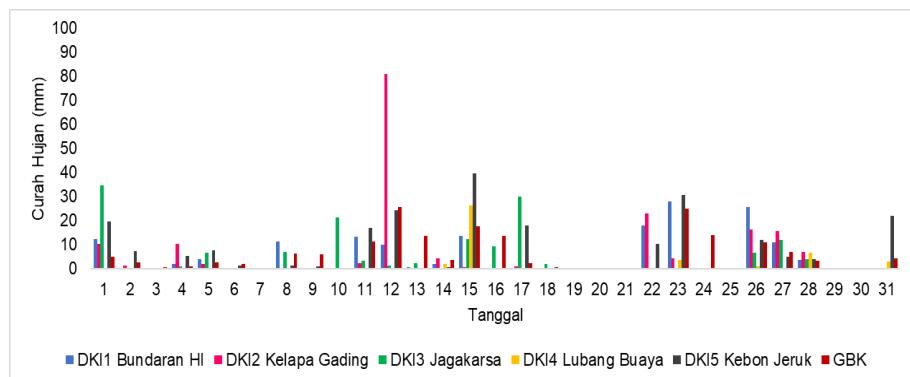
1. Januari



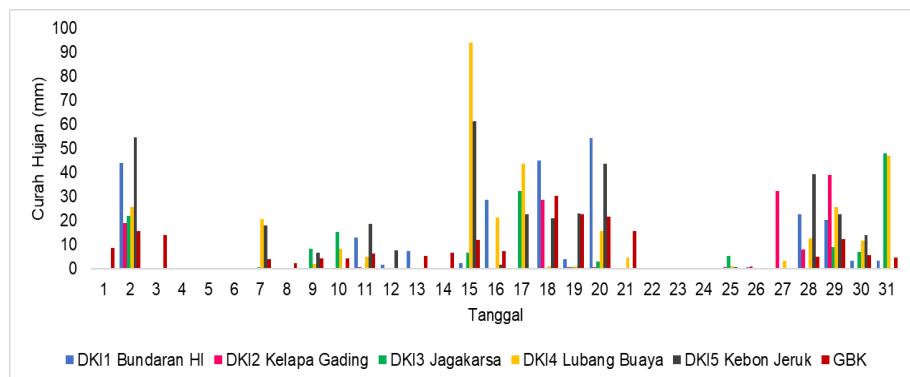
2. Februari



3. Maret

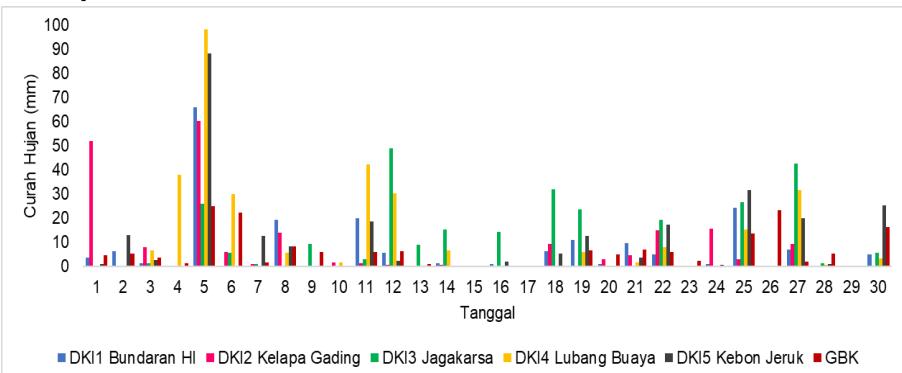


4. Mei

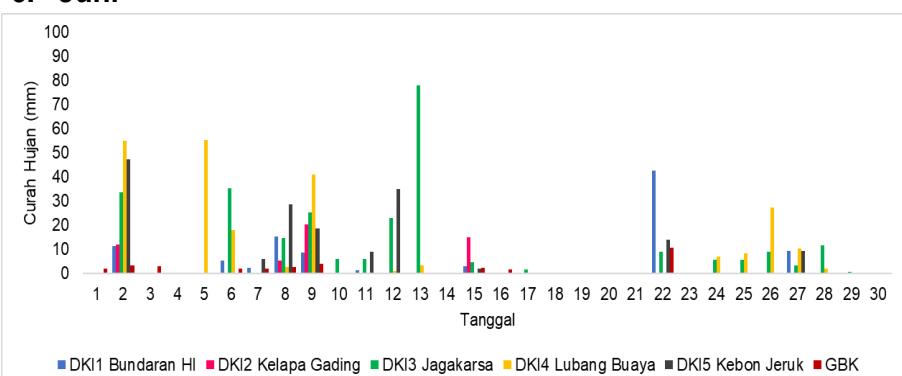


Lanjutan Lampiran 3

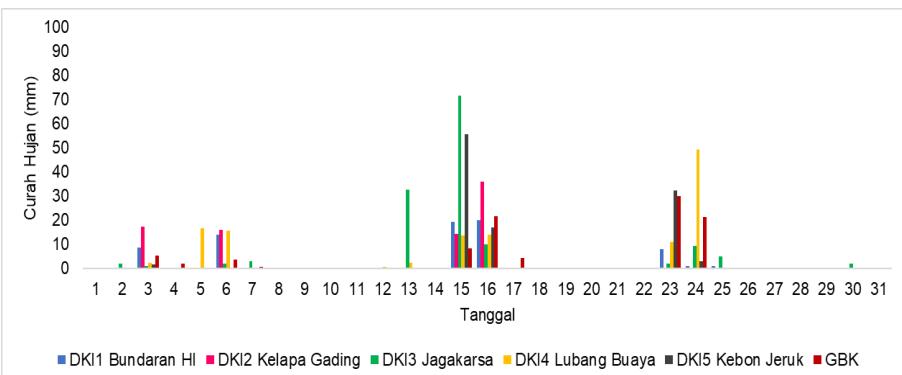
5. April



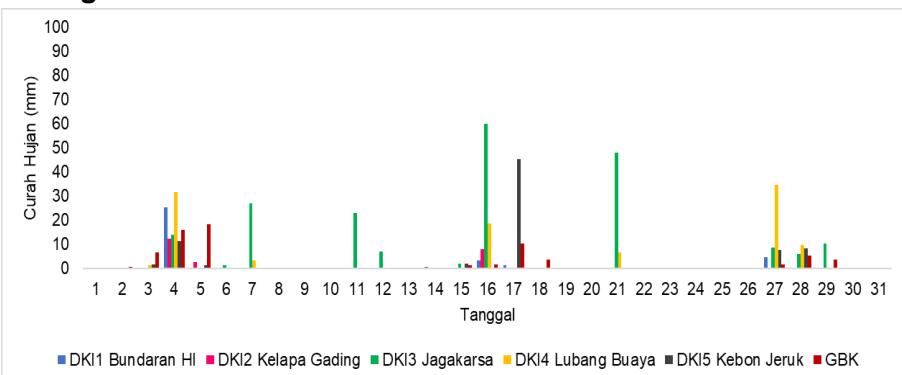
6. Juni



7. Juli

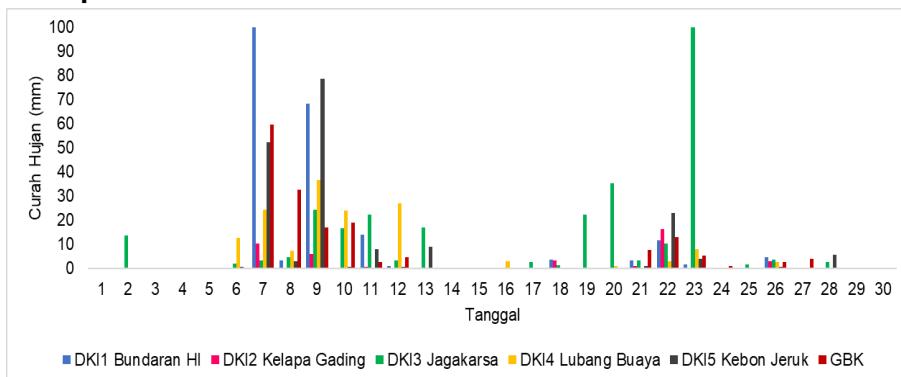


8. Agustus

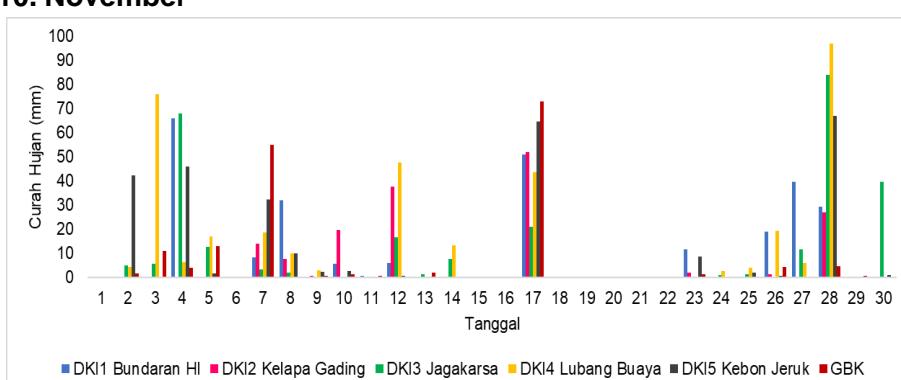


Lanjutan Lampiran 3

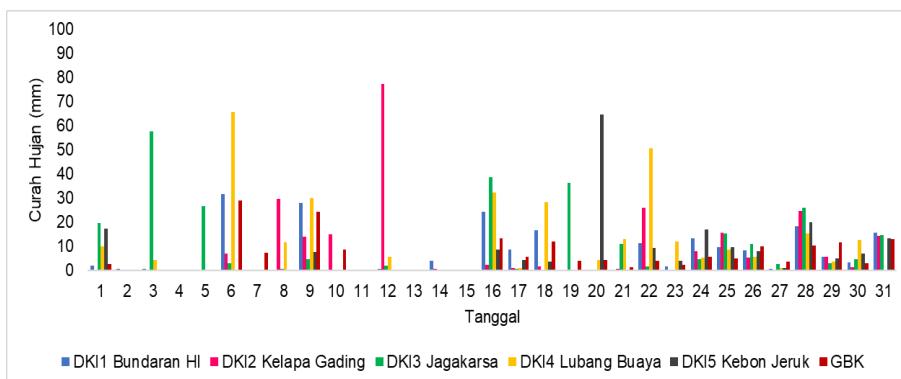
9. September



10. November



11. Desember



Lampiran 4 Korelasi bulanan parameter pencemar dan meteorologi

1. Ozon dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	0.59	0.21	0.74	0.57	0.51
	RH	-0.46	-0.12	-0.70	-0.49	-0.46
	Radiasi	0.56	0.27	0.58	0.52	0.53
Feb	Suhu	0.57	0.49	0.72	0.74	0.49
	RH	-0.35	-0.21	-0.60	-0.63	-0.33
	Radiasi	0.54	0.50	0.60	0.66	0.56
Mar	Suhu	0.57	0.61	0.70	0.71	0.70
	RH	-0.42	-0.49	-0.63	-0.62	-0.63
	Radiasi	0.54	0.54	0.53	0.59	0.60
April	Suhu	0.65	0.74	0.69	0.79	0.77
	RH	-0.53	-0.65	-0.65	-0.74	-0.72
	Radiasi	0.65	0.68	0.56	0.65	0.67
Mei	Suhu	0.64	0.78	0.72	0.77	0.72
	RH	-0.53	-0.72	-0.69	-0.75	-0.69
	Radiasi	0.59	0.68	0.61	0.67	0.65
Juni	Suhu	0.78	0.86	0.84	0.86	0.85
	RH	-0.70	-0.76	-0.83	-0.86	-0.80
	Radiasi	0.71	0.75	0.69	0.69	0.76
Juli	Suhu	0.36	0.80	0.87	0.86	0.79
	RH	-0.57	-0.72	-0.81	-0.85	-0.76
	Radiasi	0.65	0.62	0.68	0.65	0.69
Agu	Suhu	0.58	0.66	0.86	0.86	0.82
	RH	-0.44	-0.50	-0.81	-0.82	-0.76
	Radiasi	0.56	0.54	0.68	0.69	0.72
Sep	Suhu	0.62	0.77	0.82	0.83	0.81
	RH	-0.49	-0.62	-0.69	-0.77	-0.75
	Radiasi	0.60	0.61	0.62	0.69	0.67
Okt	Suhu	0.57	0.70	0.74	0.74	0.74
	RH	-0.38	-0.51	-0.49	-0.65	-0.66
	Radiasi	0.51	0.57	0.51	0.58	0.64
Nov	Suhu	0.55	0.67	0.74	0.73	0.73
	RH	-0.38	-0.50	-0.62	-0.64	-0.66
	Radiasi	0.58	0.63	0.56	0.59	0.60
Des	Suhu	0.54	0.74	0.74	0.77	0.77
	RH	-0.35	-0.58	-0.53	-0.70	-0.68
	Radiasi	0.57	0.68	0.59	0.63	0.67

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 Jeruk
Suhu	Jan	PM ₁₀	0.14	0.12	-0.02	-0.04	-0.03
		PM _{2.5}	0.16	0.08	-0.12	-0.12	-0.07
		SO ₂	0.09	0.03	0.05	0.27	0.05
	Feb	PM ₁₀	-0.07	-0.10	-0.15	-0.21	-0.21
		PM _{2.5}	0.00	-0.05	-0.09	-0.17	-0.20
		SO ₂	0.01	-0.04	0.00	0.17	0.11
	Mar	PM ₁₀	0.22	0.16	0.07	0.03	0.08
		PM _{2.5}	0.20	0.10	-0.01	-0.07	-0.02
		SO ₂	0.27	-0.02	0.25	0.22	0.21
	April	PM ₁₀	0.07	0.10	0.05	-0.04	0.04
		PM _{2.5}	0.07	0.01	-0.06	-0.13	-0.13
		SO ₂	0.23	-0.13	0.38	0.48	0.13
	Mei	PM ₁₀	-0.05	0.02	-0.02	-0.09	-0.05
		PM _{2.5}	0.00	-0.05	-0.10	-0.17	-0.17
		SO ₂	0.19	-0.04	0.10	0.39	0.24
	Juni	PM ₁₀	0.03	0.09	-0.08	0.07	-0.08
		PM _{2.5}	-0.08	-0.16	-0.01	-0.10	-0.32
		SO ₂	0.34	-0.12	0.39	0.61	0.37
	Juli	PM ₁₀	0.01	0.21	0.04	0.09	0.12
		PM _{2.5}	-0.05	-0.05	0.04	-0.10	-0.14
		SO ₂	0.14	-0.23	0.23	0.46	0.08
	Agu	PM ₁₀	0.25	0.29	-0.04	0.28	0.04
		PM _{2.5}	0.13	-0.01	0.18	0.10	-0.15
		SO ₂	0.20	-0.19	0.22	0.39	0.19
	Sep	PM ₁₀	0.23	0.27	-0.12	0.23	0.01
		PM _{2.5}	0.19	0.02	0.16	0.08	-0.09
		SO ₂	0.39	-0.13	0.43	0.54	0.31
	Okt	PM ₁₀	0.16	0.00	-0.04	-0.15	-0.05
		PM _{2.5}	0.24	0.06	0.11	0.03	-0.03
		SO ₂	0.27	-0.02	0.24	0.42	0.18
	Nov	PM ₁₀	0.12	0.01	-0.07	-0.13	-0.01
		PM _{2.5}	0.20	0.09	-0.05	-0.05	-0.04
		SO ₂	0.25	0.09	0.28	0.35	0.08
	Des	PM ₁₀	0.18	0.14	0.01	-0.01	0.07
		PM _{2.5}	0.24	0.16	-0.01	-0.05	-0.17
		SO ₂	-0.03	-0.18	0.18	0.26	0.09

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 Jeruk
Kelembapan Relatif	Jan	PM ₁₀	-0.12	-0.06	0.08	0.07	-0.01
		PM _{2.5}	-0.16	0.00	0.18	0.17	0.02
		SO ₂	-0.16	0.06	-0.05	-0.25	-0.04
	Feb	PM ₁₀	0.14	0.23	0.19	0.24	0.23
		PM _{2.5}	0.07	0.15	0.15	0.20	0.26
		SO ₂	-0.02	0.16	0.06	-0.12	-0.11
	Mar	PM ₁₀	-0.07	-0.11	-0.03	0.12	0.01
		PM _{2.5}	-0.06	-0.02	0.08	0.21	0.12
		SO ₂	-0.19	0.10	-0.24	-0.11	-0.16
	April	PM ₁₀	0.02	-0.07	0.00	0.06	0.01
		PM _{2.5}	0.02	0.02	0.16	0.23	0.17
		SO ₂	-0.28	0.11	-0.34	-0.38	-0.14
	Mei	PM ₁₀	0.06	0.01	0.17	0.11	0.06
		PM _{2.5}	0.01	0.09	0.23	0.25	0.20
		SO ₂	-0.23	0.04	-0.16	-0.38	-0.25
	Juni	PM ₁₀	-0.04	-0.06	0.17	-0.03	0.07
		PM _{2.5}	0.08	0.17	0.10	0.15	0.32
		SO ₂	-0.34	0.07	-0.44	-0.62	-0.39
	Juli	PM ₁₀	0.05	-0.27	0.09	-0.06	-0.08
		PM _{2.5}	0.25	-0.01	0.12	0.12	0.16
		SO ₂	-0.17	0.17	-0.12	-0.46	-0.10
	Agu	PM ₁₀	-0.22	-0.33	0.14	-0.24	-0.03
		PM _{2.5}	-0.11	-0.04	-0.04	-0.05	0.16
		SO ₂	-0.27	0.12	-0.19	-0.41	-0.21
	Sep	PM ₁₀	-0.19	-0.25	0.19	-0.20	-0.01
		PM _{2.5}	-0.13	-0.01	0.03	-0.01	0.12
		SO ₂	-0.41	0.07	-0.34	-0.52	-0.30
	Okt	PM ₁₀	-0.04	0.06	0.07	0.20	0.13
		PM _{2.5}	-0.11	0.04	0.01	0.08	0.10
		SO ₂	-0.24	0.06	-0.14	-0.31	-0.16
	Nov	PM ₁₀	0.04	0.08	0.02	0.24	0.11
		PM _{2.5}	-0.07	0.02	0.10	0.15	0.10
		SO ₂	-0.25	-0.05	-0.12	-0.31	0.01
	Des	PM ₁₀	0.02	-0.02	0.09	0.12	0.08
		PM _{2.5}	-0.04	-0.02	0.13	0.15	0.34
		SO ₂	0.09	0.27	0.05	-0.21	-0.03

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 Jeruk
Radiasi Matahari	Jan	PM ₁₀	0.06	0.06	0.05	0.02	-0.01
		PM _{2.5}	0.06	-0.01	-0.17	-0.12	-0.14
		SO ₂	0.17	0.09	0.03	0.28	0.08
	Feb	PM ₁₀	-0.03	0.05	-0.11	-0.09	-0.10
		PM _{2.5}	-0.07	-0.08	-0.17	-0.16	-0.25
		SO ₂	0.08	-0.03	-0.05	0.15	0.09
	Mar	PM ₁₀	0.09	0.11	0.04	0.04	0.11
		PM _{2.5}	0.09	0.08	-0.09	-0.09	-0.04
		SO ₂	0.21	0.04	0.12	0.12	0.18
	April	PM ₁₀	0.09	0.15	0.08	0.04	0.11
		PM _{2.5}	0.03	0.02	-0.11	-0.11	-0.13
		SO ₂	0.16	-0.07	0.37	0.31	0.05
	Mei	PM ₁₀	0.03	0.10	0.05	0.09	0.09
		PM _{2.5}	-0.03	-0.04	-0.10	-0.07	-0.09
		SO ₂	0.10	0.00	0.17	0.34	0.10
	Juni	PM ₁₀	0.14	0.21	-0.13	0.00	0.12
		PM _{2.5}	-0.03	-0.07	-0.05	-0.06	-0.17
		SO ₂	0.33	-0.05	0.34	0.54	0.29
	Juli	PM ₁₀	0.13	0.25	0.00	0.22	0.25
		PM _{2.5}	-0.06	-0.02	0.02	-0.03	-0.02
		SO ₂	0.30	-0.08	0.22	0.37	0.04
	Agu	PM ₁₀	0.15	0.31	-0.07	0.26	0.12
		PM _{2.5}	0.12	0.08	0.11	0.13	-0.03
		SO ₂	0.19	-0.09	0.17	0.41	0.21
	Sep	PM ₁₀	0.14	0.30	-0.18	0.23	0.12
		PM _{2.5}	0.14	0.09	0.08	0.11	-0.03
		SO ₂	0.31	-0.04	0.35	0.38	0.29
	Okt	PM ₁₀	0.04	0.06	-0.13	-0.14	0.01
		PM _{2.5}	0.11	0.05	0.00	0.00	-0.05
		SO ₂	0.17	0.02	0.19	0.28	0.12
	Nov	PM ₁₀	0.08	0.06	-0.10	-0.04	0.03
		PM _{2.5}	0.14	0.09	-0.08	-0.03	-0.07
		SO ₂	0.22	0.09	0.23	0.26	0.09
	Des	PM ₁₀	0.10	0.06	-0.01	0.04	0.07
		PM _{2.5}	0.12	0.07	-0.09	-0.05	-0.13
		SO ₂	0.01	-0.05	0.11	0.23	0.10

Lanjutan Lampiran 4

3. CO dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	-0.07	-0.33	-0.41	-0.43	-0.29
	RH	0.10	0.42	0.50	0.49	0.31
	Radiasi	-0.15	-0.34	-0.42	-0.37	-0.33
Feb	Suhu	-0.18	-0.30	-0.37	-0.42	-0.33
	RH	0.24	0.22	0.42	0.44	0.42
	Radiasi	-0.23	-0.28	-0.36	-0.36	-0.36
Mar	Suhu	-0.15	-0.34	-0.44	-0.49	-0.30
	RH	0.23	0.31	0.50	0.51	0.38
	Radiasi	-0.18	-0.24	-0.39	-0.36	-0.27
April	Suhu	-0.24	-0.46	-0.48	-0.48	-0.41
	RH	0.30	0.43	0.57	0.55	0.46
	Radiasi	-0.24	-0.30	-0.43	-0.39	-0.39
Mei	Suhu	-0.31	-0.47	-0.52	-0.57	-0.45
	RH	0.29	0.41	0.55	0.58	0.46
	Radiasi	-0.27	-0.33	-0.40	-0.38	-0.33
Juni	Suhu	-0.39	-0.55	-0.49	-0.57	-0.54
	RH	0.36	0.51	0.54	0.60	0.55
	Radiasi	-0.34	-0.36	-0.41	-0.41	-0.40
Juli	Suhu	-0.20	-0.40	-0.44	-0.49	-0.47
	RH	0.41	0.33	0.53	0.53	0.50
	Radiasi	-0.35	-0.22	-0.35	-0.33	-0.31
Agu	Suhu	-0.26	-0.49	-0.48	-0.55	-0.51
	RH	0.24	0.38	0.53	0.58	0.51
	Radiasi	-0.26	-0.33	-0.42	-0.35	-0.35
Sep	Suhu	-0.32	-0.58	-0.40	-0.57	-0.45
	RH	0.32	0.54	0.38	0.58	0.46
	Radiasi	-0.26	-0.36	-0.34	-0.41	-0.32
Okt	Suhu	-0.23	-0.44	-0.41	-0.47	-0.36
	RH	0.29	0.44	0.35	0.51	0.42
	Radiasi	-0.22	-0.30	-0.35	-0.34	-0.35
Nov	Suhu	-0.23	-0.41	-0.40	-0.51	-0.29
	RH	0.31	0.40	0.45	0.55	0.37
	Radiasi	-0.16	-0.28	-0.33	-0.34	-0.24
Des	Suhu	-0.12	-0.22	-0.35	-0.48	-0.25
	RH	0.25	0.30	0.49	0.52	0.37
	Radiasi	-0.16	-0.22	-0.33	-0.38	-0.30

Lanjutan Lampiran 4

4. NO₂ dengan Suhu, RH, Radiasi

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	Suhu	0.15	-0.04	-0.27	-0.27	-0.49
	RH	-0.06	0.18	0.32	0.30	0.48
	Radiasi	0.01	0.01	-0.43	-0.34	-0.41
Feb	Suhu	0.08	-0.09	-0.13	-0.23	-0.35
	RH	0.08	0.15	0.21	0.31	0.43
	Radiasi	-0.08	-0.09	-0.24	-0.32	-0.31
Mar	Suhu	0.34	-0.07	-0.15	-0.10	-0.26
	RH	-0.19	0.12	0.24	0.23	0.35
	Radiasi	0.12	-0.05	-0.26	-0.19	-0.18
April	Suhu	0.15	-0.39	-0.34	-0.27	-0.46
	RH	-0.02	0.38	0.36	0.35	0.48
	Radiasi	0.07	-0.36	-0.39	-0.31	-0.36
Mei	Suhu	-0.04	-0.43	-0.36	-0.25	-0.41
	RH	0.05	0.39	0.44	0.30	0.41
	Radiasi	-0.06	-0.33	-0.37	-0.22	-0.28
Juni	Suhu	0.07	-0.52	-0.29	-0.15	-0.55
	RH	-0.09	0.44	0.36	0.20	0.55
	Radiasi	0.00	-0.42	-0.36	-0.20	-0.35
Juli	Suhu	0.01	-0.63	-0.36	-0.29	-0.50
	RH	0.05	0.53	0.47	0.30	0.52
	Radiasi	-0.05	-0.42	-0.46	-0.25	-0.34
Agu	Suhu	0.03	-0.66	-0.43	-0.49	-0.56
	RH	0.01	0.53	0.47	0.48	0.54
	Radiasi	-0.04	-0.46	-0.46	-0.35	-0.44
Sep	Suhu	0.04	-0.65	-0.41	-0.46	-0.55
	RH	0.02	0.58	0.40	0.50	0.55
	Radiasi	0.00	-0.46	-0.44	-0.42	-0.38
Okt	Suhu	0.15	-0.38	-0.26	-0.19	-0.44
	RH	0.03	0.41	0.22	0.24	0.51
	Radiasi	0.04	-0.33	-0.26	-0.23	-0.39
Nov	Suhu	0.20	-0.30	-0.27	-0.34	-0.30
	RH	-0.05	0.33	0.33	0.41	0.41
	Radiasi	0.08	-0.26	-0.29	-0.28	-0.21
Des	Suhu	0.26	-0.10	-0.22	-0.11	0.02
	RH	-0.05	0.20	0.47	0.22	0.09
	Radiasi	0.10	-0.20	-0.29	-0.22	-0.14

Lanjutan Lampiran 4

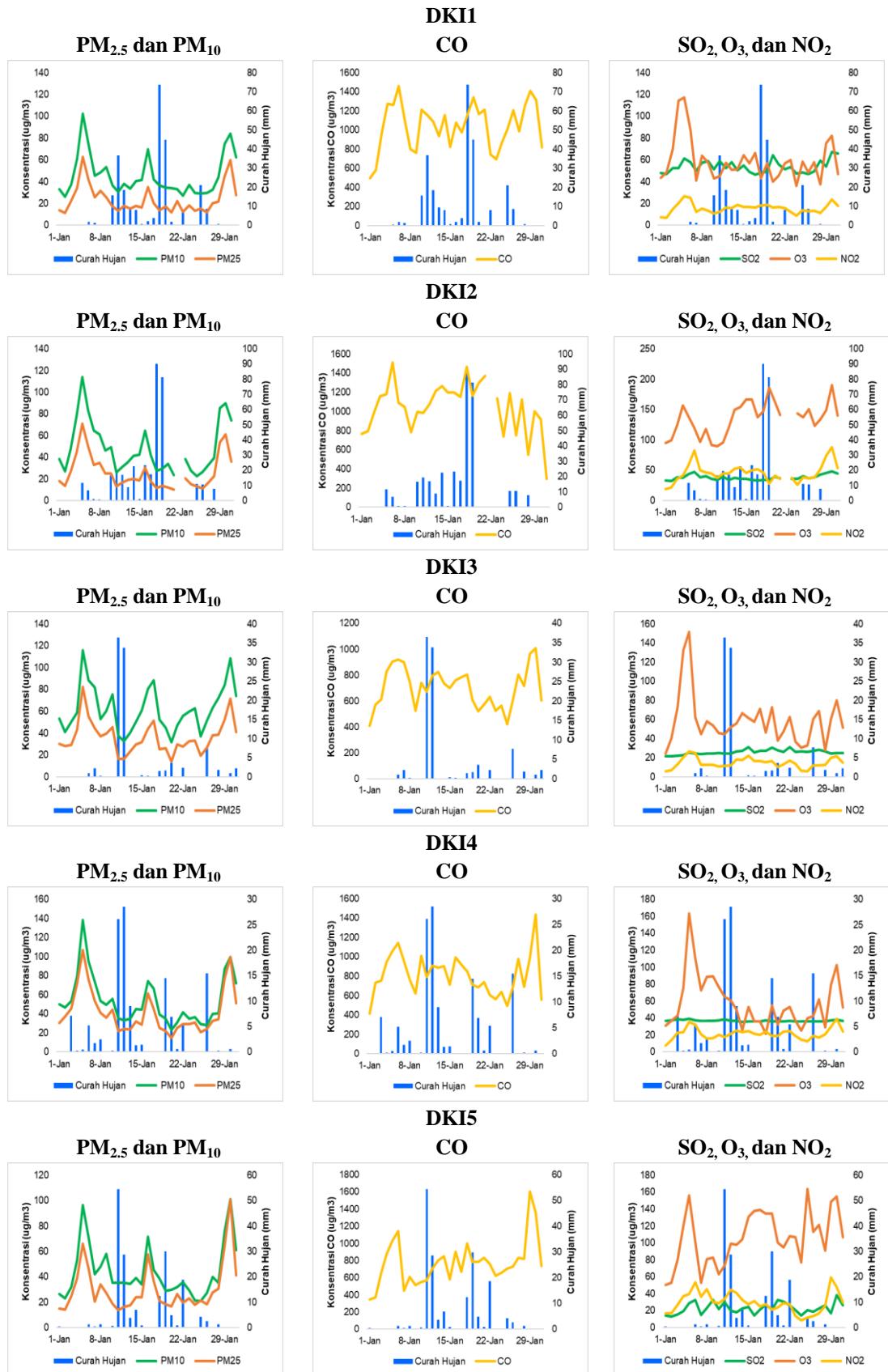
5. Kecepatan angin dengan partikulat, SO₂, CO, O₃, NO₂

Bulan	Parameter	DKI1 Bundaran HI	DKI2 Kelapa Gading	DKI3 Jagakarsa	DKI4 Lubang Buaya	DKI5 Kebon Jeruk
Jan	PM ₁₀	-0.29	-0.17	-0.15	-0.09	-0.30
	PM _{2.5}	-0.21	-0.24	-0.27	-0.20	-0.39
	SO ₂	0.14	-0.14	0.12	0.19	-0.04
	CO	-0.17	-0.48	-0.45	-0.45	-0.53
	O ₃	-0.25	0.28	0.44	0.50	0.40
	NO ₂	-0.29	-0.20	-0.36	-0.28	-0.64
Feb	PM ₁₀	-0.37	-0.23	-0.22	-0.17	-0.42
	PM _{2.5}	-0.34	-0.29	-0.30	-0.20	-0.50
	SO ₂	0.14	-0.14	-0.13	0.05	0.09
	CO	-0.28	-0.40	-0.45	-0.45	-0.58
	O ₃	-0.19	0.20	0.39	0.55	0.24
	NO ₂	-0.41	-0.27	-0.30	-0.25	-0.59
Mar	PM ₁₀	-0.46	-0.22	-0.16	-0.13	-0.34
	PM _{2.5}	-0.45	-0.25	-0.26	-0.15	-0.45
	SO ₂	-0.17	-0.15	0.08	0.14	-0.05
	CO	-0.29	-0.39	-0.49	-0.49	-0.53
	O ₃	-0.26	0.22	0.27	0.52	0.17
	NO ₂	-0.46	-0.25	-0.31	-0.15	-0.56
April	PM ₁₀	-0.27	-0.07	-0.09	-0.03	-0.24
	PM _{2.5}	-0.32	-0.15	-0.17	-0.11	-0.36
	SO ₂	0.05	-0.14	-0.03	0.33	0.00
	CO	-0.24	-0.32	-0.33	-0.43	-0.54
	O ₃	-0.16	0.41	0.26	0.61	0.39
	NO ₂	-0.41	-0.26	-0.15	-0.16	-0.56
Mei	PM ₁₀	-0.18	-0.07	-0.06	-0.03	-0.18
	PM _{2.5}	-0.17	-0.18	-0.17	-0.20	-0.37
	SO ₂	-0.02	-0.11	0.05	0.29	0.10
	CO	-0.10	-0.39	-0.29	-0.53	-0.55
	O ₃	-0.01	0.51	0.27	0.62	0.45
	NO ₂	-0.24	-0.33	-0.23	-0.22	-0.50
Juni	PM ₁₀	0.01	0.00	-0.14	0.01	-0.12
	PM _{2.5}	-0.02	-0.23	-0.20	-0.18	-0.36
	SO ₂	0.09	-0.13	0.07	0.45	0.24
	CO	0.00	-0.37	-0.27	-0.52	-0.55
	O ₃	0.10	0.53	0.17	0.67	0.57
	NO ₂	-0.08	-0.42	-0.15	-0.16	-0.55
Juli	PM ₁₀	0.09	-0.01	-0.23	-0.06	-0.13
	PM _{2.5}	0.03	-0.24	-0.24	-0.12	-0.33
	SO ₂	0.19	-0.22	-0.24	0.44	0.00

	CO	-0.02	-0.31	-0.24	-0.43	-0.52
	O ₃	0.23	0.52	0.09	0.59	0.51
	NO ₂	0.15	-0.51	-0.26	-0.18	-0.51
Agu	PM ₁₀	-0.05	0.07	-0.04	0.14	-0.11
	PM _{2.5}	-0.06	-0.18	-0.20	-0.05	-0.30
	SO ₂	0.00	-0.22	-0.05	0.24	0.04
	CO	0.07	-0.41	-0.26	-0.46	-0.58
	O ₃	0.01	0.40	0.06	0.64	0.54
	NO ₂	-0.13	-0.51	-0.23	-0.33	-0.59
Sep	PM ₁₀	-0.15	0.08	-0.08	0.14	-0.16
	PM _{2.5}	-0.16	-0.15	-0.11	-0.02	-0.27
	SO ₂	-0.19	-0.21	0.09	0.35	0.04
	CO	0.08	-0.48	-0.24	-0.49	-0.52
	O ₃	-0.16	0.49	0.12	0.66	0.47
	NO ₂	-0.18	-0.51	-0.15	-0.36	-0.57
Okt	PM ₁₀	-0.37	-0.11	-0.09	-0.09	-0.35
	PM _{2.5}	-0.31	-0.13	-0.09	-0.02	-0.28
	SO ₂	-0.03	-0.06	-0.04	0.27	0.09
	CO	-0.13	-0.47	-0.39	-0.42	-0.53
	O ₃	-0.30	0.47	0.21	0.64	0.36
	NO ₂	-0.42	-0.41	-0.26	-0.13	-0.59
Nov	PM ₁₀	-0.47	-0.05	-0.18	-0.09	-0.34
	PM _{2.5}	-0.37	-0.02	-0.21	-0.03	-0.33
	SO ₂	0.12	0.07	0.02	0.25	-0.16
	CO	-0.30	-0.38	-0.38	-0.43	-0.51
	O ₃	-0.30	0.40	0.28	0.56	0.19
	NO ₂	-0.51	-0.27	-0.25	-0.19	-0.52
Des	PM ₁₀	-0.56	-0.13	-0.13	-0.11	-0.40
	PM _{2.5}	-0.54	-0.18	-0.17	-0.15	-0.53
	SO ₂	0.15	0.07	0.11	0.25	0.01
	CO	-0.32	-0.23	-0.31	-0.49	-0.58
	O ₃	-0.16	0.28	0.28	0.63	0.37
	NO ₂	-0.46	-0.37	-0.16	-0.13	-0.44

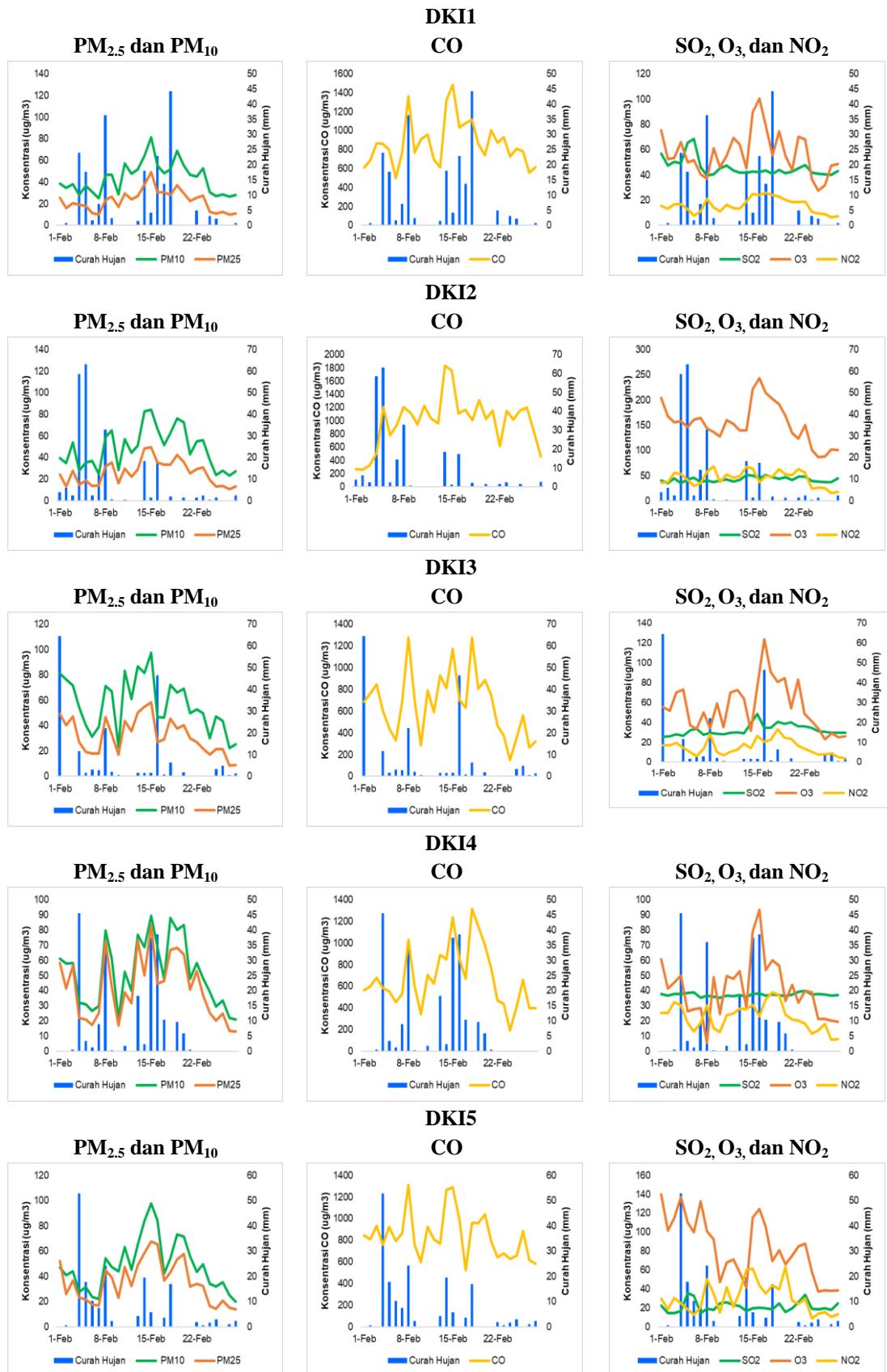
Lampiran 5 Grafik Konsentrasi Pencemar dengan Curah Hujan Harian

1. Bulan Januari



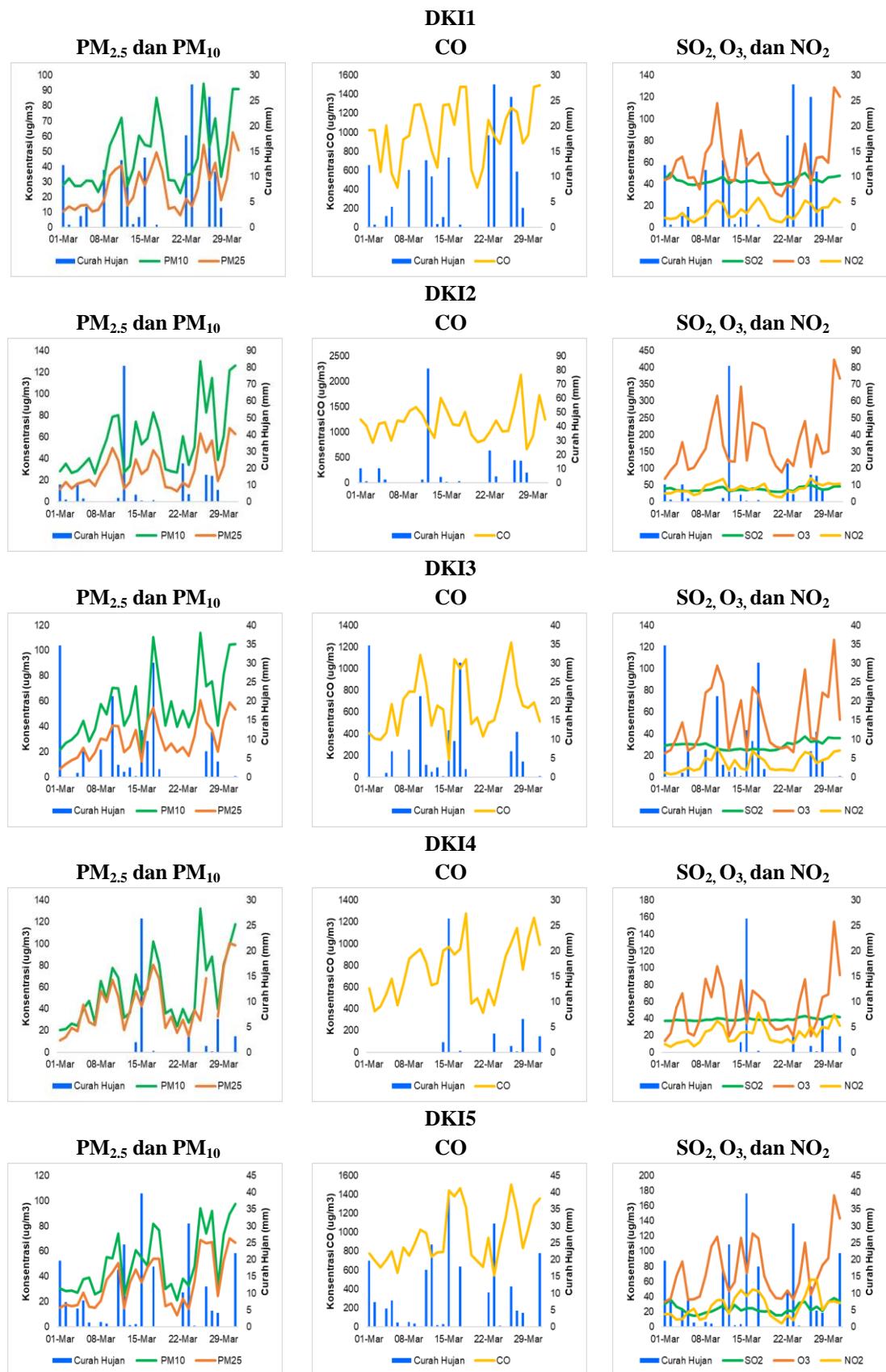
Lanjutan Lampiran 5

2. Bulan Februari



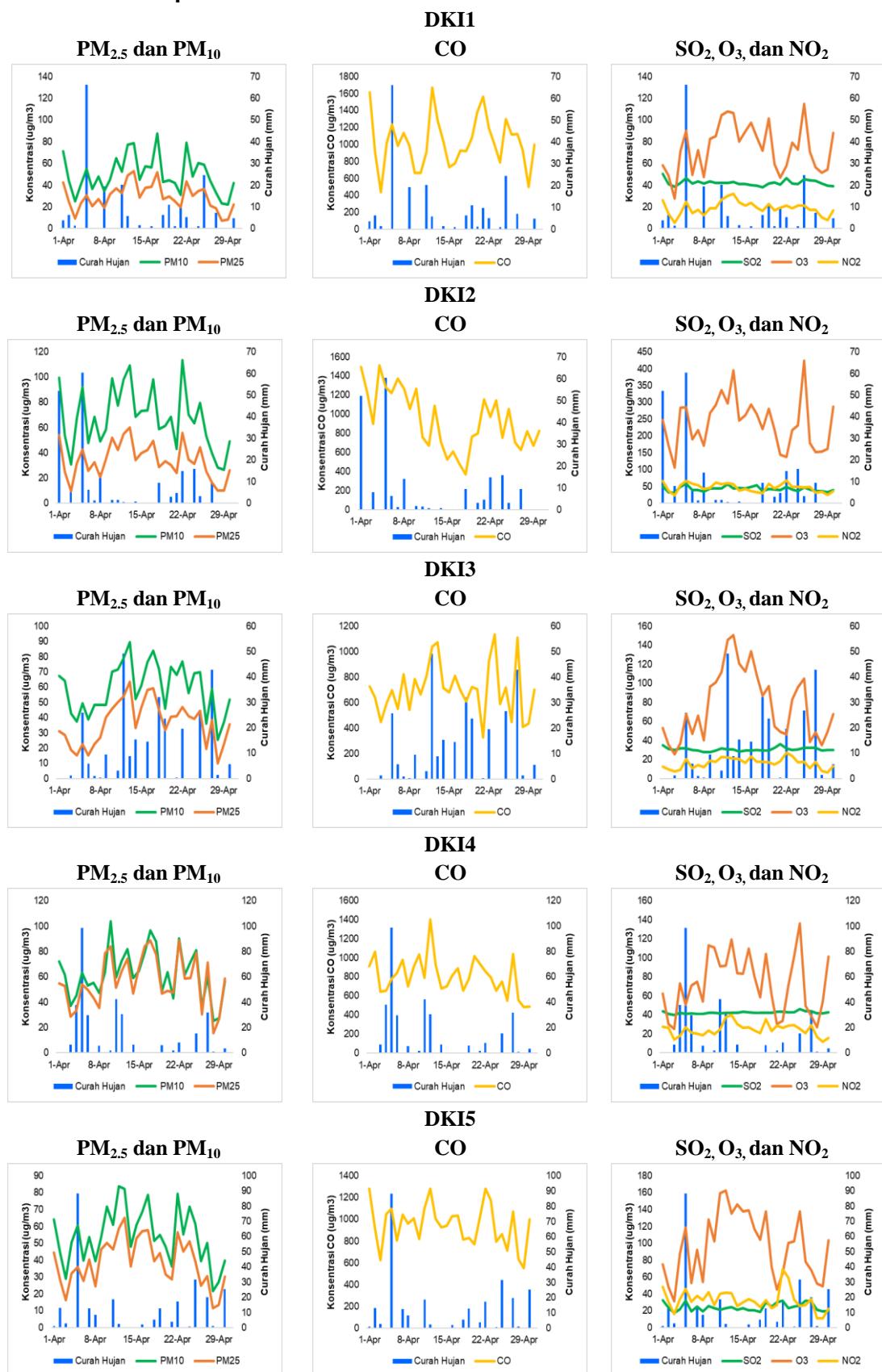
Lanjutan Lampiran 5

3. Bulan Maret



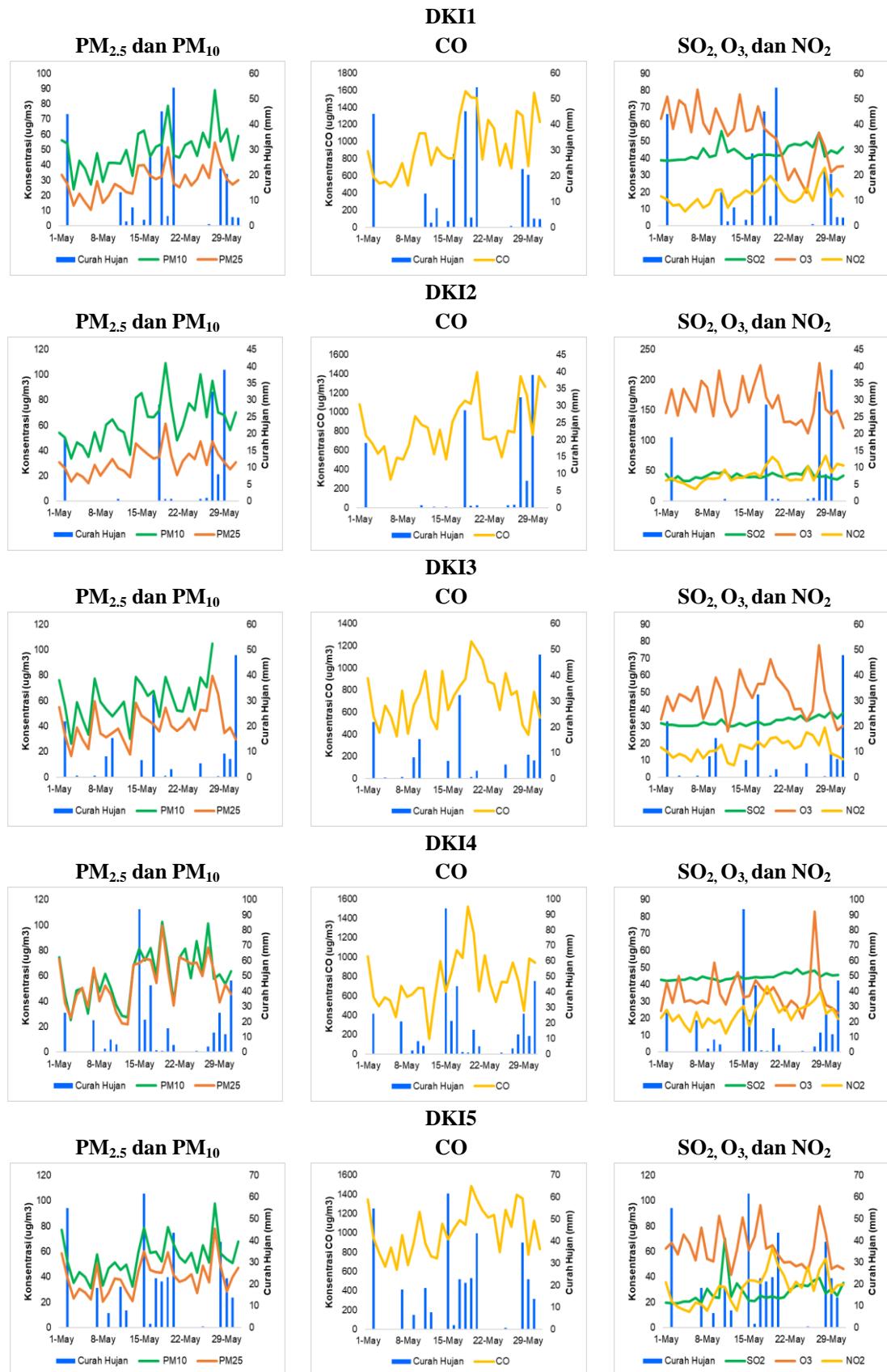
Lanjutan Lampiran 5

4. Bulan April



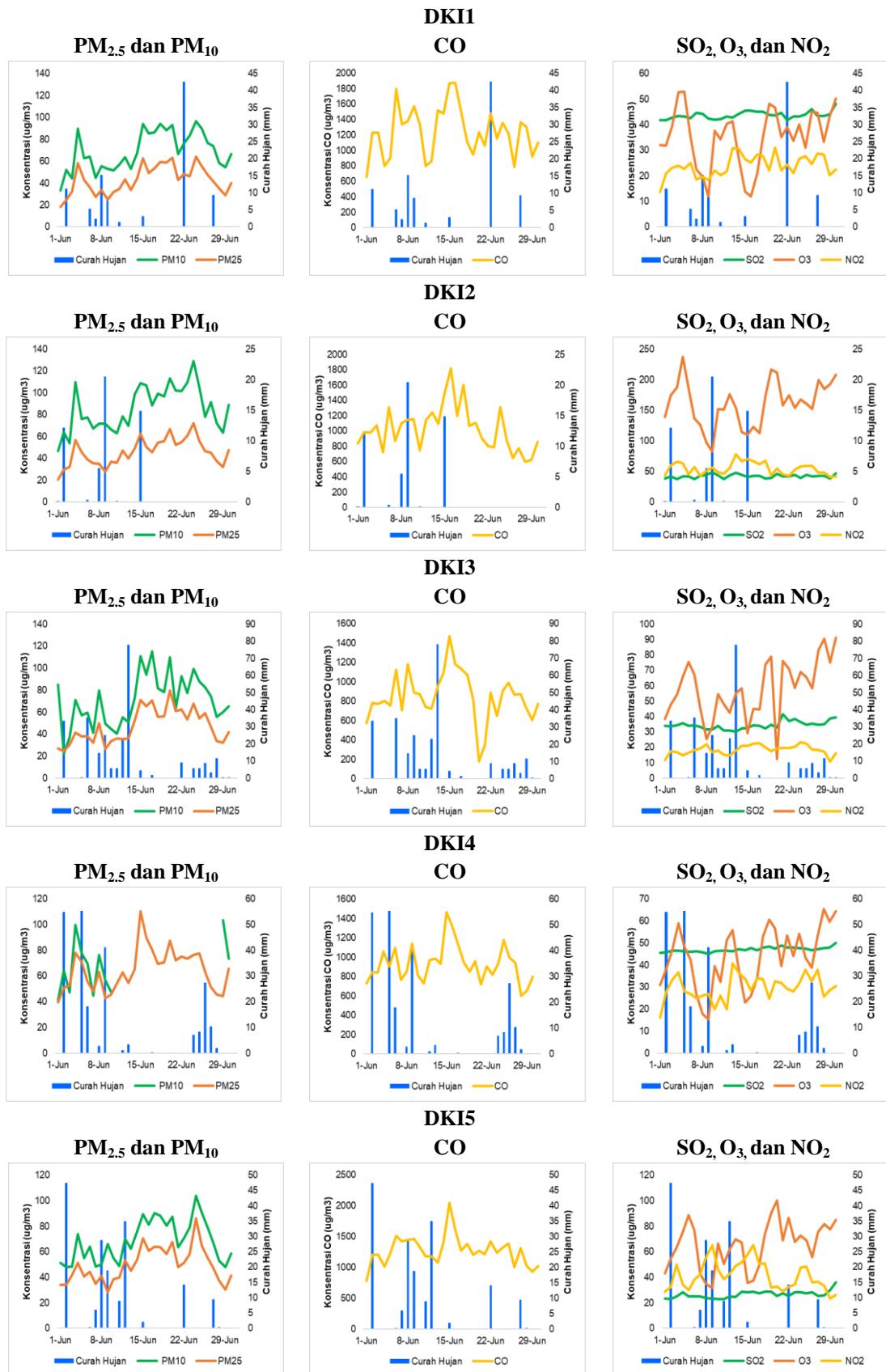
Lanjutan Lampiran 5

5. Bulan Mei



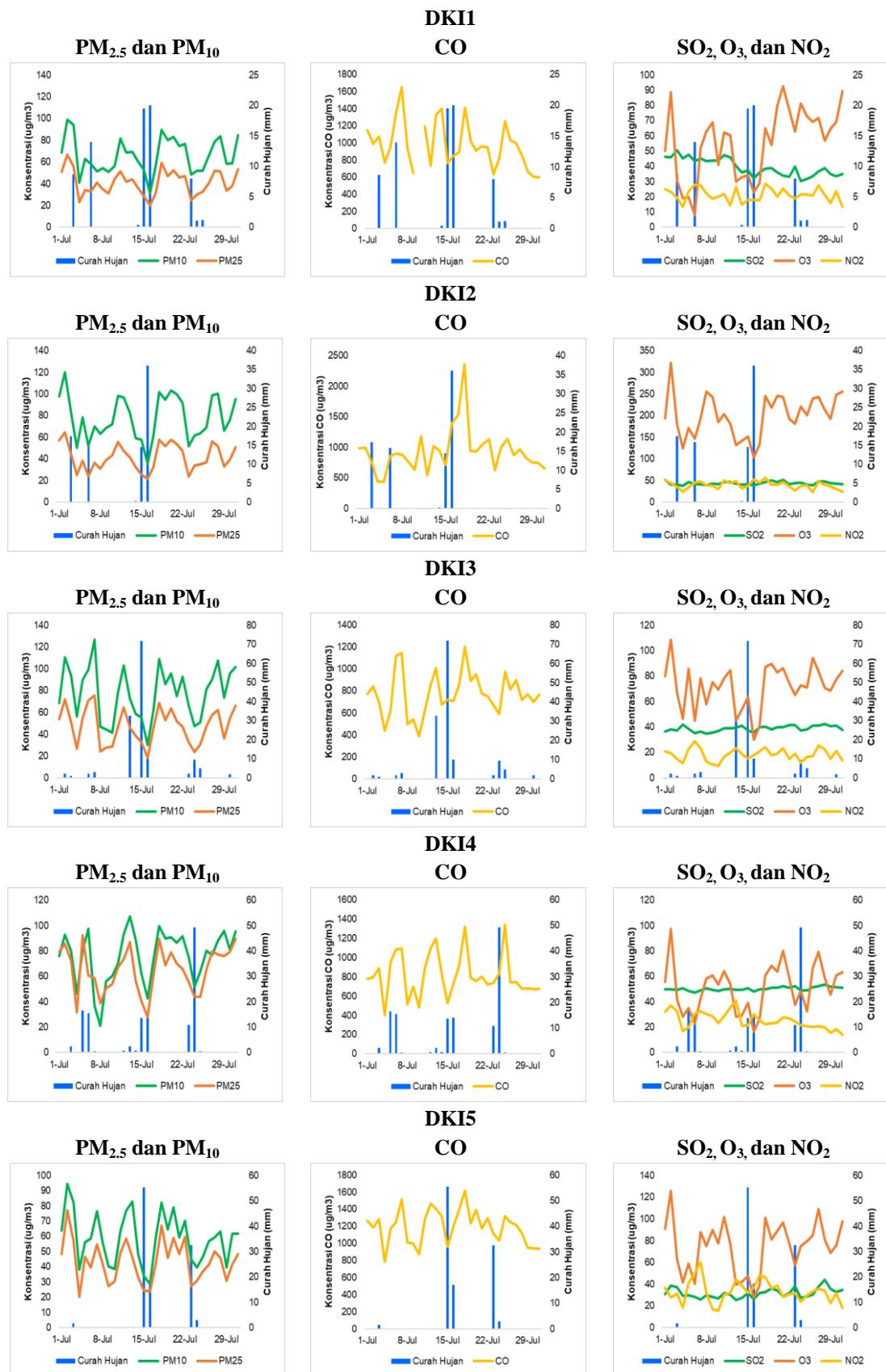
Lanjutan Lampiran 5

6. Bulan Juni



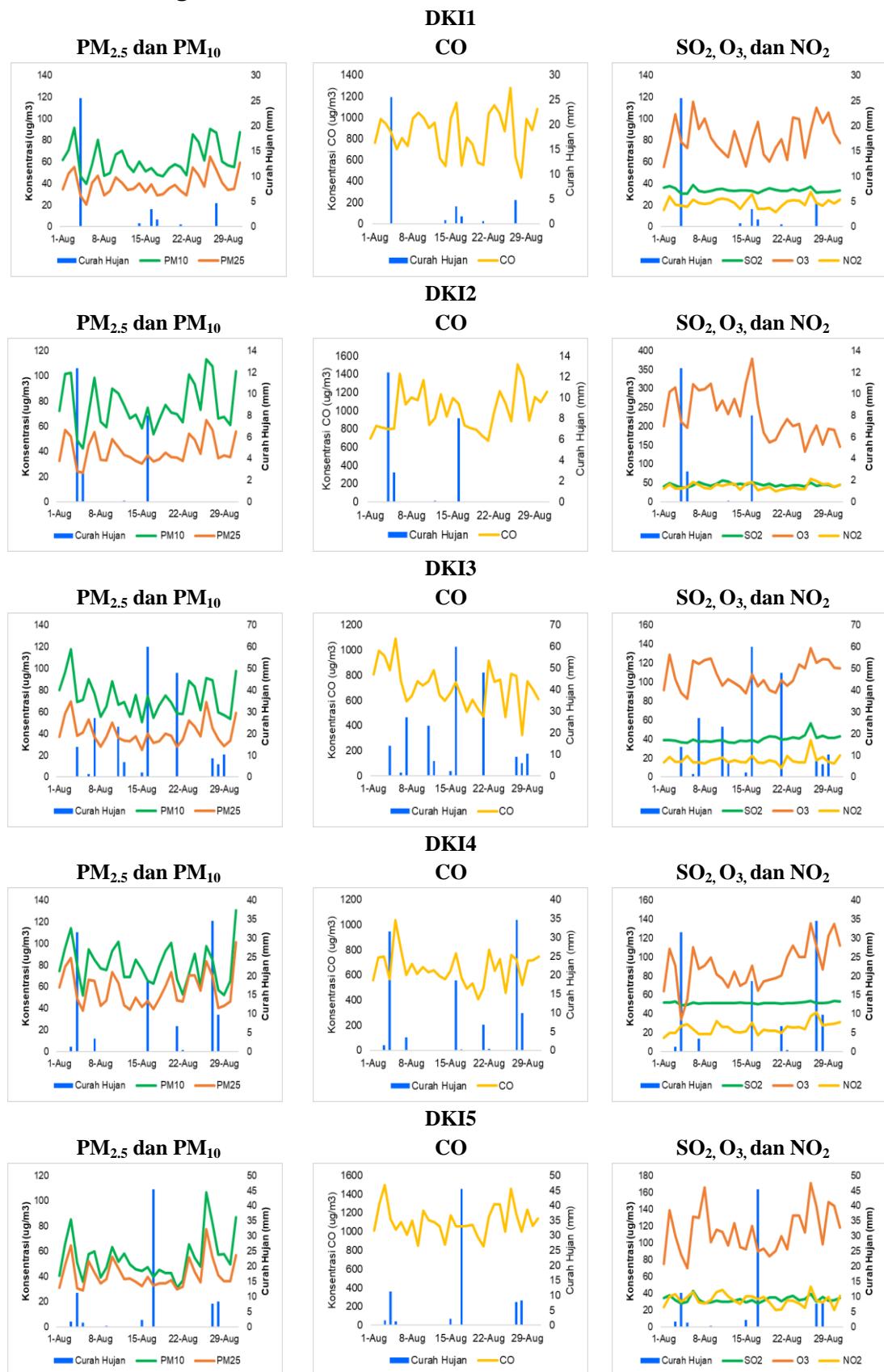
Lanjutan Lampiran 5

7. Bulan Juli

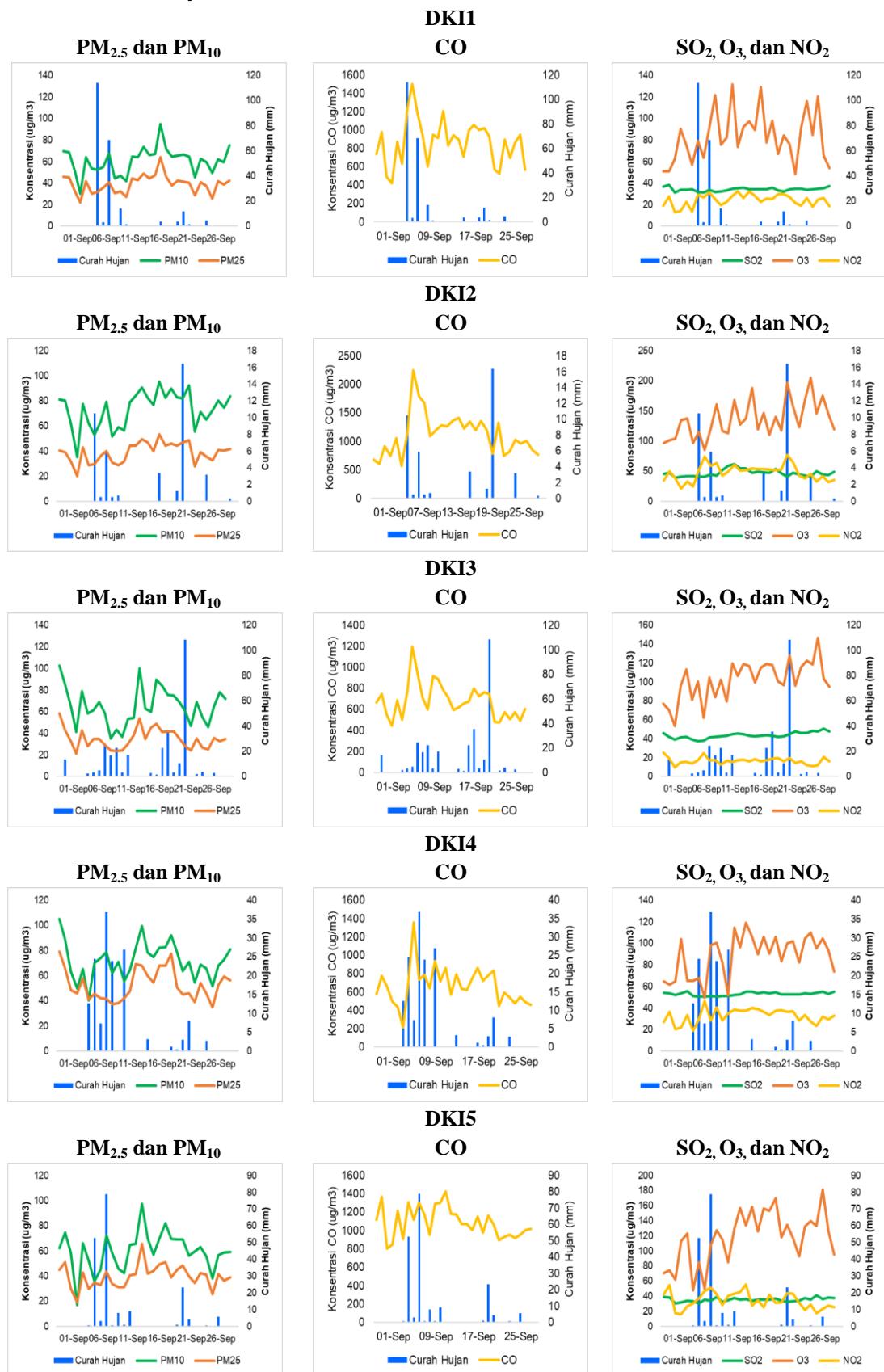


Lanjutan Lampiran 5

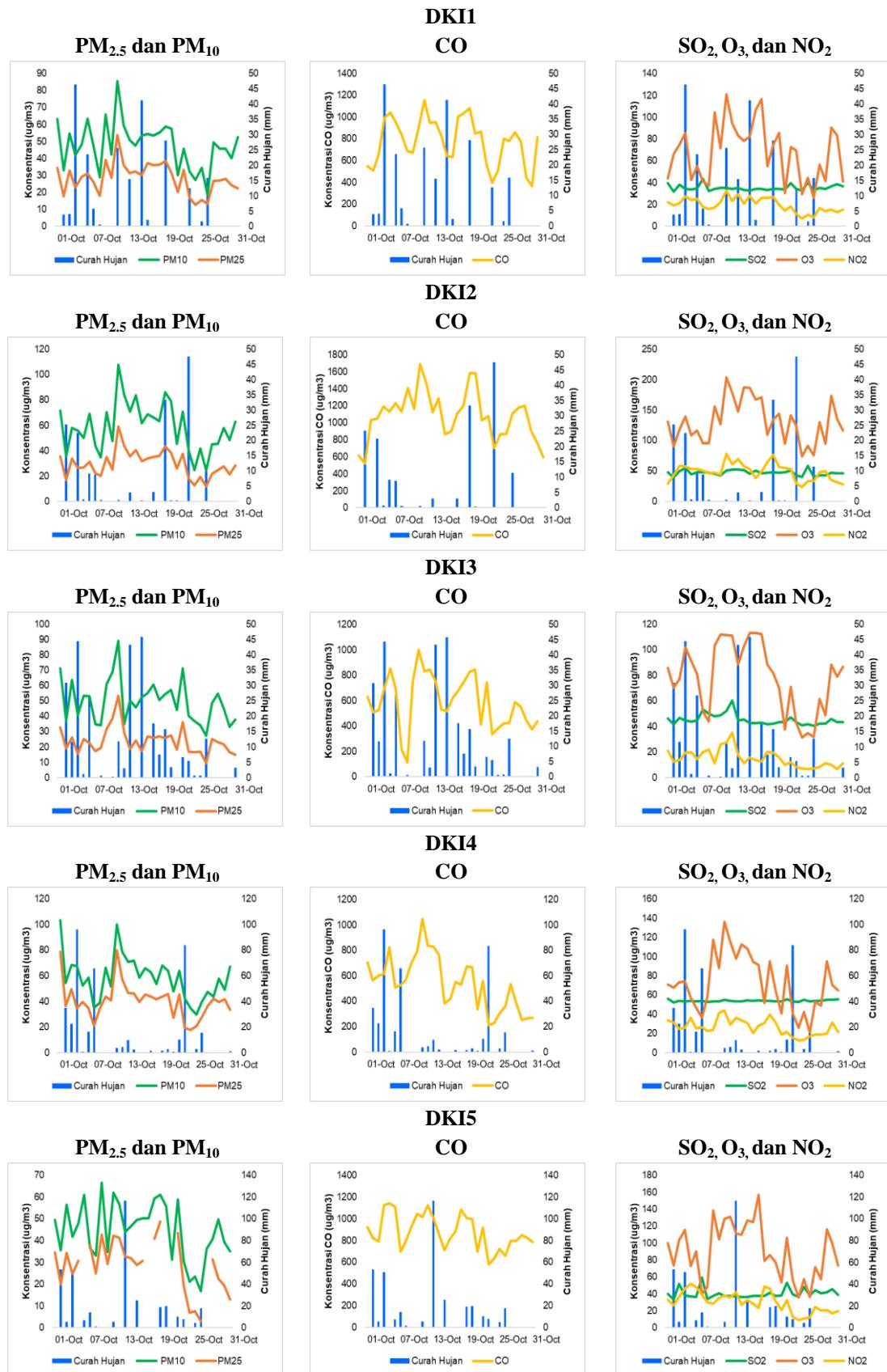
8. Bulan Agustus



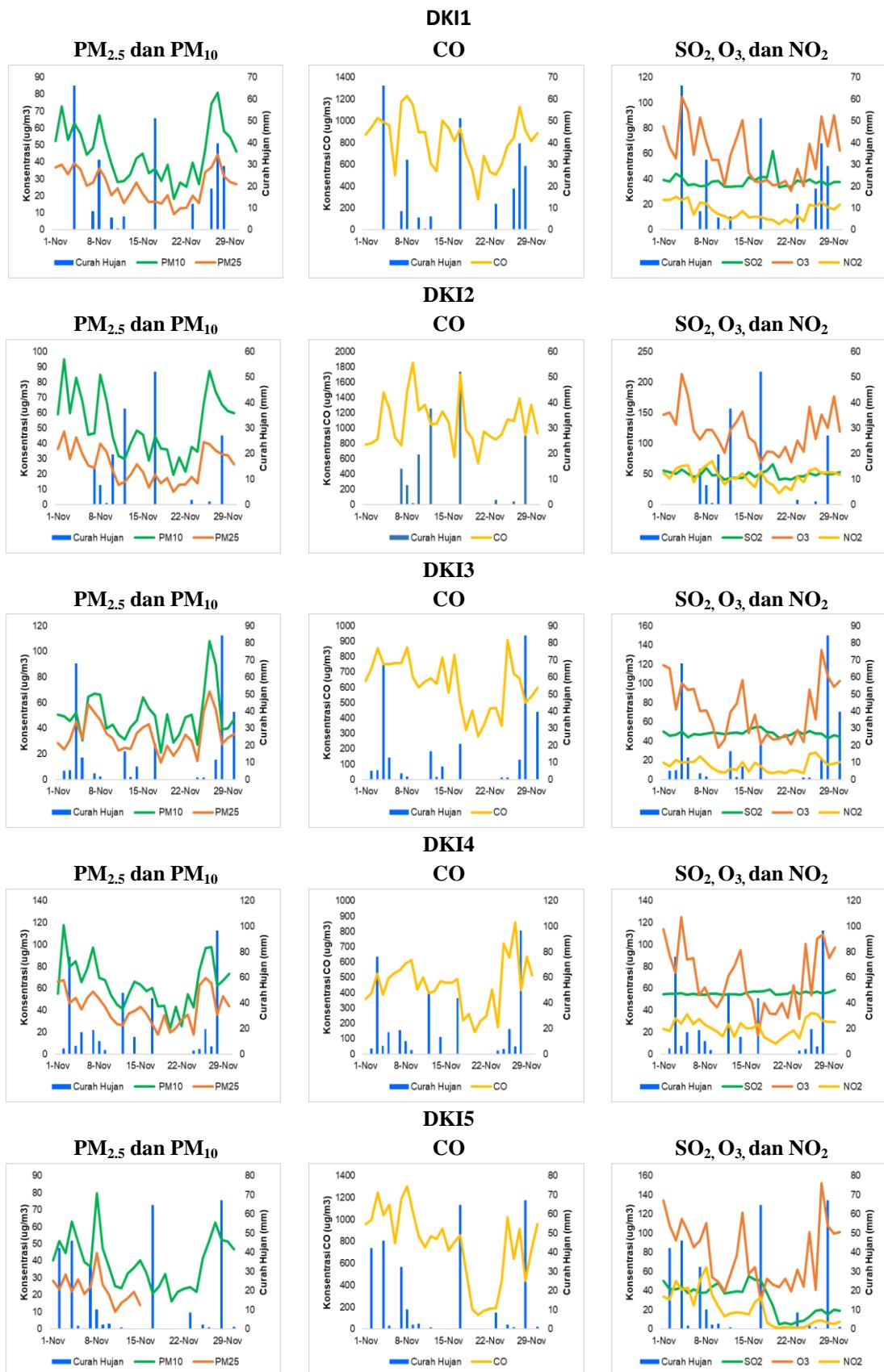
Lanjutan Lampiran 5
9. Bulan September



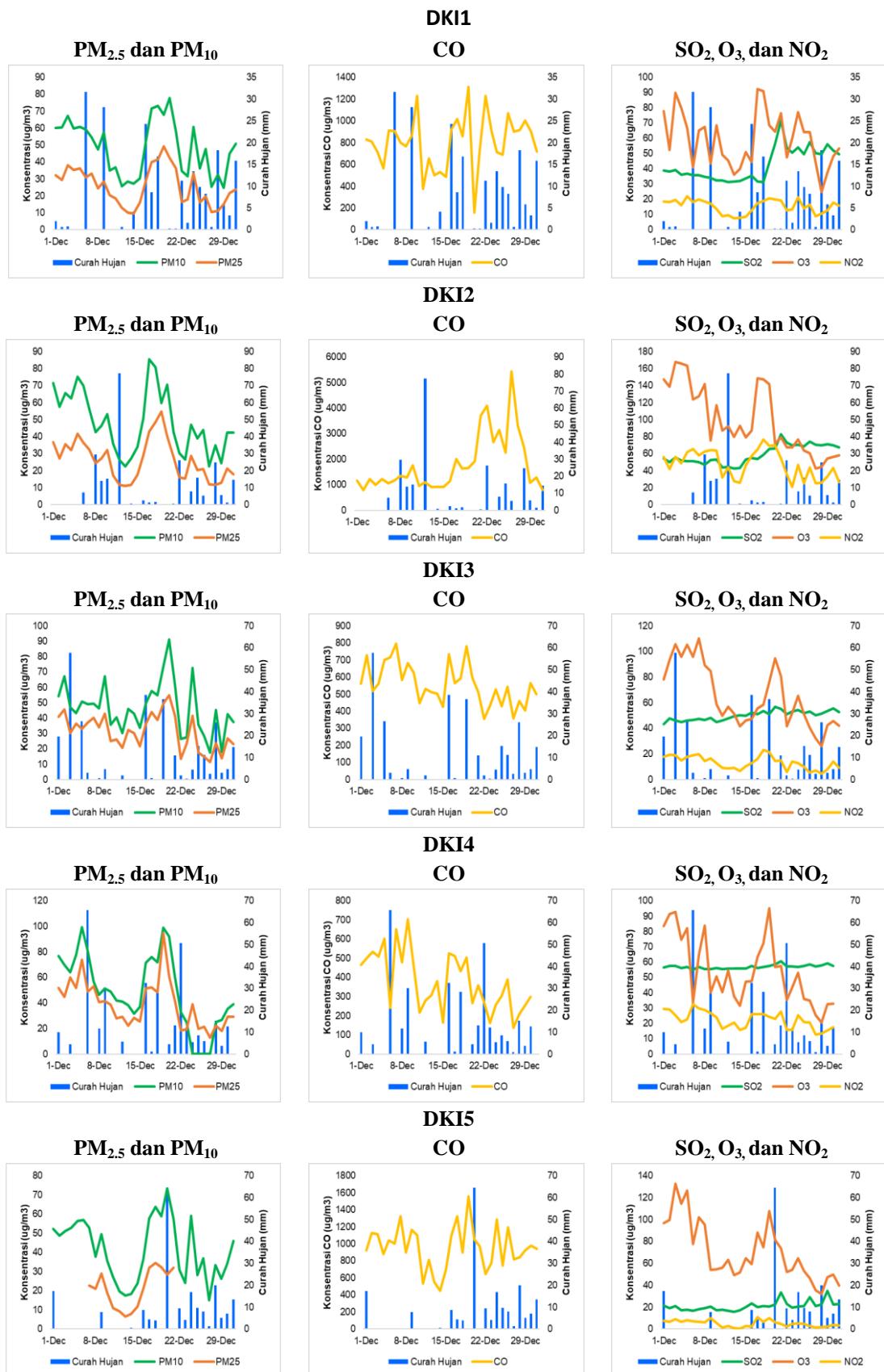
Lanjutan Lampiran 5
10. Bulan Oktober



Lanjutan Lampiran 5
11. Bulan November



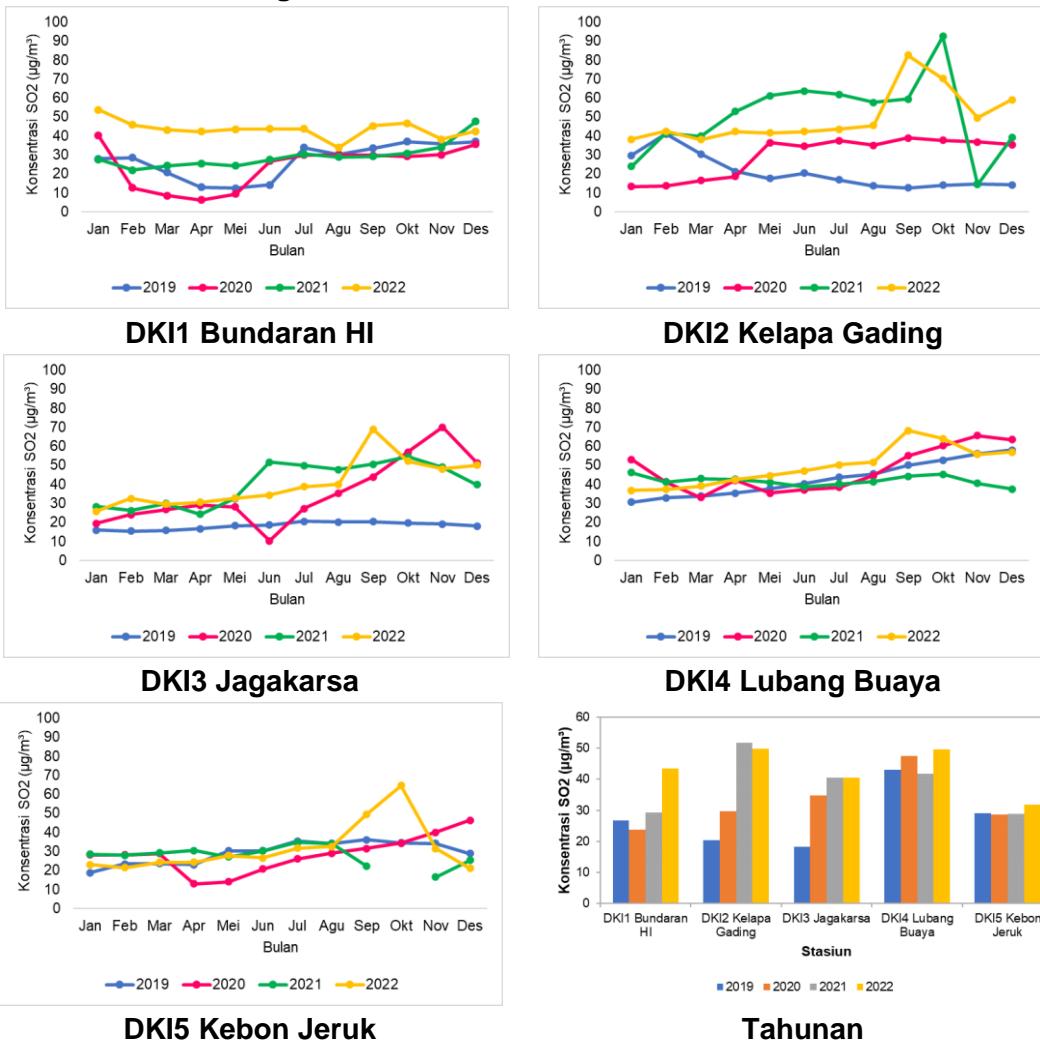
Lanjutan Lampiran 5
12. Bulan Desember



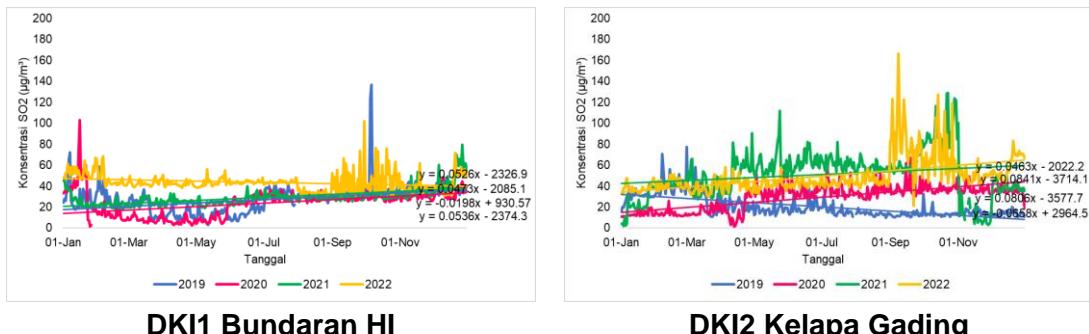
Lampiran 6 Perbandingan dan Tren Konsentrasi Pencemar Selama 4 Tahun

1. SO₂

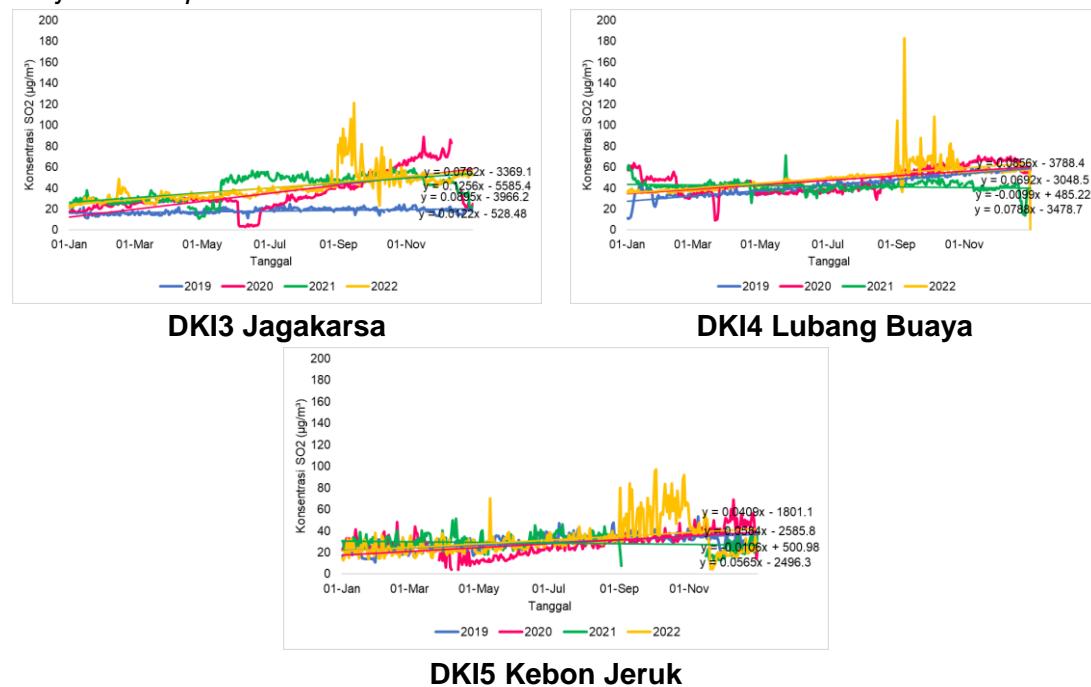
a. Perbandingan 4 Tahun



b. Tren Konsentrasi 4 Tahun

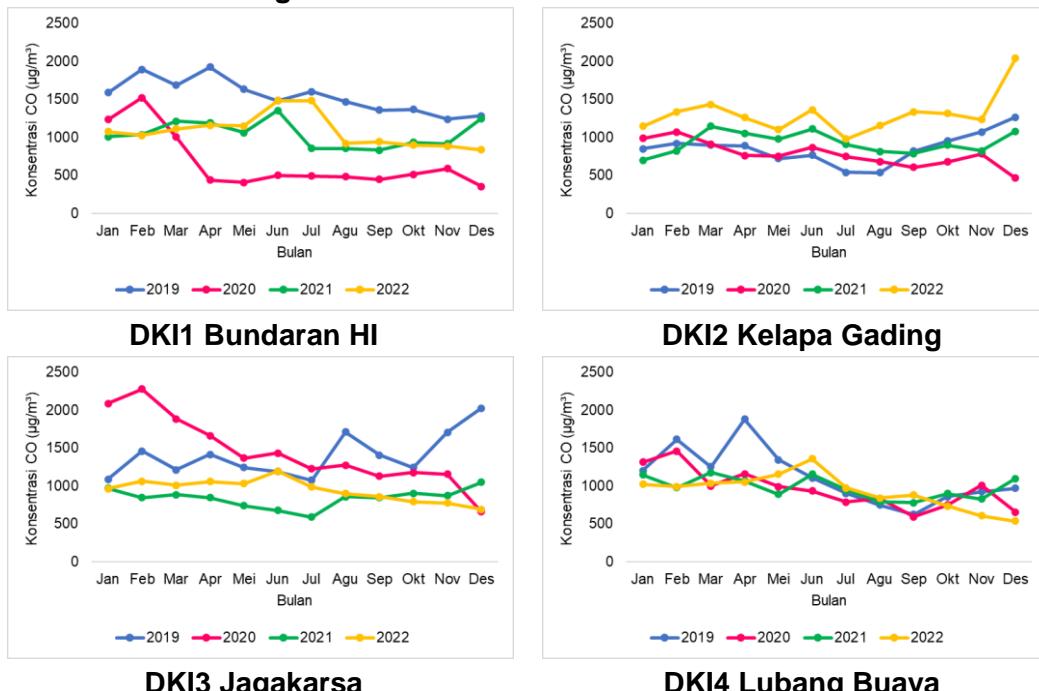


Lanjutan Lampiran 6

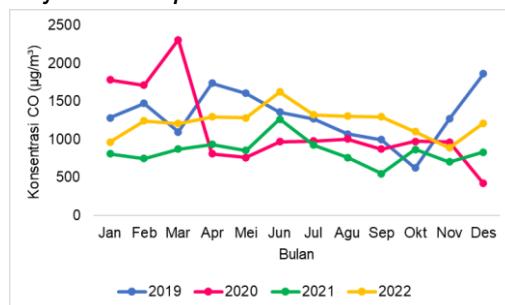


2. CO

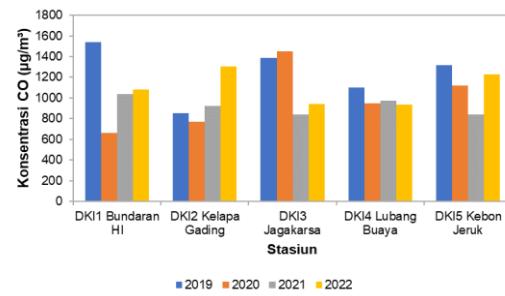
a. Perbandingan 4 Tahun



Lanjutan Lampiran 6

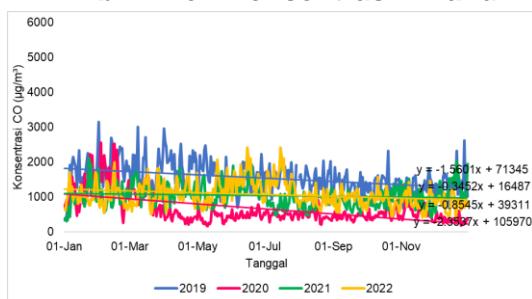


DKI5 Kebon Jeruk

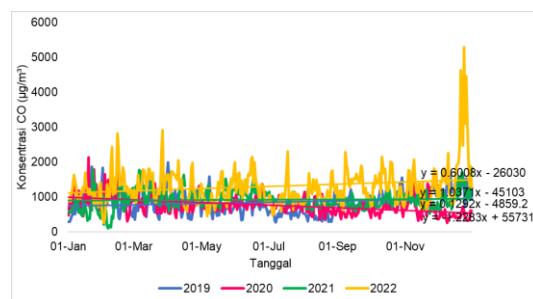


Tahunan

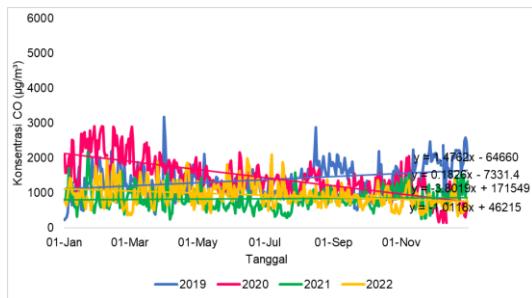
b. Tren Koncentrasi 4 Tahun



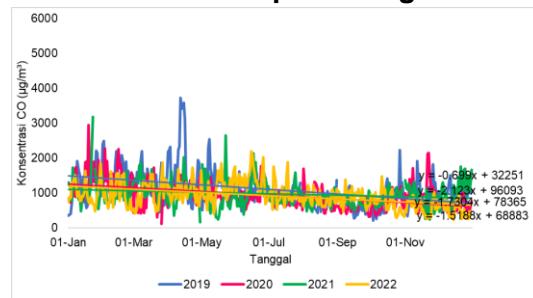
DKI1 Bundaran HI



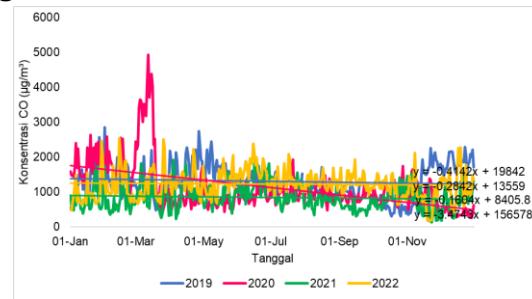
DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa



DKI4 Lubang Buaya

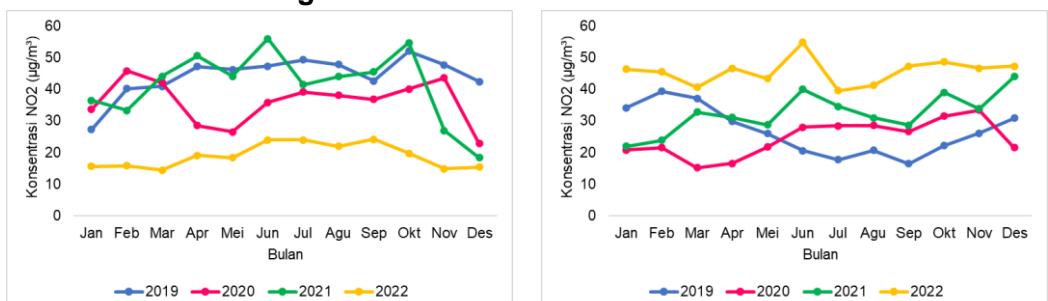


DKI5 Kebon Jeruk

Lanjutan Lampiran 6

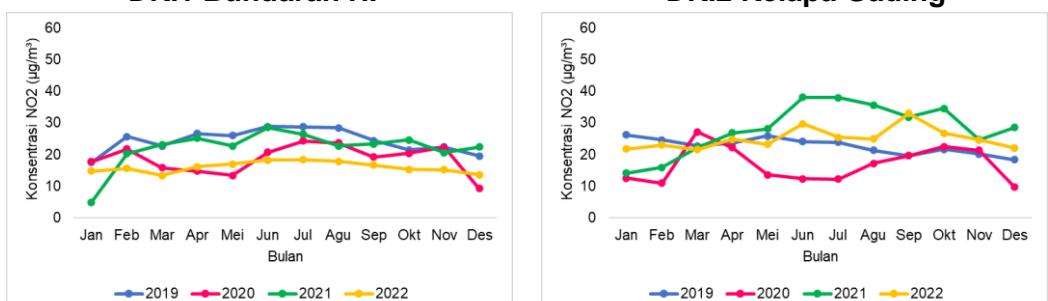
3. NO₂

a. Perbandingan 4 Tahun



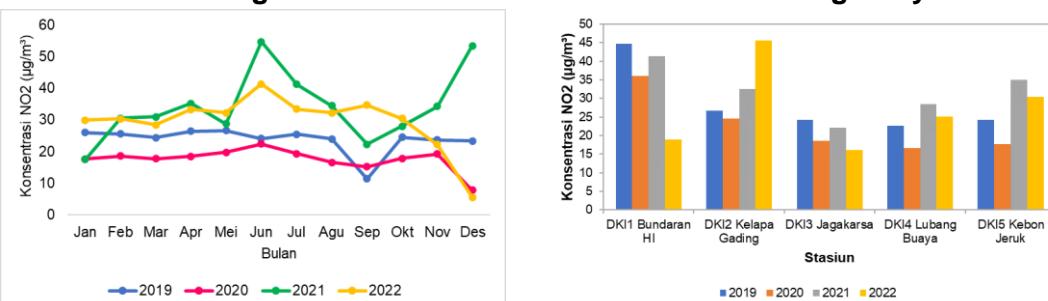
DKI1 Bundaran HI

DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa

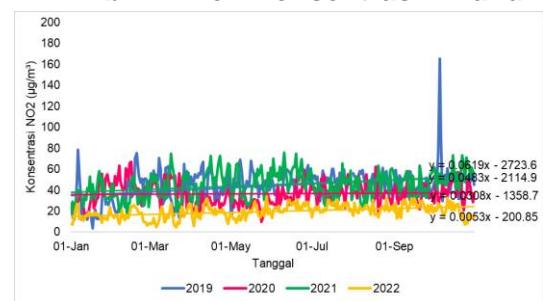
DKI4 Lubang Buaya



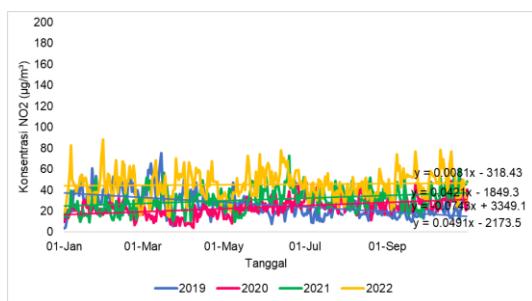
DK5 Kebon Jeruk

Tahunan

b. Tren Konsentrasi 4 Tahun

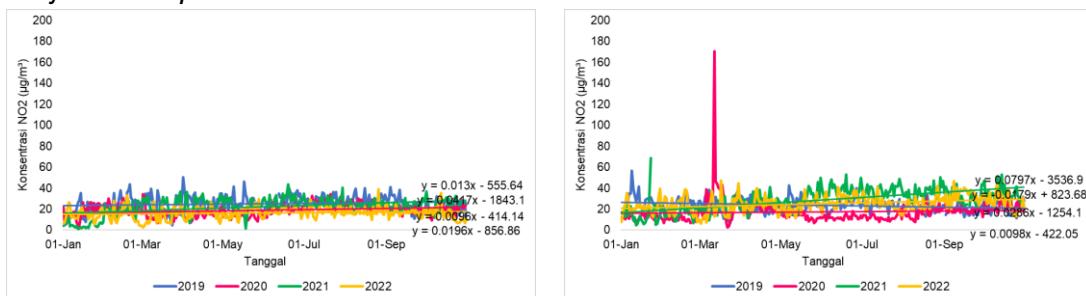


DKI1 Bundaran HI

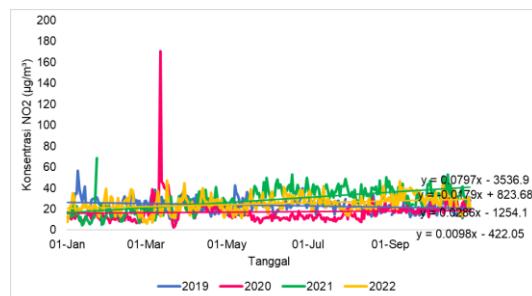


DKI2 Kelapa Gading

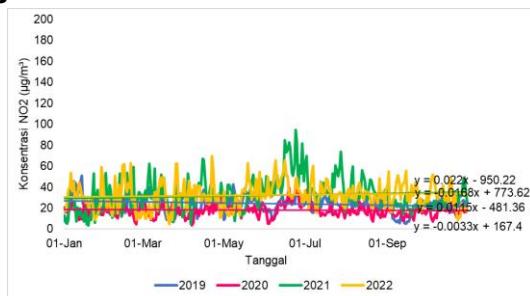
Lanjutan Lampiran 6



DKI3 Jagakarsa



DKI4 Lubang Buaya

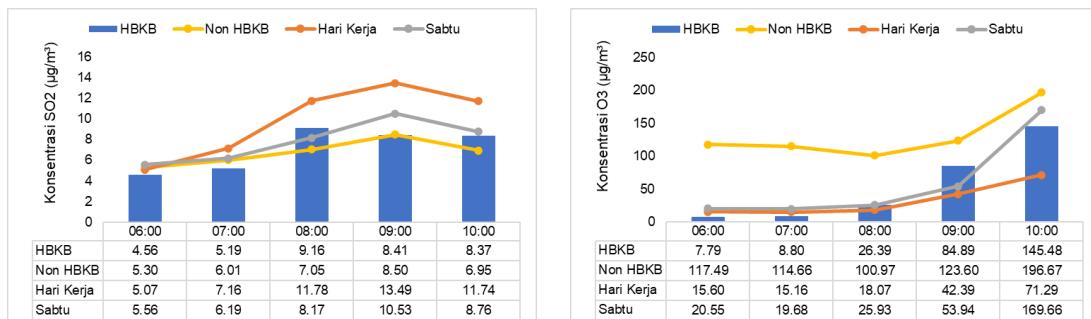


DKI5 Kebon Jeruk

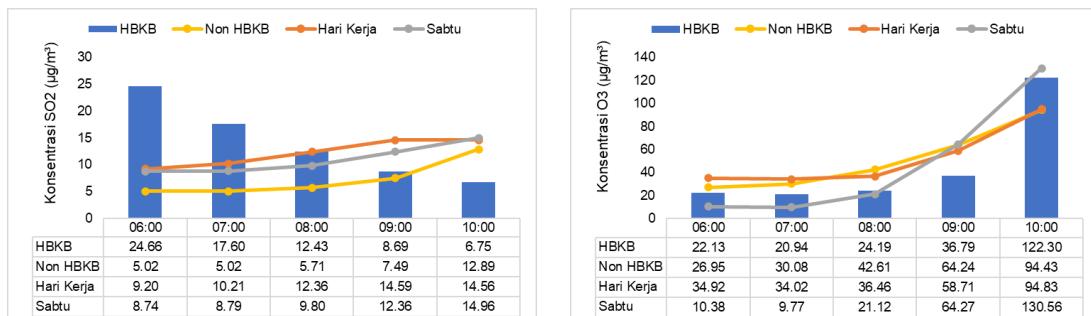
Lampiran 7 Kualitas Udara Ambien pada Kegiatan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB)

a. Jakarta Selatan

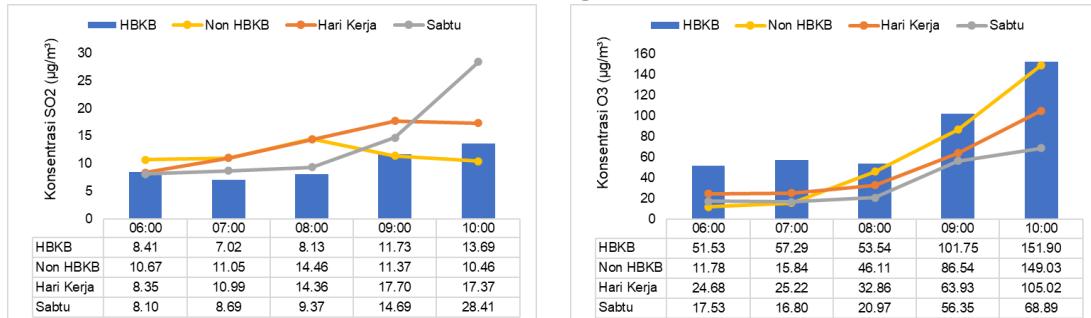
HBKB 5 Juni



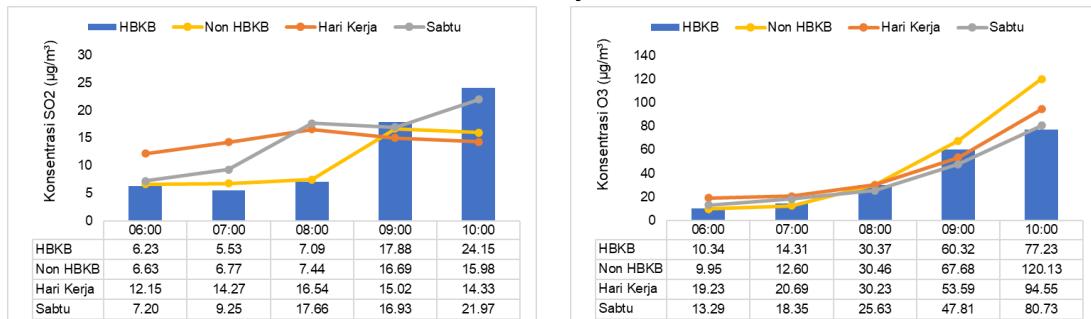
HBKB 3 Juli



HBKB 7 Agustus



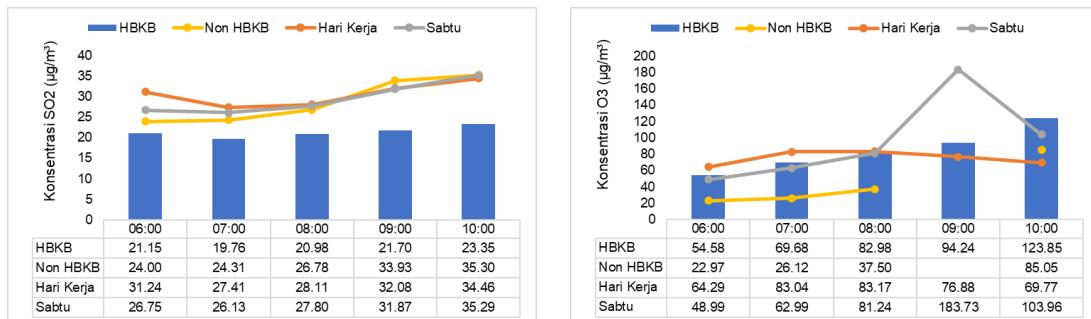
HBKB 4 September



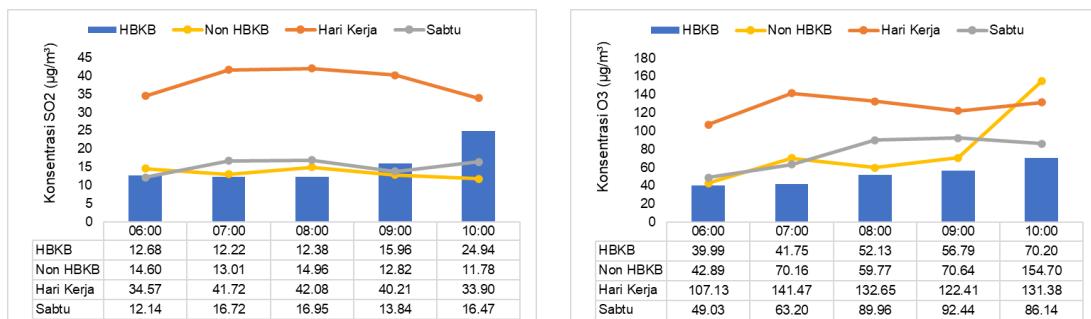
Lanjutan Lampiran 7

b. Jakarta Barat

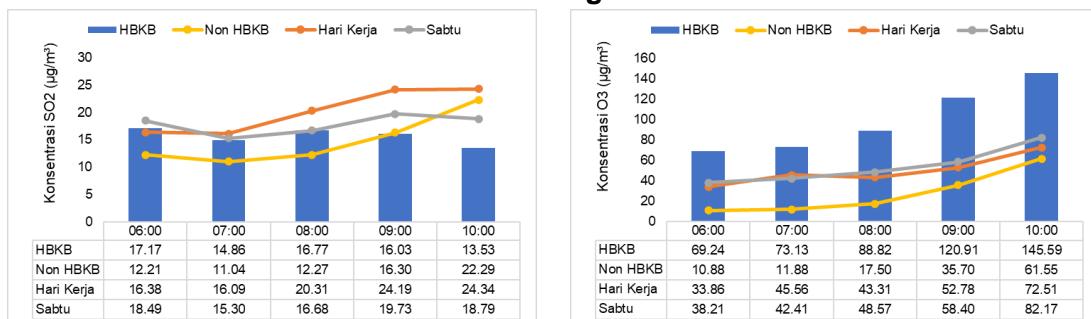
HBKB 12 Juni



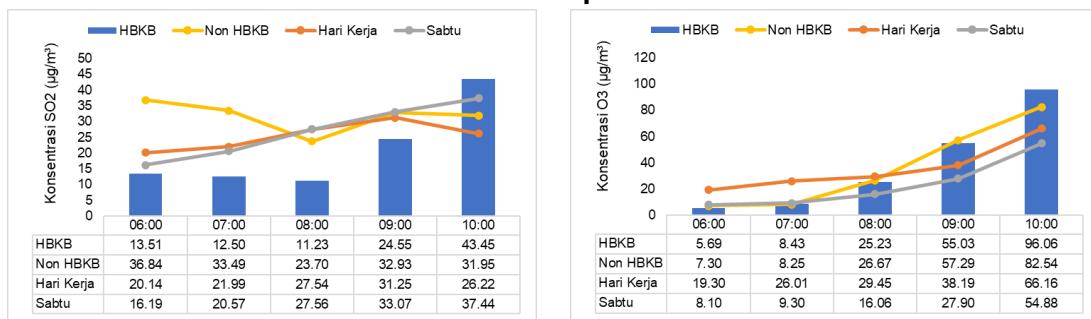
HBKB 10 Juli



HBKB 14 Agustus

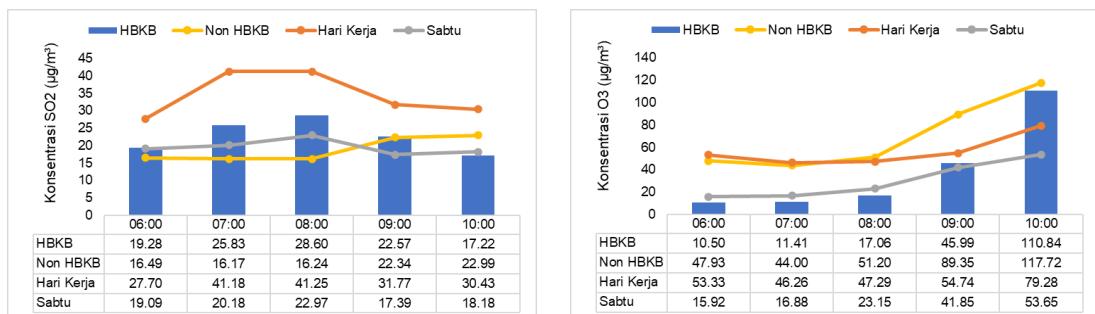


HBKB 11 September

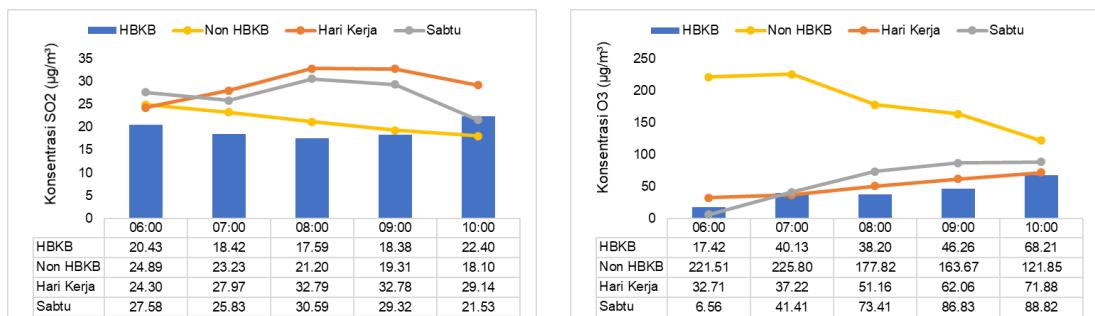


Lanjutan Lampiran 7

HBKB 9 Oktober

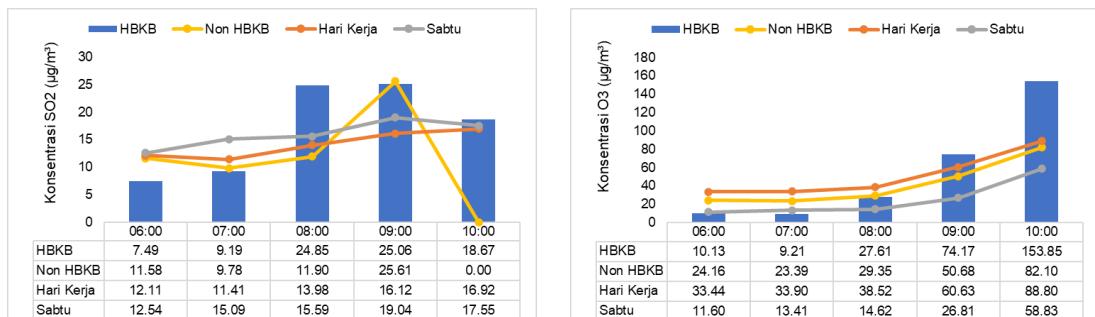


HBKB 11 Desember

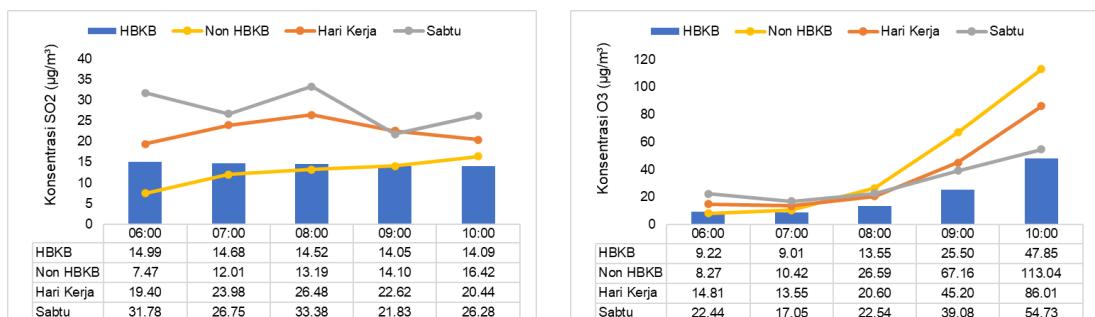


c. Jakarta Pusat

HBKB 19 Juni

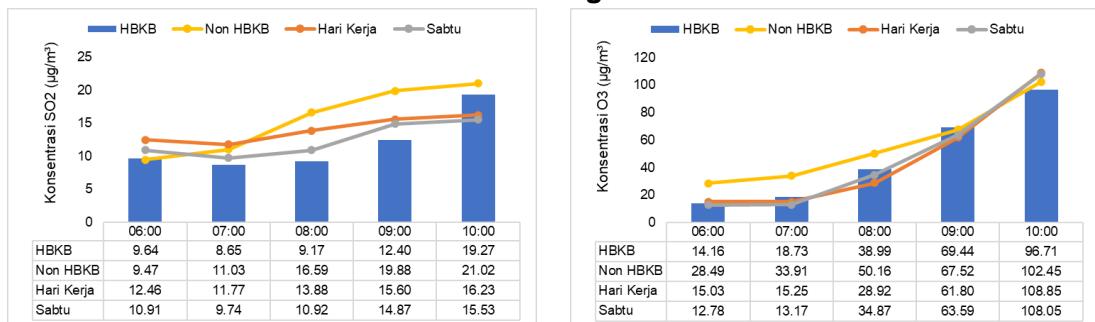


HBKB 17 Juli

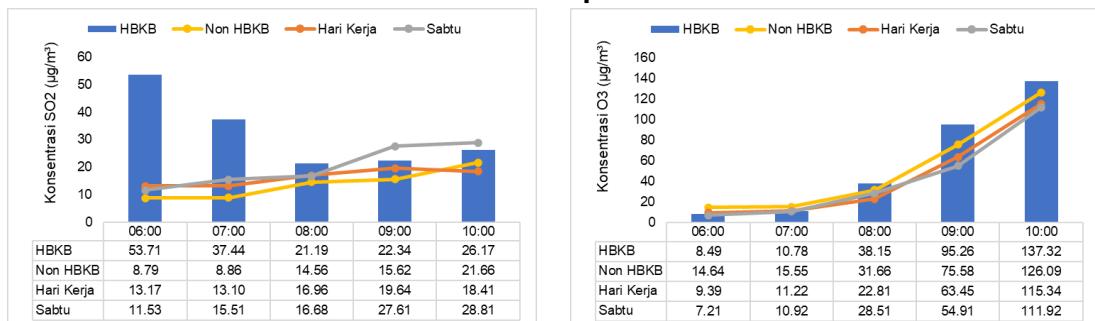


Lanjutan Lampiran 7

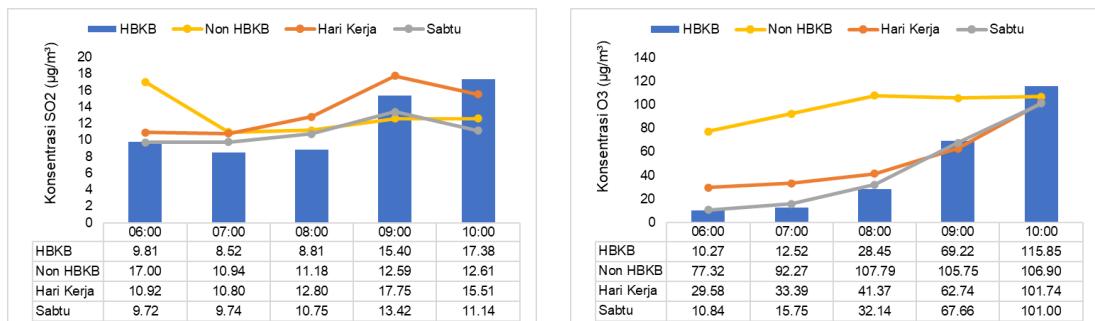
HBKB 21 Agustus



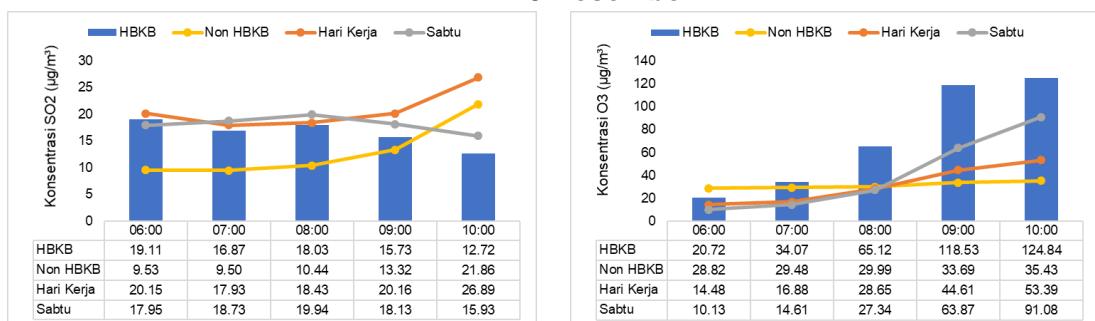
HBKB 18 September



HBKB 16 Oktober



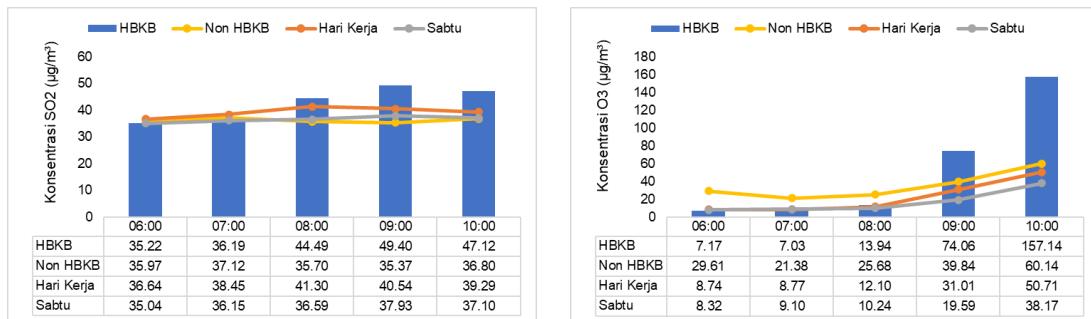
HBKB 18 Desember



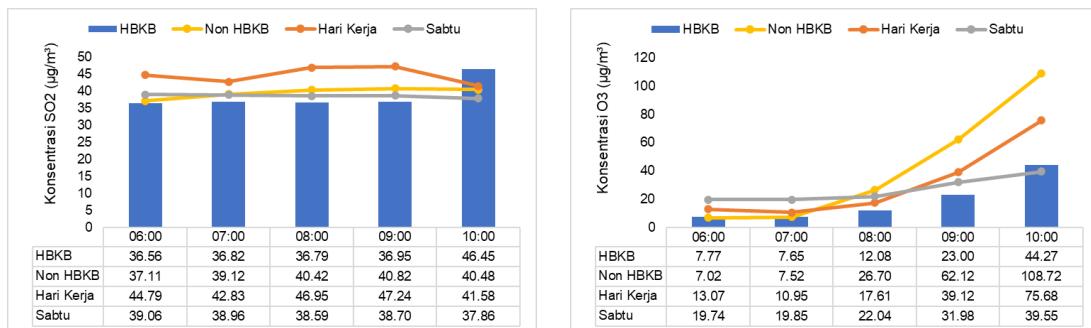
Lanjutan Lampiran 7

d. Jakarta Utara

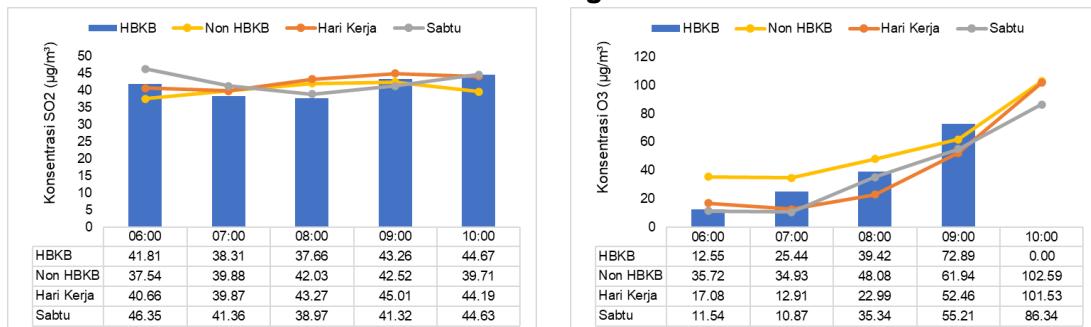
HBKB 19 Juni



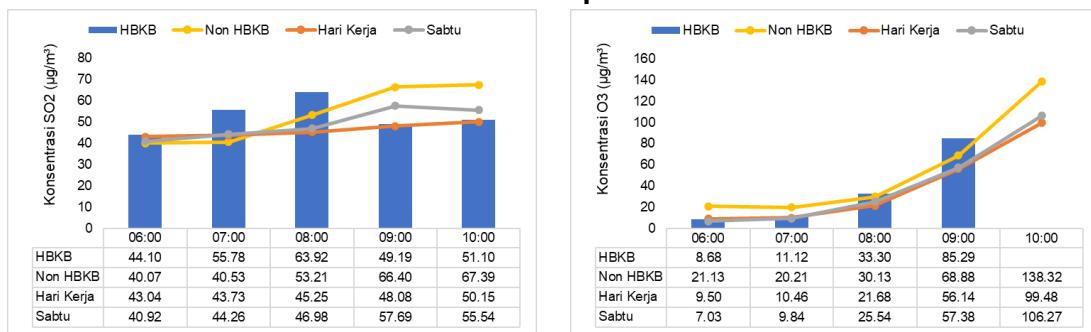
HBKB 17 Juli



HBKB 21 Agustus

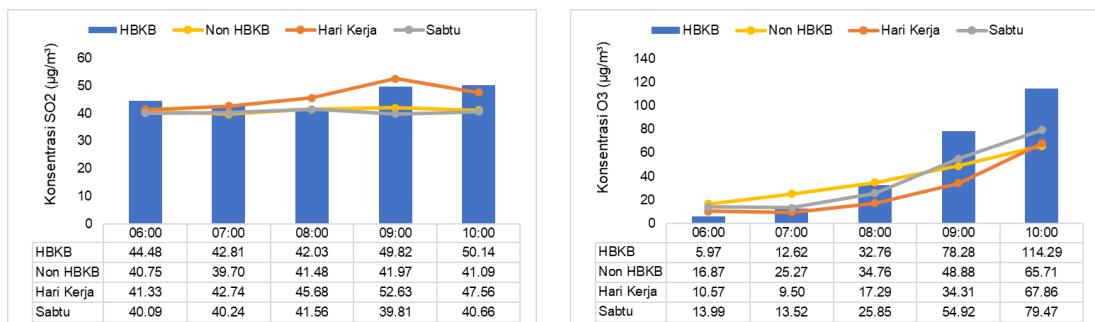


HBKB 18 September

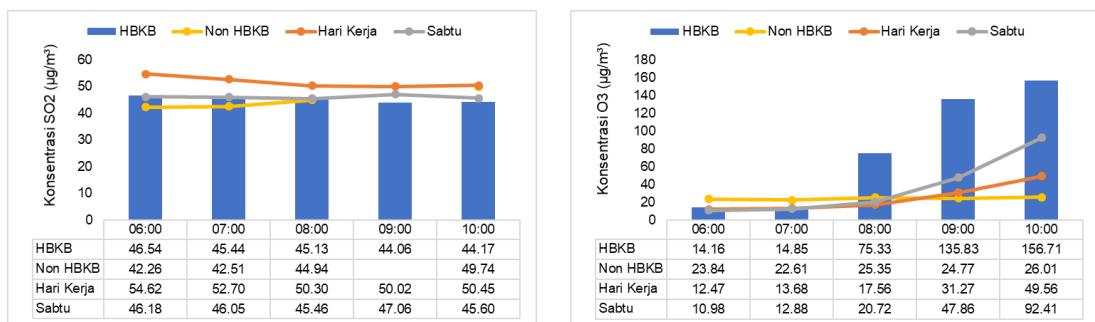


Lanjutan Lampiran 7

HBKB 16 Oktober

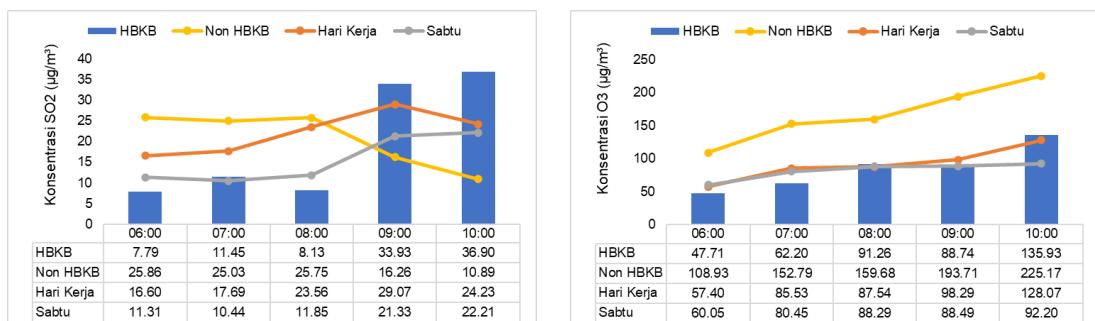


HBKB 18 Desember

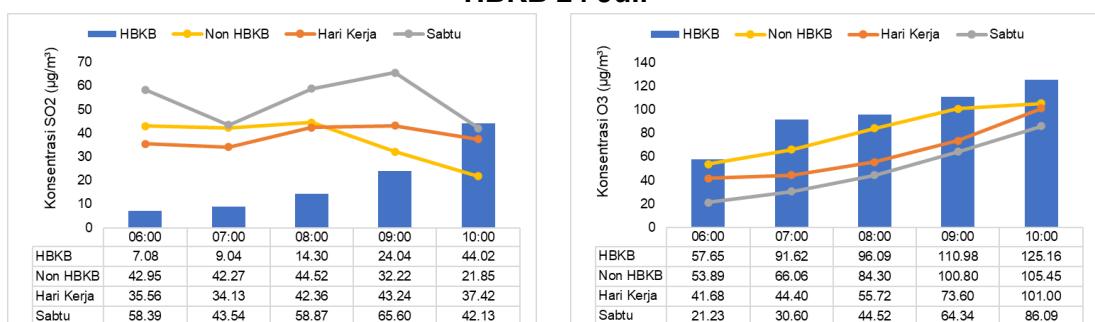


e. Jakarta Timur

HBKB 26 Juni

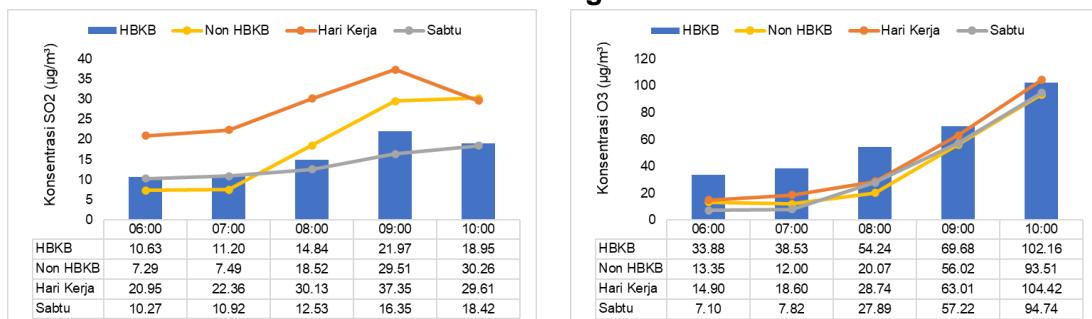


HBKB 24 Juli

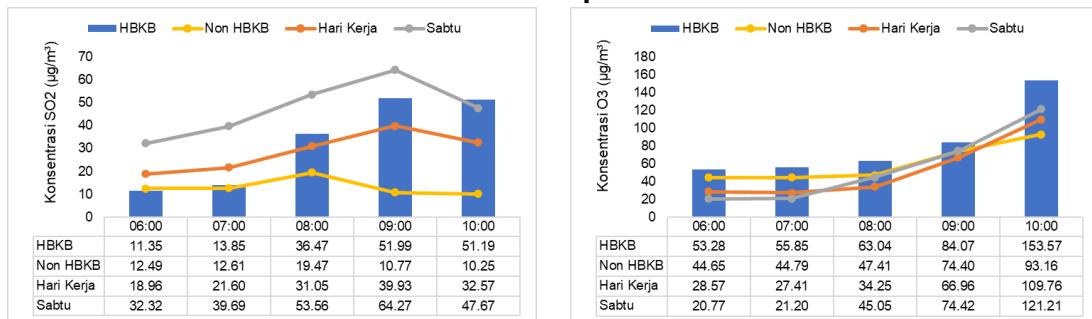


Lanjutan Lampiran 7

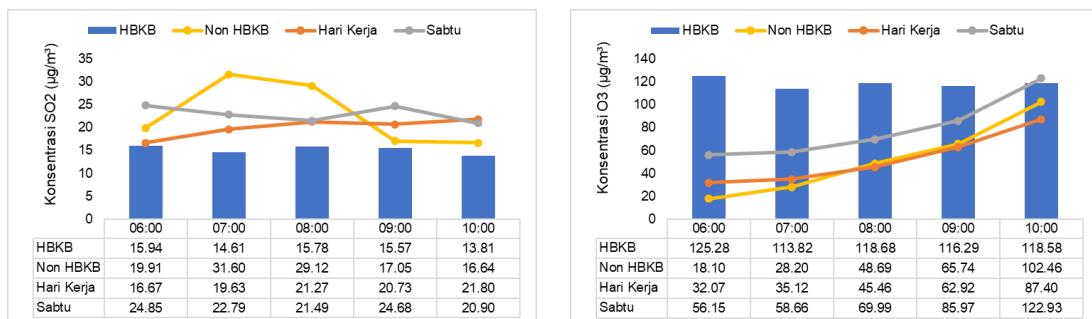
HBKB 28 Agustus



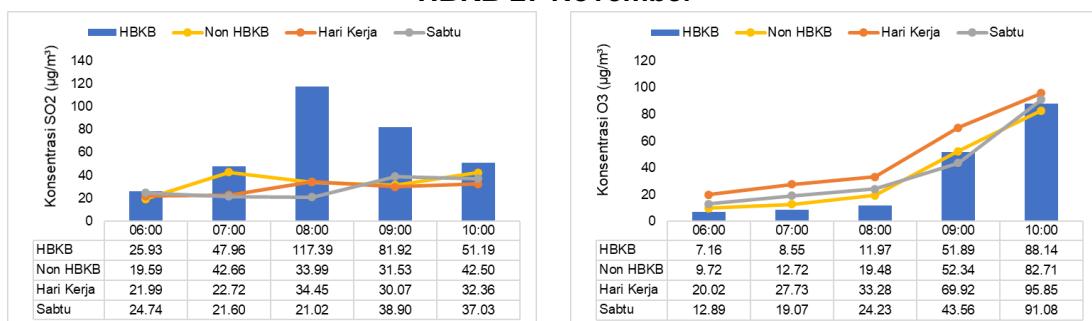
HBKB 25 September



HBKB 23 Oktober

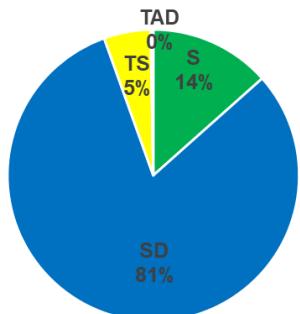


HBKB 27 November

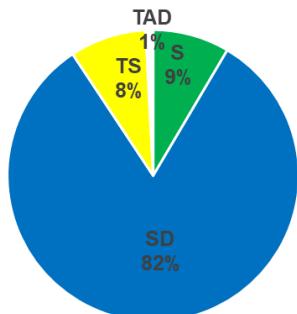


Lampiran 8 ISPU DKI Jakarta Tahun 2022

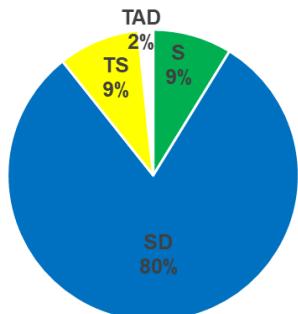
DKI1 Bundaran HI



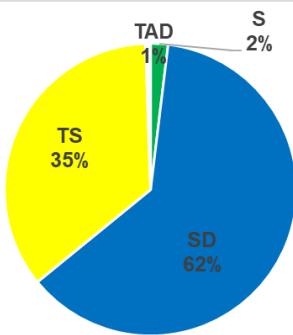
DKI2 Kelapa Gading



DKI3 Jagakarsa



DKI4 Lubang Buaya



DKI5 Kebon Jeruk

