

**LAPORAN MBKM BY DESIGN FKM UNAIR
BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI,
DAN GEOFISIKA JAKARTA**

**ANALISIS KUALITAS UDARA (PM 2.5) DAN
FAKTOR IKLIM (KELEMBAPAN DAN CURAH
HUJAN) DENGAN KEJADIAN TUBERKULOSIS
DI JAKARTA**



**PUTRI ZIHA NABIHA
102011133200**

Departemen Kesehatan Lingkungan

**UNIVERSITAS AIRLANGGA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
SURABAYA
2023**

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LAPORAN PELAKSANAAN MAGANG MBKM DI BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA JAKARTA

Disusun Oleh:

Putri Ziha Nabiha

NIM.102011133200

Telah disahkan dan diterima dengan baik oleh:

Dosen Pembimbing Magang MBKM
Departemen Kesehatan Lingkungan



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes.
NIP. 196712311993032003

Pembimbing Lapangan Magang MBKM
BMKG Jakarta



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
NIP. 197202281992031001

Koordinator Program Studi Kesehatan
Masyarakat Program Pendidikan Sarjana



Dr. Muji Sulistyowati, S.K.M., M.Kes.
NIP. 197311151999032002

Ketua Departemen
Kesehatan Lingkungan



Dr. Lilis Sulistyorini, Ir., M.Kes.
NIP. 196603311991032002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya Laporan MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) dengan judul “Analisis Kualitas Udara (PM_{2.5}) dan Faktor Iklim (Kelembapan dan Curah Hujan) dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta”. Dalam Penyusunan dan penulisan laporan magang ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Selain itu, dengan senang hati saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Santi Martini dr., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga
2. Dr. Muji Sulistyowati, S.KM., M.Kes., selaku koordinator Program Studi Fakultas Kesehatan Masyarakat
3. Dr. Lilis Sulistorini, Ir., M.Kes., selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan di Fakultas Kesehatan Masyarakat.
4. Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes., selaku dosen pembimbing MBKM by Design FKM UNAIR.
5. Hary Tirto Djatmiko., S.T., selaku pembimbing lapangan MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) Jakarta.
6. Bapak Alberth, Mbak Kukuh, Mas Roby, Mbak Ayuna, dan Mbak Lulu selaku mentor yang sudah mengajarkan banyak hal selama pelaksanaan magang di BMKG Jakarta.
7. Dr. Viktor dan Ibu Putri selaku tim Tuberkulosis dari Dinas Kesehatan Jakarta.
8. Ibu Shena, Ibu Leyri dan Ibu Mardawaning selaku tim Tuberkulosis dari Kementerian Kesehatan RI.
9. Keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi setiap saat.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan pahala atas segala amal yang telah diberikan dan semoga laporan MBKM by Design FKM UNAIR ini berguna dan bermanfaat baik diri sendiri maupun pihak lain.

Surabaya, 18 Desember 2023

Putri Ziha Nabiha

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.2.1 Tujuan Umum	3
1.2.2 Tujuan Khusus	3
4.1 Manfaat.....	3
4.1.1 Manfaat Bagi Mahasiswa.....	3
4.1.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi	3
4.1.3 Manfaat Bagi Instansi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tuberkulosis	5
2.1.1 Definisi Tuberkulosis.....	5
2.1.2 Etiologi dan Transmisi Tuberkulosis	5
2.1.3 Klasifikasi Tuberkulosis	5
2.1.4 Gejala dan Pencegahan Tuberkulosis	6
2.2 Kualitas Udara.....	6
2.2.1 Pencemaran Udara	6
2.2.2 <i>Particulate Matter</i> (PM) 2.5	7
2.3 Iklim	8
2.3.1 Definisi Iklim	8
2.3.2 Kelembapan	8
2.3.3 Curah Hujan	9
2.4 Kualitas udara dan Faktor Iklim dengan Kejadian Tuberkulosis	9
2.4.1 Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM) 2.5 dengan Kejadian Tuberkulosis	9
2.4.2 Faktor Iklim Kelembapan dengan Kejadian Tuberkulosis	10
2.4.3 Faktor Iklim Curah Hujan dengan Kejadian Tuberkulosis	11
BAB III METODE PELAKSANAAN	
3.1 Lokasi MBKM by Design FKM UNAIR.....	12
3.2 Waktu Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR	12
3.3 Metode Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR.....	14
3.4 Teknik Pengumpulan Data	14
3.5 Teknik Pengolahan dan Analisis Data	15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Gambaran Umum Instansi.....18
4.1.1	Struktur Organisasi Instansi.....19
4.2	Pembelajaran Pencapaian <i>Learning Outcome</i> Mata Kuliah.....19
4.2.1	Instrumentasi dan Observasi Lingkungan (Semester 6)19
4.2.2	Pengelolaan Lingkungan Hidup (Semester 7)20
4.2.3	Sistem Informasi Geografis (Lintas Minat Biostatistika : Semester 7) 22
4.3	Analisis Tren Kualitas udara dan Faktor Iklim di Jakarta Tahun 2018-2022 23
4.3.1	Data Re-Analisis ECMWF23
4.3.2	Analisis Kualitas udara di Jakarta Tahun 2018-202228
4.3.3	Analisis Faktor Iklim di Jakarta Tahun 2018-202232
4.4	Analisis Kualitas udara dan Faktor Iklim dengan Kejadian Tuberkulosis 40
4.4.1	Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 202240
4.4.2	<i>Particulate Matter</i> (PM 2.5) dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 202242
4.4.3	Faktor Iklim Kelembaban dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022.....43
4.4.4	Faktor Iklim Curah Hujan dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022.....44
4.5	Dampak Kualitas udara dan Faktor Iklim pada Lingkungan dan Kesehatan 46
4.5.1	Dampak Kualitas udara PM 2.5 pada Lingkungan dan Kesehatan 46
4.5.2	Dampak Faktor Iklim Kelembaban dan Curah Hujan pada Lingkungan dan Kesehatan 47
4.6	Kendala Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR48
BAB V PENUTUP	
5.1	Kesimpulan.....49
5.2	Saran.....51
DAFTAR PUSTAKA52	
LAMPIRAN.....56	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG Jakarta .12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Struktur Organisasi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta	19
Gambar 4.2 Tampilan <i>Website</i> EAC4	24
Gambar 4.3 Tampilan <i>Website</i> ERA5	26
Gambar 4.4 Peta Spasial Rata-Rata Konsentrasi PM 2.5 per Bulan di Jakarta (2018-2022)	28
Gambar 4.5 Grafik <i>Time Series</i> Rata-Rata PM 2.5 di Jakarta (2018-2022)	30
Gambar 4.6 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan PM 2.5 di Jakarta (2018-2022)	31
Gambar 4.7 Peta Spasial Rata-Rata Kelembapan per Bulan di Jakarta (2018-2022)	32
Gambar 4.8 Grafik <i>Time Series</i> Rata-Rata Kelembapan di Jakarta (2018-2022)	33
Gambar 4.9 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan Kelembapan di Jakarta (2018-2022)	35
Gambar 4.10 Peta Spasial Rata-Rata Curah Hujan per Bulan di Jakarta (2018-2022)	36
Gambar 4.11 Grafik <i>Time Series</i> Rata-Rata Curah Hujan di Jakarta (2018-2022)	37
Gambar 4.12 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan Curah Hujan di Jakarta (2018-2022)	39
Gambar 4.13 Peta Spasial Jumlah Kejadian Tuberkulosis per Bulan di Jakarta Tahun 2022	40
Gambar 4.14 Grafik Siklus Jumlah Kejadian Tuberkulosis per Bulan di Jakarta Tahun 2022	41
Gambar 4.15 Grafik <i>Overlay</i> Rata-Rata Konsentrasi PM 2.5 dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022	42
Gambar 4.16 Grafik <i>Overlay</i> Rata-Rata Kelembapan dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022	43
Gambar 4.17 Grafik <i>Overlay</i> Rata-Rata Curah Hujan dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. <i>Logbook</i> MBKM by Design FKM UNAIR	56
Lampiran II. Dokumentasi	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan secara umum menyerang paru-paru manusia (Sejati & Sofiana, 2015). Tuberkulosis termasuk dalam kategori penyakit menular yang serius dan dapat berpotensi fatal jika tidak diobati dengan tepat (Putri et al., 2022). Tuberkulosis telah lama dan bahkan masih menjadi permasalahan kesehatan yang serius, baik di Indonesia maupun secara global (Global TBC Report, 2022). Menurut data dari World Health Organization (WHO), pada tahun 2020 Tuberkulosis menyebabkan sekitar 1.5 juta kematian setiap tahunnya, dan menjadi penyebab kematian ke-13 di dunia serta merupakan penyakit menular penyebab kematian terbesar kedua setelah COVID-19.

Menurut Global TBC Report tahun 2021, Indonesia memiliki kejadian Tuberkulosis yang menduduki urutan ketiga dunia setelah negara India dan China. Pada tahun 2022, penyakit Tuberkulosis di Indonesia menempati peringkat ke-2 setelah India dengan jumlah kasus 969,000 dan kematian 93,000 per tahun atau setara dengan 11 kematian per jam (Kementerian Kesehatan, 2023). Meskipun telah ada upaya besar untuk mengendalikan penyebaran penyakit ini, Tuberkulosis masih menjadi ancaman serius, terutama di lingkungan perkotaan yang padat penduduk seperti Jakarta (Susanto, 2020).

Polusi udara atau pencemaran udara merupakan masalah serius di tingkat global yang mempengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia. Jakarta, sebagai ibu kota Indonesia dan salah satu kawasan perkotaan terpadat di Asia Tenggara, tidak terlepas dari permasalahan ini. Selama beberapa dekade terakhir, pertumbuhan populasi dan industrialisasi yang pesat di Jakarta telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam emisi polutan udara. Berdasarkan laporan World Air Quality Index (AQI) Air dalam bentuk tahunan, Jakarta menduduki peringkat 10 besar dalam kategori “Kota-kota Regional yang Paling Berpolusi” dalam rentang tahun 2018-2022. Polusi udara merupakan salah satu penyebab paling dominan timbulnya

penyakit gangguan pernapasan, yakni menyumbang 24-34% (Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, 2023). Polusi udara diukur berdasarkan lima komponen di udara yang ditetapkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), dimana *Particulate Matter* (PM) adalah salah satu jenis polutan yang umumnya ditemukan dalam polusi udara perkotaan, dan memiliki potensi besar untuk mempengaruhi kesehatan manusia (Akbar, 2023).

Indonesia terletak di daerah beriklim tropis, yang mengakibatkan negara ini hanya memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim panas. Iklim tropis dibedakan menjadi dua jenis, yaitu iklim tropis lembab dan iklim tropis kering (Dacosta et al., 2023). Jakarta termasuk memiliki iklim tropis yang lembab ditandai dengan rata-rata kelembapan udara yang relatif tinggi dan curah hujan yang tinggi (Simbolon & Nasution, 2017). Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta, kelembapan rata-rata Jakarta selama periode 2018-2022 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Pada tahun 2018, rata-rata kelembapan adalah 73.40%, yang kemudian meningkat menjadi 74.35% pada tahun 2019, 78.29% pada tahun 2020, 78.82% pada tahun 2021, dan 79.62% pada tahun 2022. Peningkatan ini dapat berhubungan dengan rata-rata curah hujan tahunan di Jakarta yang juga mengalami peningkatan. Pada tahun 2018, rata-rata curah hujan mencapai 4.76 mm, tahun 2019 sebesar 4.25 mm, tahun 2020 sebesar 7.31 mm, tahun 2021 sebesar 6.94 mm, dan tahun 2022 sebesar 6.27 mm.

Beberapa penelitian sebelumnya di berbagai belahan dunia telah menunjukkan adanya hubungan antara pencemaran kualitas udara, faktor iklim dengan kejadian Tuberkulosis. Partikulat *matter* yang sangat halus seperti PM_{2.5} dapat dengan mudah masuk ke dalam saluran pernapasan manusia, menciptakan peluang bagi bakteri penyebab TBC untuk masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan infeksi (Decy Arwini, 2019). Namun penelitian ini masih belum banyak ditemukan di Indonesia, khususnya pada wilayah Jakarta.

1.2 Tujuan

1.2.1 Tujuan Umum

Menganalisis kualitas udara (PM_{2.5}) dan faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) dengan kejadian Tuberkulosis di Jakarta.

1.2.2 Tujuan Khusus

1. Mempelajari gambaran umum instansi magang BMKG Jakarta.
2. Menganalisis pembelajaran pencapaian (*learning outcome*) mata kuliah di Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga.
3. Menganalisis kualitas udara (PM_{2.5}) dan faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) di Jakarta tahun 2018-2022.
4. Menganalisis kualitas udara (PM_{2.5}) dan faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) dengan kejadian Tuberkulosis di Jakarta tahun 2022.
5. Mempelajari dampak kualitas udara (PM_{2.5}) dan faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) pada lingkungan dan kesehatan berbasis standar baku mutu lingkungan.
6. Kendala Pelaksanaan Magang.

4.1 Manfaat

4.1.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama kuliah pada saat melaksanakan magang di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta.
2. Mahasiswa mendapatkan pengalaman bekerja di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta.
3. Mahasiswa dapat meningkatkan kemampuan berpikir secara kritis dan analisis penyelesaian suatu masalah dengan berbekal teori yang sudah didapatkan selama perkuliahan.

4.1.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Menjalin kerjasama yang baik antara lembaga perguruan tinggi dengan instansi dalam upaya memberikan bekal bagi mahasiswa untuk mengetahui dunia kerja.

2. Menambah referensi gambaran kegiatan di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta.

4.1.3 Manfaat Bagi Instansi

1. Mengetahui gambaran kemampuan serta keterampilan mahasiswa sehingga dapat dijadikan sebagai rekomendasi rekrutmen sumber daya manusia.
2. Sebagai jembatan yang memperkenalkan kegiatan lingkungan kerja dengan instansi perguruan tinggi Universitas Airlangga.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tuberkulosis

2.1.1 Definisi Tuberkulosis

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat tahan asam sehingga sering dikenal dengan Basil Tahan Asam (BTA). Penyakit ini biasanya menyerang sistem pernapasan manusia, terutama paru-paru, juga dapat menyerang organ-organ lain dalam tubuh seperti ginjal, tulang, dan otak (Sejati et al., 2015).

2.1.2 Etiologi dan Transmisi Tuberkulosis

Tuberkulosis disebabkan oleh bakteri seperti *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium microti* dan *Mycobacterium canettii*. *Mycobacterium tuberculosis* merupakan sumber yang paling sering ditemukan dan menular antar manusia melalui rute udara (Dwipayana, 2022). Penularan utamanya terjadi melalui udara, terutama saat penderita batuk, bersin, atau berbicara, dengan *Mycobacterium tuberculosis* sebagai sumber penularan paling umum. Percik renik yang mengandung bakteri TBC dapat bertahan di udara hingga 4 jam (Rahayu et al., 2021).

Faktor-faktor transmisi melibatkan jumlah organisme dalam udara, konsentrasi organisme dalam udara, dan durasi paparan (Kementerian Kesehatan, 2019). Satu batuk dapat memproduksi hingga 3,000 percik renik dan satu kali bersin dapat memproduksi hingga 1 juta percik renik. Sedangkan, dosis yang diperlukan terjadinya suatu infeksi TBC adalah 1 sampai 10 bakteri (Rahayu et al., 2021).

2.1.3 Klasifikasi Tuberkulosis

Penyakit Tuberkulosis dapat diklasifikasikan berdasarkan lokasi anatomis, seperti Tuberkulosis Paru yang melibatkan parenkim paru atau trakeobronkial, serta Tuberkulosis Ekstra Paru yang menyerang organ di luar paru-paru. Klasifikasi lainnya berdasarkan riwayat pengobatan mencakup kasus baru (belum pernah menerima OAT atau hanya selama kurang dari satu bulan), dan kasus dengan riwayat pengobatan (menerima OAT selama satu bulan atau lebih). Kasus dengan

riwayat pengobatan dibagi lagi berdasarkan hasil pengobatan terakhir, termasuk kasus kambuh, pengobatan setelah gagal, setelah hilang dari pemantauan, kasus lainnya, dan kasus dengan riwayat pengobatan tidak diketahui (Kementerian Kesehatan, 2019).

2.1.4 Gejala dan Pencegahan Tuberkulosis

Gejala Tuberkulosis (TBC) dapat bervariasi tergantung jenis infeksi, tingkat keparahan, dan kekebalan tubuh individu. TBC laten mungkin tidak menunjukkan gejala, tetapi jika berkembang menjadi TBC aktif, gejala umum meliputi batuk kronis, dahak berdarah, demam, penurunan berat badan, kelemahan, nyeri dada, sesak napas, pembengkakan kelenjar, dan gejala ekstrapulmoner. Gejala TBC tidak selalu terjadi secara bersamaan atau dengan intensitas yang sama pada setiap individu (Muchtar et al., 2018).

Pencegahan TBC melibatkan berbagai strategi dan tindakan yang dapat mengurangi risiko infeksi dan mencegah perkembangan TBC aktif. Beberapa langkah pencegahan yang efektif yang dapat dilakukan (Sejati et al., 2015) diantaranya: Vaksinasi *Bacillus Calmette-Guérin* (BCG), Identifikasi dan Isolasi Kasus TBC Aktif, Pengobatan TBC Aktif, Pengobatan TBC Laten, Promosi Higiene dan Edukasi, Pengendalian TBC di Lingkungan Khusus, dan Pengendalian TBC pada Populasi yang Rentan.

2.2 Kualitas Udara

2.2.1 Pencemaran Udara

Udara merupakan campuran dinamis berbagai elemen, termasuk partikel padat, partikel cair, gas, energi, dan zat organik yang tersebar di atmosfer. Komposisi udara bervariasi antar daerah dan tergantung pada faktor lingkungan seperti vegetasi, industri, dan karakteristik geografis (Syaputri et al., 2023). Pencemaran udara adalah keadaan di mana atmosfer bumi terkontaminasi oleh berbagai zat atau partikel yang dapat merusak kualitas udara yang seharusnya bersih dan sehat (Della Ertiana, 2022). Sumber pencemaran udara melibatkan beragam aktivitas atau proses yang memancarkan polutan udara ke atmosfer, mengganggu fungsi normal udara dan menyebabkan penurunan kualitasnya (Siburian, 2020).

Pencemaran udara dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu pencemar primer yang muncul langsung dari sumber pencemaran, dan pencemar sekunder yang terbentuk melalui reaksi kimia antara pencemar primer di atmosfer (Yasir, 2021). Sumber bahan pencemar primer dapat dikelompokkan menjadi sumber alamiah seperti erupsi gunung berapi dan sumber buatan manusia seperti industri dan kendaraan bermotor. Pengendalian pencemaran udara melibatkan regulasi ketat, penggunaan teknologi bersih, dan kesadaran masyarakat untuk mengurangi emisi polutan udara dan menjaga kualitas udara yang sehat (Abidin et al., 2019).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. ISPU ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, Parameter yang diukur oleh ISPU meliputi: $PM_{2.5}$, PM_{10} , karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO_2), sulfur monoksida (SO_2), ozon (O_3), dan hidrokarbon (HC).

2.2.2 *Particulate Matter (PM) 2.5*

$PM_{2.5}$, atau *Particulate Matter 2.5*, adalah jenis polutan udara yang terdiri dari partikel-padat atau cair dengan diameter kurang dari atau sama dengan 2,5 mikrometer (μm). Ambang batas wajar (standar) $PM_{2.5}$ dalam udara yang dianggap aman bagi kesehatan manusia menurut nilai panduan kualitas udara tahunan World Health Organization (WHO) yaitu sebesar $15 \mu g/m^3$. Ambang batas wajar $PM_{2.5}$ biasanya diukur dalam mikrogram per meter kubik udara ($\mu g/m^3$) dalam periode waktu tertentu, misalnya, dalam satu tahun atau satu hari.

Di Indonesia, standar baku mutu untuk $PM_{2.5}$ adalah $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran harian dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk periode satu tahun yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. BMKG Jakarta melakukan pemantauan kualitas udara yang melibatkan pengukuran $PM_{2.5}$ secara per jam/per hari. BMKG membagi level kualitas udara $PM_{2.5}$ menjadi beberapa kategori yaitu (Fadhurrahman, 2023):

- Baik : $0 - 15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Sedang : $15.6 - 55.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Tidak Sehat : $55.5 - 150.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Sangat Tidak Sehat : $150.5 - 250.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Berbahaya : $>250.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2.3 Iklim

2.3.1 Definisi Iklim

Iklim adalah keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama. Iklim mengacu pada kondisi atmosfer rata-rata dalam jangka waktu yang panjang, biasanya berkisar antara 25 hingga 30 tahun, dan mencakup area yang luas. Oleh karena itu, istilah iklim sering digunakan untuk menggambarkan statistik atau ringkasan dari kondisi cuaca dalam jangka waktu yang lama dan area yang besar (Susilo, 2021).

Perubahan iklim merujuk pada perubahan signifikan dalam kondisi iklim yang terjadi secara berkala, memengaruhi setiap musim dan memiliki dampak yang terasa. Faktor-faktor abiotik seperti suhu udara, curah hujan, dan permukaan air laut, bersama dengan faktor biotik seperti manusia, hewan, dan tumbuhan, berinteraksi untuk menyebabkan perubahan iklim (Malihah, 2022).

2.3.2 Kelembapan

Kelembapan udara diukur sebagai *Relative Humidity* (RH) atau dalam bentuk persentase, merujuk pada kandungan uap air dalam atmosfer pada suatu suhu tertentu. Kelembapan relatif adalah rasio antara jumlah uap air yang sebenarnya ada

di udara dan jumlah maksimum yang dapat ditampung oleh udara pada suhu dan tekanan tertentu. Kelembapan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi kenyamanan, kesehatan, dan berbagai aktivitas sehari-hari (Sujalu et al., 2020). Standar baku mutu kelembapan yang ditetapkan dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan adalah berkisar 40% hingga 70%.

2.3.3 Curah Hujan

Curah hujan adalah elemen cuaca yang diukur menggunakan alat penakar hujan untuk menentukan jumlahnya dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan 1 mm menunjukkan jumlah air hujan yang jatuh dipermukaan persatuan luas (m) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Dengan kata lain, curah hujan 1 mm setara dengan 1 liter/m² (Sujalu et al., 2020). BMKG membagi level curah hujan menjadi beberapa kategori yaitu:

- Rendah : 0 – 100 mm
- Menengah : 100 – 300 mm
- Tinggi : 400 – 500 mm
- Sangat Tinggi : > 500 mm

2.4 Kualitas udara dan Faktor Iklim dengan Kejadian Tuberkulosis

2.4.1 Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) 2.5 dengan Kejadian Tuberkulosis

Studi yang dilakukan oleh Lu et al., pada tahun 2023 menunjukkan bahwa kualitas udara secara langsung mempengaruhi angka kejadian (kasus) tuberkulosis. Faktor-faktor seperti curah hujan, tekanan atmosfer, dan kelembapan juga memiliki pengaruh tidak langsung pada tuberkulosis dengan mengurangi konsentrasi PM dan SO₂ yang dapat dihirup. Di sisi lain, angin juga berperan dengan menyebarkan patogen.

Polutan udara dapat meningkatkan risiko infeksi karena menghambat pertahanan alami saluran pernapasan, mengganggu proses pembersihan *mucociliary*, mengganggu sel makrofag, dan menyebabkan peradangan kronis dengan melepaskan mediator peradangan. Paparan partikulat seperti PM_{2.5} juga mempengaruhi respons imun terhadap infeksi mikobakteri dengan mengganggu

ekspresi *cytokines* dan *chemokines* penting yang mengontrol infeksi. Penurunan respons imun terhadap mikobakteri ini dapat meningkatkan risiko terkena tuberkulosis (Dimala & Kadia, 2022). Ini sesuai dengan penelitian Wang et al., pada tahun 2019 yang menyatakan bahwa PM_{2.5} dapat menangkap protein dan peptida antimikroba, mengurangi kemampuan protein dan peptida antimikroba untuk membunuh patogen.

Wang et al., (2023) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa secara spesifik, PM_{2.5} memiliki dampak yang teramat dalam jangka waktu 12 bulan terhadap jumlah angka kejadian (kasus) Tuberkulosis. Hal ini dapat dijelaskan oleh kemampuan PM_{2.5} untuk memasuki bagian kecil dari saluran pernapasan dan bahkan bagian paru-paru yang sangat kecil, yang kemudian mengganggu kemampuan alami tubuh untuk membersihkan lendir dan partikel. Selain itu, ketika menghirup banyak PM_{2.5}, sel-sel kekebalan tubuh akan melepaskan substansi yang dapat merusak paru-paru, sehingga menyebabkan peradangan yang berpotensi mengakibatkan kerusakan jaringan paru-paru. Proses-proses ini berlangsung secara bertahap dan berkontribusi pada pengaruh PM_{2.5} yang lambat terhadap perkembangan Tuberkulosis.

2.4.2 Faktor Iklim Kelembapan dengan Kejadian Tuberkulosis

Kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan membran mukosa hidung menjadi kering sehingga kurang efektif dalam hal memproteksi diri dari masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh. Penularan Tuberkulosis terjadi dalam ruangan dimana percikan dahak berada dalam waktu yang lama, lalu percikan yang mengandung *Mycobacterium tuberculosis* ini dapat bertahan selama beberapa jam dalam keadaan gelap dan lembab dan akan cepat mati bila terkena sinar matahari langsung (Fakri et al., 2019). Studi yang dilakukan oleh Manaf et al., pada tahun 2023 menunjukkan bahwa kelembapan berkorelasi terhadap angka kejadian kasus baru Tuberkulosis sebesar 17%. Ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Sari et al. (2020) yang menyatakan bahwa tingkat kelembapan tinggi menciptakan lingkungan yang kondusif untuk pertumbuhan bakteri tuberkulosis.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Xu et al., (2021), risiko notifikasi TBC meningkat ketika kelembapan relatif di bawah 84,0% pada jeda waktu 3-20 bulan dan ketika kelembapan relatif lebih besar dari 85,0% pada jeda waktu 1-6 bulan. Risiko notifikasi TB yang lebih tinggi terjadi ketika kelembapan relatif 60,0-63,6% pada jeda 9-11 bulan meningkat menjadi 68,0-71,0% pada jeda 12-17 bulan, dan mencapai risiko tertinggi ketika kelembapan relatif 69,0% pada jeda 13 bulan.

2.4.3 Faktor Iklim Curah Hujan dengan Kejadian Tuberkulosis

Curah hujan dapat menentukan jumlah waktu yang dihabiskan host di dalam ruangan sehingga mempengaruhi transmisi *Mycobacterium tuberculosis* di dalam rumah. Kondisi hujan cenderung mendorong seseorang untuk beraktivitas di dalam ruangan, kondisi ini meningkatkan peluang 3,33 kali lebih tinggi untuk beraktivitas fisik di dalam ruangan dibandingkan di luar ruangan (Azhari et al., 2022). Sulistyó et al., (2022) dalam penelitiannya menyatakan bahwa terjadinya perubahan terhadap curah hujan dapat mempengaruhi peningkatan maupun penurunan jumlah angka kejadian (kasus) Tuberkulosis di setiap bulannya.

Di musim penghujan, cahaya matahari sangat kurang dijumpai karena sinar matahari dapat membunuh bakteri tuberkulosis, sehingga bakteri tuberkulosis dapat bertahan lama (Xiao et al., 2018). Meningkatnya curah hujan dapat menciptakan lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan dan reproduksi *Mycobacterium tuberculosis* (Zhang et al., 2019). Ini diperkuat oleh penelitian Amsalu et al., (2019), yang dalam penelitiannya menyatakan bahwa rata-rata curah hujan secara signifikan berhubungan dengan Tuberkulosis. Curah hujan dengan rata-rata yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan aliran atmosfer, sehingga membantu penyebaran infeksi melalui udara seperti Tuberkulosis.

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Lokasi MBKM by Design FKM UNAIR

Pelaksanaan kegiatan kerja praktik atau magang ini dilaksanakan di kantor Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta yang beralamat di Jl. Angkasa I No. 2, Kemayoran Jakarta Pusat, Jakarta 10610. Telepon (021)196. Email: cc196@bmgk.go.id.

3.2 Waktu Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR

Pelaksanaan kegiatan magang MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG Jakarta dilaksanakan selama 3 bulan, dimulai dari tanggal 2 Oktober 2023 sampai dengan akhir Desember 2023.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG Jakarta

No.	Jenis Kegiatan	Agus	Sept	Okt				Nov				Des				
		IV	I-IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V
1.	Pengajuan Proposal Magang															
2.	Perkuliah semester 7															
3.	Melakukan studi literatur terkait topik skripsi dan metode yang akan digunakan															
4.	Mempelajari dasar statistika															

5.	Mempelajari analisis statistika																	
6.	Mempelajari pemetaan dasar menggunakan aplikasi QGIS																	
7.	Mempelajari analisis pemetaan																	
8.	Mempelajari pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman Python																	
9.	Pengajuan data penelitian awal kepada pihak instansi terkait																	
10.	Mempelajari data dan dokumen yang terkait dengan kualitas udara dan faktor iklim yang ada di BMKG Jakarta																	
11.	Pemaparan progress MBKM (Ujian Tengah Semester)																	

12.	Pembuatan laporan magang																		
13.	Pemaparan hasil laporan magang (Ujian Akhir Semester)																		

3.3 Metode Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR

Kerja praktik atau magang merupakan kegiatan pengamatan dan pengaplikasian ilmu di instansi terkait atau di industri yang mencakup aktivitas antara lain sebagai berikut:

1. Pengajuan Proposal Magang.
2. Melakukan studi literatur terkait topik skripsi dan metode yang akan digunakan.
3. Mempelajari dasar statistika dan analisisnya.
4. Mempelajari pemetaan dasar serta analisisnya menggunakan aplikasi QGIS.
5. Mempelajari pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman Python.
6. Pengajuan data penelitian awal kepada pihak instansi terkait.
7. Mempelajari data dan dokumen yang terkait dengan kualitas udara dan faktor iklim yang ada di BMKG Jakarta.
8. Pembuatan Laporan Magang.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada kegiatan magang ini dilakukan secara retrospektif menggunakan data sekunder dari dua sumber utama:

1. Data Kualitas udara (PM_{2.5}) dan Data Iklim (Kelembapan dan Curah Hujan)

Data ini berupa data re-analisis yang diunduh melalui ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecast) dan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta. Data ini mencakup kadar konsentrasi polutan udara (PM_{2.5}), kelembapan, dan curah hujan di wilayah Jakarta selama rentang waktu tahun 2018 hingga 2022.

2. Data Kejadian Tuberkulosis

Data ini diperoleh dari Dinas Kesehatan Jakarta dan Kementerian Kesehatan RI. Data tersebut mencakup jumlah angka kejadian (kasus) Tuberkulosis yang terjadi di Jakarta pada tahun 2022.

3.5 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam pembuatan laporan magang ini adalah *editing*, *coding*, *data entry*, dan *data cleaning* menggunakan bahasa pemrograman Python. Analisis Univariat digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata, nilai maksimal, dan nilai minimum dari setiap jenis data. Grafik dan pemetaan digunakan untuk menggambarkan tren dan distribusi data. Adapun teknik pengolahan dan analisis pada setiap data-nya melibatkan beberapa tahapan yaitu:

- a. Data Kualitas udara dan Faktor Iklim di Jakarta

- 1) Pengunduhan Data

Data re-analisis ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecast) dalam bentuk bulanan menyesuaikan longitude, latitude, bulan, dan tahun yang digunakan. Data kualitas udara diunduh melalui *website* 'ECMWF Atmospheric Composition Reanalysis 4 (EAC4)' untuk PM_{2.5}, dan data Iklim yang diunduh melalui *website* 'ECMWF Atmospheric Reanalysis 5 (ERA5)' untuk Kelembapan dan Curah Hujan. Data re-analisis digunakan karena memberikan jangkauan yang lebih luas daripada data pengamatan langsung, membantu merapatkan jaringan data.

Bentuk data re-analisis digunakan karena cakupan data ini lebih luas daripada data pengamatan langsung, ini membantu dalam menyempurnakan jaringan data. Hal ini dikarenakan stasiun pengamatan iklim di Jakarta hanya memiliki satu titik, sehingga data reanalisis, yang telah sering dimanfaatkan dalam literatur sebelumnya, menjadi pilihan yang layak dan efektif.

2) *Regridding* dan Mengubah Satuan Data

Langkah pertama yang dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python adalah mengubah resolusi grid (titik peta) menjadi 0.05° atau setara dengan 5 km agar data yang diunduh dapat mencakup Kabupaten/Kota yang ada di Jakarta. Resolusi grid data re-analisis PM 2.5 adalah 0.75° , dan data iklim adalah 0.25° . Selanjutnya, mengubah satuan data re-analisis sesuai dengan yang digunakan oleh BMKG. Kemudian, data dikonversi dari format .nc (NetCDF) menjadi .csv agar lebih mudah diakses dan diproses.

3) Pemetaan dan Grafik Data

Untuk menghasilkan pemetaan dan grafik data yang diinginkan, bahasa pemrograman Python digunakan sehingga mendapat hasil:

- Peta Spasial Rata-Rata dalam bentuk bulanan pada setiap wilayah Kabupaten/Kota
- Grafik *Time Series* Rata-Rata dalam bentuk bulanan pada setiap wilayah Kabupaten/Kota
- Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan pada setiap wilayah Kabupaten/Kota

4) Interpretasi Hasil

Dalam Langkah ini akan dilakukan analisis tekstual untuk menyajikan pemahaman terkait dengan visualisasi yang dihasilkan. Hasil analisis ini dapat melibatkan penjelasan tentang tren, pola, atau perbedaan yang muncul dalam peta spasial, grafik *time series*, dan grafik siklus.

b. Data Kejadian Tuberkulosis di Jakarta

1) Perekapan Data

Data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Jakarta dan Kementerian Kesehatan RI direkap menggunakan Microsoft Excel. Data berupa data kejadian Tuberkulosis dalam bentuk bulanan di Jakarta pada tahun 2022 berdasarkan Kabupaten/Kota.

2) Pemetaan dan Grafik Data

Untuk menghasilkan pemetaan dan grafik data yang diinginkan, bahasa pemrograman Python digunakan sehingga mendapat hasil:

- Peta Spasial Jumlah Kejadian Tuberkulosis dalam bentuk bulanan pada setiap wilayah Kabupaten/Kota
- Grafik Siklus Bulanan Jumlah Kejadian Tuberkulosis pada setiap wilayah Kabupaten/Kota
- Grafik *Overlay* kualitas udara dan Faktor Iklim dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis pada setiap wilayah Kabupaten/Kota

3) Interpretasi Hasil

Dalam Langkah ini akan dilakukan analisis tekstual untuk menyajikan pemahaman terkait dengan visualisasi yang dihasilkan. Hasil analisis ini dapat melibatkan penjelasan tentang tren, pola, atau perbedaan yang muncul dalam peta spasial, grafik siklus, dan grafik *overlay*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

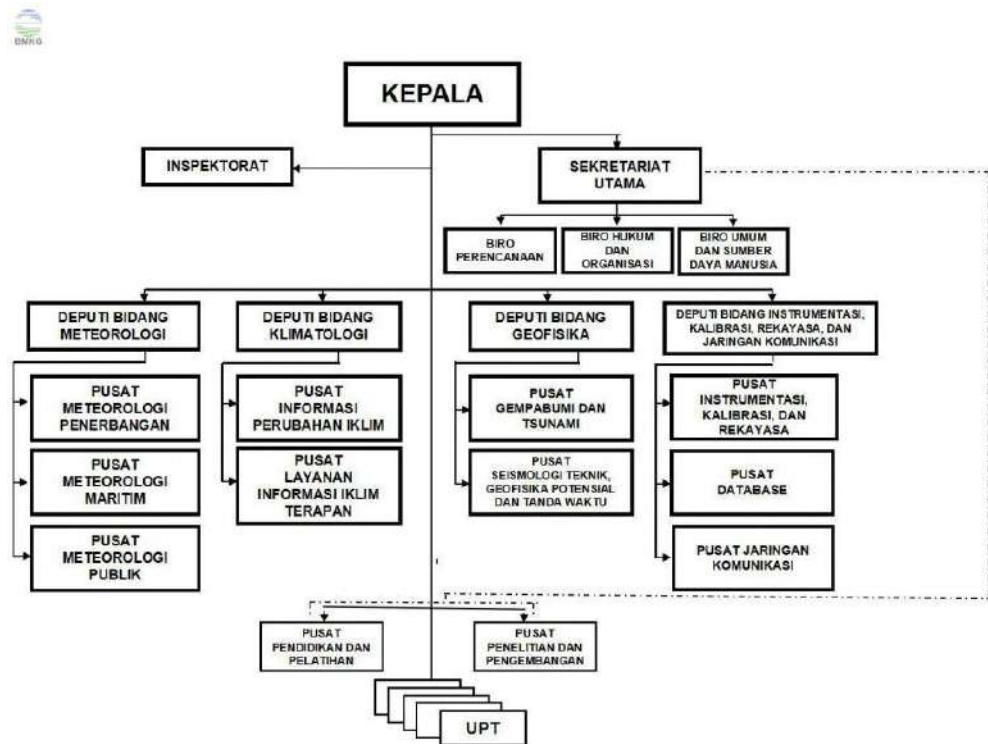
4.1 Gambaran Umum Instansi

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) berstatus sebagai Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) yang dipimpin oleh seorang Kepala Badan. BMKG memiliki tugas utama untuk melaksanakan pemerintahan di bidang Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, dan Geofisika sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Dalam menjalankan tugas tersebut, BMKG memiliki sejumlah fungsi, antara lain merumuskan kebijakan nasional dan umum di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika, serta melakukan koordinasi, perencanaan, dan program di bidang tersebut.

Selain itu, BMKG bertanggung jawab atas observasi, pengolahan data dan informasi, serta pelayanan data dan informasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika. BMKG juga memiliki peran dalam menyampaikan informasi terkait perubahan iklim, memberikan peringatan dini terkait bencana meteorologi, klimatologi, dan geofisika, serta menjalankan kerja sama internasional di bidang tersebut. Selain itu, BMKG terlibat dalam penelitian, pengkajian, dan pengembangan, serta melakukan pendidikan dan pelatihan keahlian di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika. Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya, BMKG dikoordinasikan oleh Menteri yang bertanggung jawab di bidang perhubungan.

Secara garis besar, BMKG memiliki peran dalam melindungi masyarakat dari ancaman bencana alam, mengamati perubahan iklim, serta memberikan informasi akurat dan terkini baik kepada pemerintah maupun masyarakat umum. BMKG Jakarta memiliki jaringan stasiun pemantau cuaca dan iklim yang tersebar di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Stasiun-stasiun ini secara rutin mencatat data meteorologi, termasuk curah hujan dan suhu harian, serta data iklim lainnya.

4.1.1 Struktur Organisasi Instansi



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta

4.2 Pembelajaran Pencapaian *Learning Outcome* Mata Kuliah

4.2.1 Instrumentasi dan Observasi Lingkungan (Semester 6)

a) Materi SIG pada TM 4

Pada materi perkuliahan SIG dalam mata kuliah Instrumentasi dan Observasi Lingkungan, mahasiswa diajarkan untuk menggunakan *tools* QGIS, GeoDa, Google Earth, dan GPS Essentials. Pengetahuan yang diperoleh dari pembelajaran ini memiliki relevansi yang dapat diaplikasikan oleh mahasiswa pada saat melaksanakan magang di BMKG. Sebagai bagian dari pembelajaran ini, mahasiswa memperoleh keterampilan dalam pengolahan data geospasial menggunakan *tools* seperti QGIS dan GeoDa. Materi yang diajarkan diantaranya mencakup teknik-teknik analisis spasial, *overlay layer*, dan penyusunan peta tematik. Melalui penerapan praktis ini, mahasiswa dapat menguasai

keterampilan dalam mengolah dan menginterpretasikan data lingkungan dengan bantuan sistem informasi geografis.

Dengan demikian, pembelajaran pada mata kuliah Instrumentasi dan Observasi Lingkungan pada semester 6 ini memberikan mahasiswa pemahaman mendalam tentang penggunaan alat-alat SIG dan kemampuan untuk mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam konteks pengamatan lapangan serta pengolahan dan analisis data geospasial.

b) Materi Pengukuran Udara pada TM 13

Pada materi perkuliahan Pengukuran Udara dalam mata kuliah Instrumentasi dan Observasi Lingkungan, mahasiswa diajarkan untuk melakukan pengukuran kualitas udara menggunakan alat HAZ-DUST EPAM 5000, serta melakukan analisis berdasarkan kebijakan yang berlaku.

Pengetahuan yang diperoleh dari pembelajaran ini memiliki relevansi dan dapat diaplikasikan oleh mahasiswa saat menjalani magang di BMKG. Dalam melakukan pengukuran kualitas udara, BMKG Jakarta menggunakan teknologi yang lebih canggih dan otomatis yang dilakukan per jam. Hasil pengukuran ini dapat dilakukan analisis oleh mahasiswa sesuai dengan standar yang digunakan oleh BMKG.

4.2.2 Pengelolaan Lingkungan Hidup (Semester 7)

a) Pencemaran Udara pada TM1

Materi perkuliahan mengenai pencemaran udara dalam mata kuliah Pengelolaan Lingkungan Hidup membekali mahasiswa dengan pemahaman mendalam tentang sumber-sumber pencemaran udara, standar-standar pencemaran udara, dampaknya terhadap kesehatan masyarakat, dan strategi pengelolaannya. Dalam hubungannya dengan pelaksanaan magang di BMKG, mahasiswa dapat mengaplikasikan pengetahuan ini dengan mengidentifikasi pola pencemaran udara, menganalisa pencemaran udara berdasarkan standar yang berlaku,

memahami pengukuran kualitas udara, dan menyusun rekomendasi untuk mengurangi risiko dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat.

b) Program Iklim pada TM 2

Pada materi program iklim dalam mata kuliah Pengelolaan Lingkungan Hidup, mahasiswa memperoleh wawasan tentang program-program iklim yang berfokus pada mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dalam hubungannya dengan pelaksanaan magang di BMKG, mahasiswa dapat memperdalam pemahaman mengenai sejauh mana perubahan iklim dapat memengaruhi kesehatan masyarakat. Proses pembelajaran ini mencakup pemahaman mendalam tentang strategi mitigasi yang diterapkan untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim. BMKG Pusat juga aktif dalam diseminasi informasi iklim dan kualitas udara (GRK), yang nantinya dapat digunakan sebagai dasar untuk program kampung iklim (informasi lebih lanjut dapat diakses di: <https://iklim.bmkg.go.id/id/>). Melalui *Climate Early Warning System (CEWS)*, BMKG terlibat dalam kegiatan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, termasuk potensi pemanfaatan energi surya.

c) Pembangunan Berkelanjutan

Pada materi pembangunan berkelanjutan dalam mata kuliah Pengelolaan Lingkungan Hidup, mahasiswa memperoleh wawasan konsep dan prinsip-prinsip untuk merencanakan dan melaksanakan pembangunan yang memperhatikan keberlanjutan lingkungan. Dalam hubungannya dengan pelaksanaan magang di BMKG, mahasiswa dapat melihat bagaimana prinsip-prinsip ini diimplementasikan dalam praktiknya, khususnya dalam konteks pelayanan informasi meteorologi dan klimatologi yang berkelanjutan. Ini memberikan pengalaman langsung terkait dengan cara lembaga tersebut berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan baik di tingkat lokal maupun nasional.

Dalam materi perkuliahan ini, Pentingnya hubungan antara perubahan iklim dan kesehatan masyarakat juga diakui dalam konsep-konsep seperti *population health* dan *determinants of health*. Dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan dianggap setara dalam pembangunan berkelanjutan. Faktor fisik dalam lingkungan alam, seperti kualitas udara yang dihirup, air yang dikonsumsi, dan makanan yang dikonsumsi, memiliki pengaruh signifikan pada kesehatan. Sebuah studi di Kanada, misalnya, telah mengidentifikasi masalah kesehatan yang terkait dengan perubahan iklim, seperti peningkatan polutan udara, dampak kesehatan dari gelombang panas dan dingin, penularan penyakit oleh serangga, dampak kesehatan dari penipisan ozon stratosfir, dan dampak peristiwa cuaca ekstrem lainnya. Semua aspek ini menjadi penting dalam pengembangan kebijakan kesehatan masyarakat yang responsif dan berkelanjutan.

4.2.3 Sistem Informasi Geografis (Lintas Minat Biostatistika : Semester 7)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System (GIS)* adalah suatu sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah data spasial yang memiliki referensi geografis. Manfaat umum dari SIG adalah menyediakan informasi yang mencerminkan kondisi sebenarnya, memungkinkan prediksi hasil, dan mendukung perencanaan strategis. Secara keseluruhan, SIG beroperasi melalui integrasi lima komponen utama, yaitu data, perangkat lunak, perangkat keras, pengguna, dan aplikasi. Terdapat banyak *tools* yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan Sistem Informasi Geografis, baik itu yang berbasis *desktop* maupun berbasis *website*. *Tools* yang berbasis *desktop* antara lain ArcView, ArcGis, Map Info dan sebagainya (Masykur, 2014).

Sama seperti materi perkuliahan SIG dalam mata kuliah Instrumentasi dan Observasi Lingkungan, mahasiswa diajarkan untuk menggunakan *tools* QGIS, GeoDa, Google Earth, dan GPS Essentials. Pengetahuan yang diperoleh dari proses pembelajaran ini memiliki relevansi yang dapat diaplikasikan oleh mahasiswa pada saat melaksanakan magang di BMKG. Sebagai bagian integral dari pembelajaran ini, mahasiswa memperoleh keterampilan yang mendasar dalam pengolahan data

geospasial, serta menggunakan alat-alat seperti QGIS dan GeoDa. Materi yang ditekankan mencakup berbagai teknik analisis spasial, *overlay layer*, dan penyusunan peta tematik. Mata kuliah ini juga membahas lebih mendalam mengenai Sistem Informasi Geografis (SIG), memungkinkan mahasiswa untuk memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep SIG dalam skenario lingkungan dan perubahan geografis.

Selain itu, mahasiswa belajar tentang integrasi data geospasial dari berbagai sumber untuk menghasilkan informasi yang lebih komprehensif. Dalam pemahaman yang lebih mendalam tentang SIG, mahasiswa dapat mengaplikasikan konsep-konsep ini untuk menganalisis dan memahami hubungan spasial antarberbagai variabel lingkungan. Dengan demikian, pembelajaran dalam mata kuliah ini bukan hanya sebatas penguasaan keterampilan teknis dalam penggunaan alat-alat SIG, tetapi juga menekankan konsep dan pemahaman yang lebih mendalam tentang peran dan signifikansi SIG dalam konteks pengelolaan lingkungan hidup.

4.3 Analisis Tren Kualitas udara dan Faktor Iklim di Jakarta Tahun 2018-2022

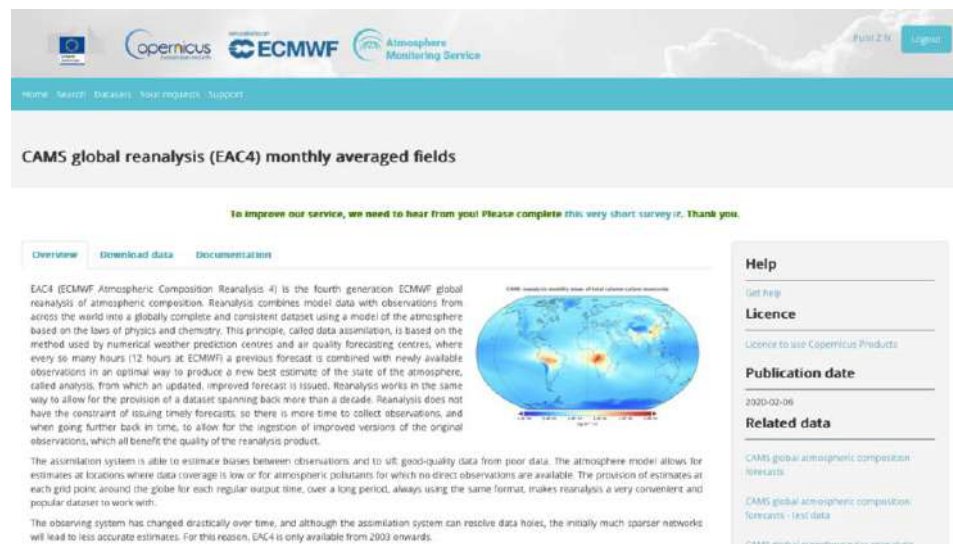
4.3.1 Data Re-Analisis ECMWF

The European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) adalah organisasi penelitian ilmiah yang berfokus pada peramalan cuaca jangka menengah di Eropa dan skala global. ECMWF memiliki tujuan untuk meningkatkan pemahaman dan prediksi cuaca di berbagai skala waktu, mulai dari beberapa hari hingga beberapa minggu ke depan. Organisasi ini dikenal sebagai pusat keunggulan dalam bidang model cuaca numerik dan menyediakan data cuaca yang sangat penting bagi berbagai sektor, termasuk meteorologi, kelautan, pertanian, dan penelitian ilmiah. Dengan menggunakan teknologi tinggi dan model matematika kompleks, ECMWF menyediakan prediksi cuaca yang lebih akurat untuk membantu pemerintah, lembaga penelitian, dan sektor swasta dalam mengambil keputusan terkait cuaca dan iklim.

a) Mengunduh Data Kualitas udara (EAC4)

ECMWF Atmospheric Composition Reanalysis 4 (EAC4) adalah re-analisis ECMWF generasi keempat dari komposisi atmosfer. Data re-analisis menggabungkan data model dengan pengamatan dari seluruh dunia menjadi kumpulan data yang lengkap dan konsisten secara global dengan menggunakan model atmosfer berdasarkan hukum fisika dan kimia. Prinsip ini, yang disebut asimilasi data, didasarkan pada metode yang digunakan oleh pusat prediksi cuaca numerik dan pusat prakiraan kualitas udara, di mana setiap beberapa jam (12 jam di ECMWF) prakiraan sebelumnya digabungkan dengan pengamatan yang baru tersedia dengan cara yang optimal untuk menghasilkan estimasi status atmosfer yang disebut analisis, yang kemudian diterbitkan prakiraan yang lebih baik dan diperbarui. Data EAC4 menggunakan *grid* lintang-lintang reguler sebesar $0,75^\circ$ untuk data re-analisis.

- 1) Membuka *website* ECMWF ERA5 kemudian cari informasi data yang akan diunduh melalui bagian 'Overview'. Setelah menyesuaikan informasi data (bentuk, rincian, dan satuan data) yang ada dengan data yang akan diunduh, selanjutnya pilih 'Download Data' untuk mengunduh data. Untuk mendapatkan akses unduhan data, pastikan sudah melakukan *register* akun terlebih dahulu.

Gambar 4.2 Tampilan *Website* EAC4

Link halaman website :

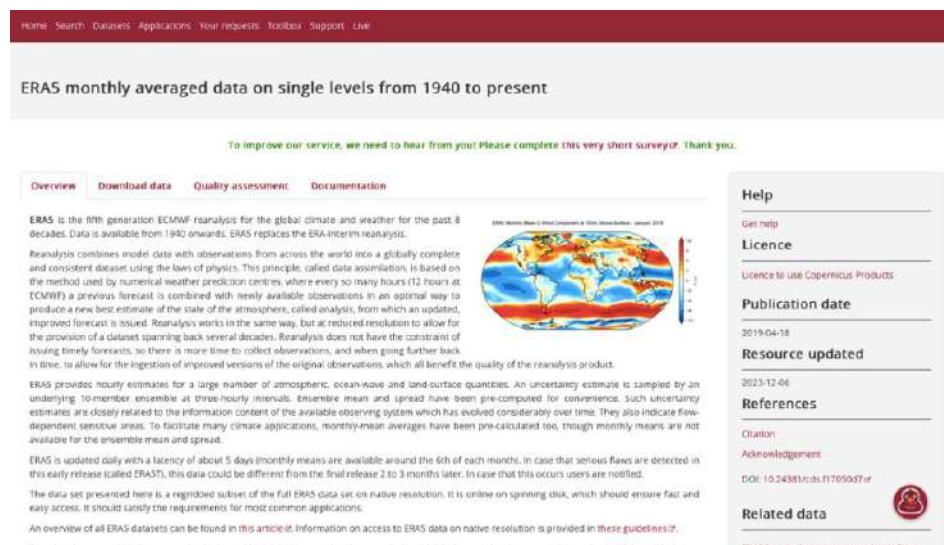
<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-reanalysis-eac4-monthly?tab=overview>

- 2) Pada bagian 'Variable' pilih data yang akan diunduh. Pada penelitian ini, variabel yang diunduh adalah *Particulate matter d < 2.5 μm* (PM_{2.5}) dalam bentuk '*Single level*' dan satuan kg/m³.
 - 3) Setelah itu pilih bagian 'Year', 'Month', dan 'Product typee' sesuai dengan data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan mencakup rata-rata setiap bulan dalam rentang waktu 2018-2022.
 - 4) Selanjutnya, terdapat bagian 'Area' yaitu pemilihan titik koordinat dari fokus area geografis yang akan diteliti. Pada penelitian ini, fokus area yang digunakan adalah Jakarta. Untuk menentukan titik koordinat dari suatu wilayah yang akan diteliti, bisa didapatkan melalui *website* 'GOODS'
(https://gnome.orr.noaa.gov/goods/tools/GSHHS/coast_subset).
Dalam memilih titik koordinat, pastikan ambil jangkauan yang lebih luas dari wilayah yang akan diteliti agar hasil data dapat terbaca dengan sempurna.
 - 5) Pada bagian 'Format', pilih jenis data 'NetCDF (experimental)' untuk mendapatkan data dalam bentuk .nc selanjutnya dapat 'submit' untuk memproses data.
 - 6) Setelah data selesai di proses, unduh data untuk di simpan di dalam komputer.
- b) Mengunduh Data Faktor Iklim (ERA5)

ERA5 adalah re-analisis ECMWF generasi kelima untuk iklim dan cuaca global selama 8 dekade terakhir. ERA5 memberikan perkiraan per jam untuk sejumlah besar kuantitas atmosfer, gelombang laut, dan permukaan tanah. Data re-analisis menggabungkan data model dengan pengamatan dari seluruh dunia menjadi kumpulan data yang lengkap dan konsisten secara global dengan menggunakan hukum fisika. Data ERA5 telah di *regridding* ke *grid* lintang-lintang reguler 0,25° untuk data re-analisis. ERA5 menyediakan data

per jam dan bulanan, baik pada level tekanan (medan udara atas) dan level tunggal (jumlah atmosfer, gelombang laut, dan permukaan daratan). Langkah yang dilakukan untuk mengunduh data re-analisis faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) adalah sebagai berikut:

- 1) Membuka *website* ECMWF ERA5 kemudian cari informasi data yang akan diunduh melalui bagian 'Overview'. Setelah menyesuaikan informasi data (bentuk, rincian, dan satuan data) yang ada dengan data yang akan diunduh, selanjutnya pilih 'Download Data' untuk mengunduh data.



Gambar 4.3 Tampilan *Website* ERA5

Link halaman *website* :

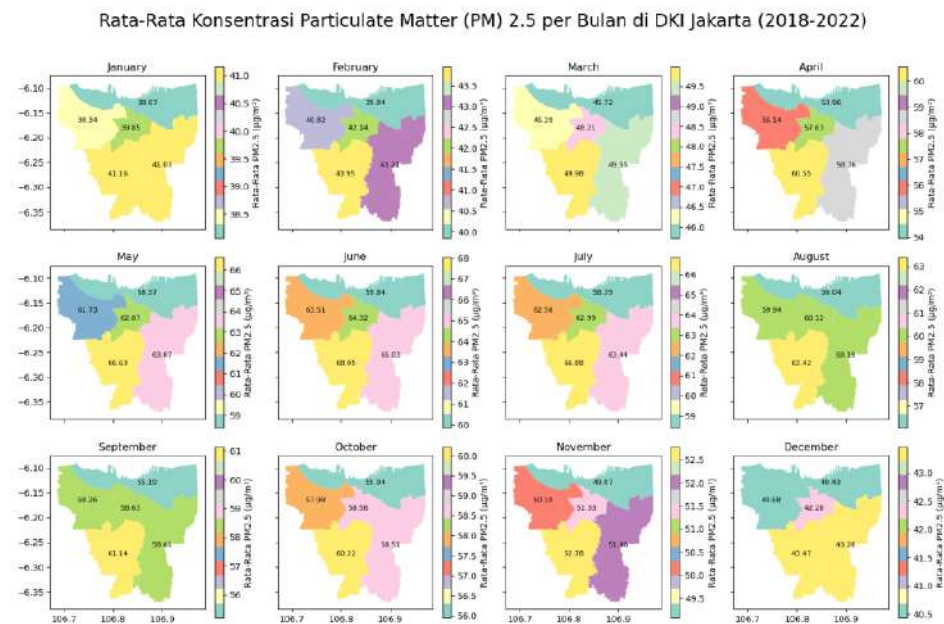
<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview>

- 2) Pilih jenis data yang dibutuhkan dalam bagian 'Product type'. Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan adalah 'monthly averaged reanalysis'.
- 3) Pada bagian 'Variable' pilih data yang akan diunduh. Pada penelitian ini, variabel yang diunduh adalah *2m dewpoint temperature* dan *2m temperature* untuk data kelembapan, kemudian *total precipitation* untuk data curah hujan.

- 4) Setelah itu pilih bagian 'Year', dan 'Month' sesuai dengan data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan mencakup rata-rata setiap bulan dalam rentang waktu 2018-2022.
- 5) Selanjutnya, terdapat bagian 'Area' yaitu pemilihan titik koordinat dari fokus area geografis yang akan diteliti. Pada penelitian ini, fokus area yang digunakan adalah Jakarta. Untuk menentukan titik koordinat dari suatu wilayah yang akan diteliti, bisa didapatkan melalui *website* 'GOODS'
(https://gnome.orr.noaa.gov/goods/tools/GSHHS/coast_subset).
Dalam memilih titik koordinat, pastikan ambil jangkauan yang lebih luas dari wilayah yang akan diteliti agar hasil data dapat terbaca dengan sempurna.
- 6) Pada bagian 'Format', pilih jenis data 'NetCDF (experimental)' untuk mendapatkan data dalam bentuk .nc selanjutnya dapat '*submit*' untuk memproses data.
- 7) Setelah data selesai di proses, unduh data untuk di simpan di dalam komputer.

4.3.2 Analisis Kualitas udara di Jakarta Tahun 2018-2022

a) Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) 2.5

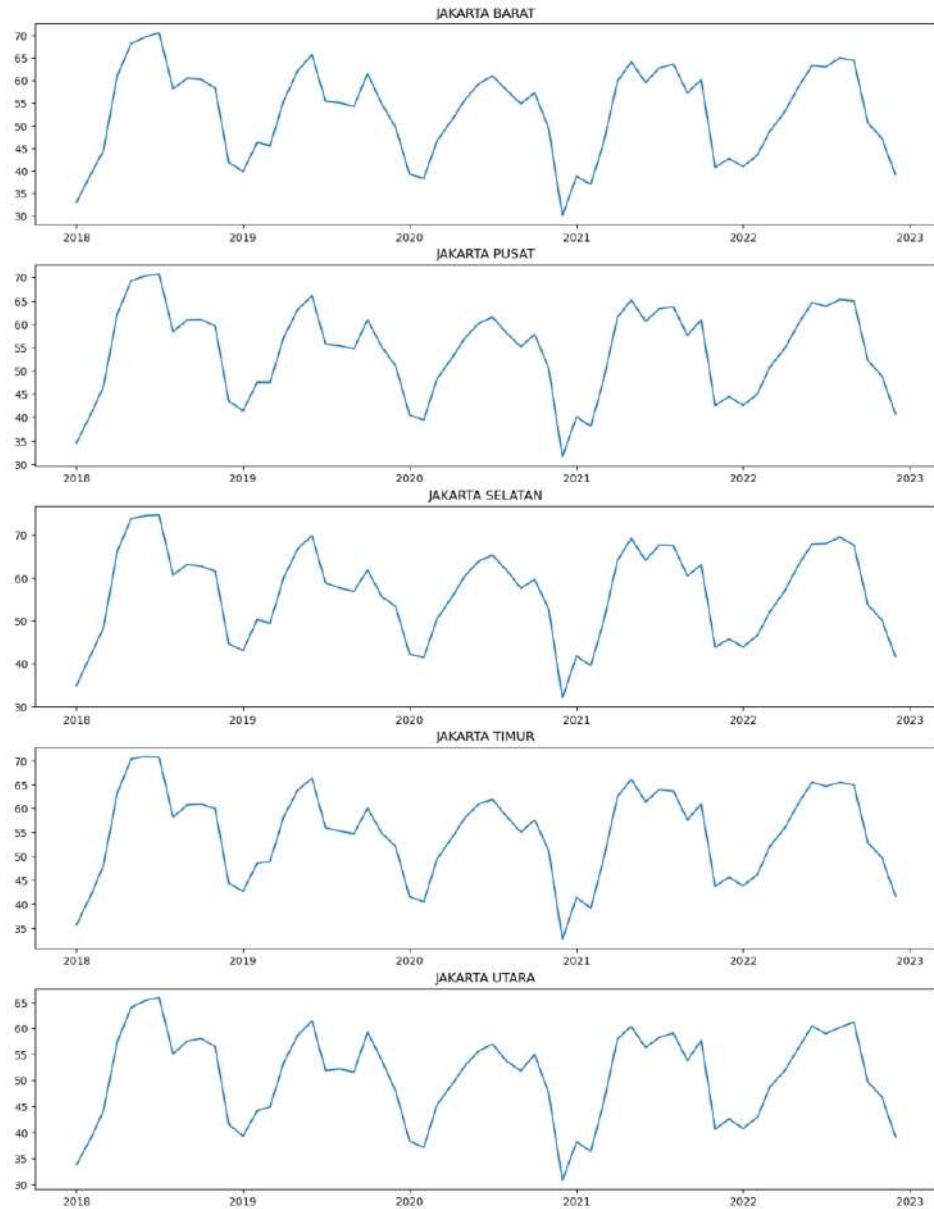


Gambar 4.4 Peta Spasial Rata-Rata Konsentrasi PM 2.5 per Bulan di Jakarta (2018-2022)

Berdasarkan Gambar 4.4, konsentrasi rata-rata kadar *Particulate Matter* (PM) 2.5 per bulan di Jakarta pada periode 2018-2022 menunjukkan pola yang bervariasi. Dalam peta spasial tersebut dapat dilihat bahwa nilai rata-rata tertinggi tercatat pada bulan Juni, mencapai $68.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Jakarta Selatan, sementara nilai rata-rata terendah tercatat pada bulan Januari sebesar $38.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Jakarta Utara. Peta Spasial ini menunjukkan adanya pola musiman atau pengaruh faktor cuaca yang berbeda-beda selama rentang waktu 5 tahun. Konsentrasi kadar polutan $\text{PM}_{2.5}$ di Jakarta selama periode tersebut tergolong dalam kategori tidak sehat untuk nilai rata-rata tertinggi ($55.5\text{-}150.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan nilai rata-rata terendah masuk dalam kategori sedang ($15.6\text{-}55.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) menurut standar yang digunakan oleh BMKG dan juga ISPU. Meskipun terdapat perbedaan spasial antar wilayah, nilai rata-rata yang fluktuatif mengindikasikan tingkat

pencemaran udara rata-rata dalam rentang waktu 5 tahun yang cenderung mencapai kategori tidak sehat.

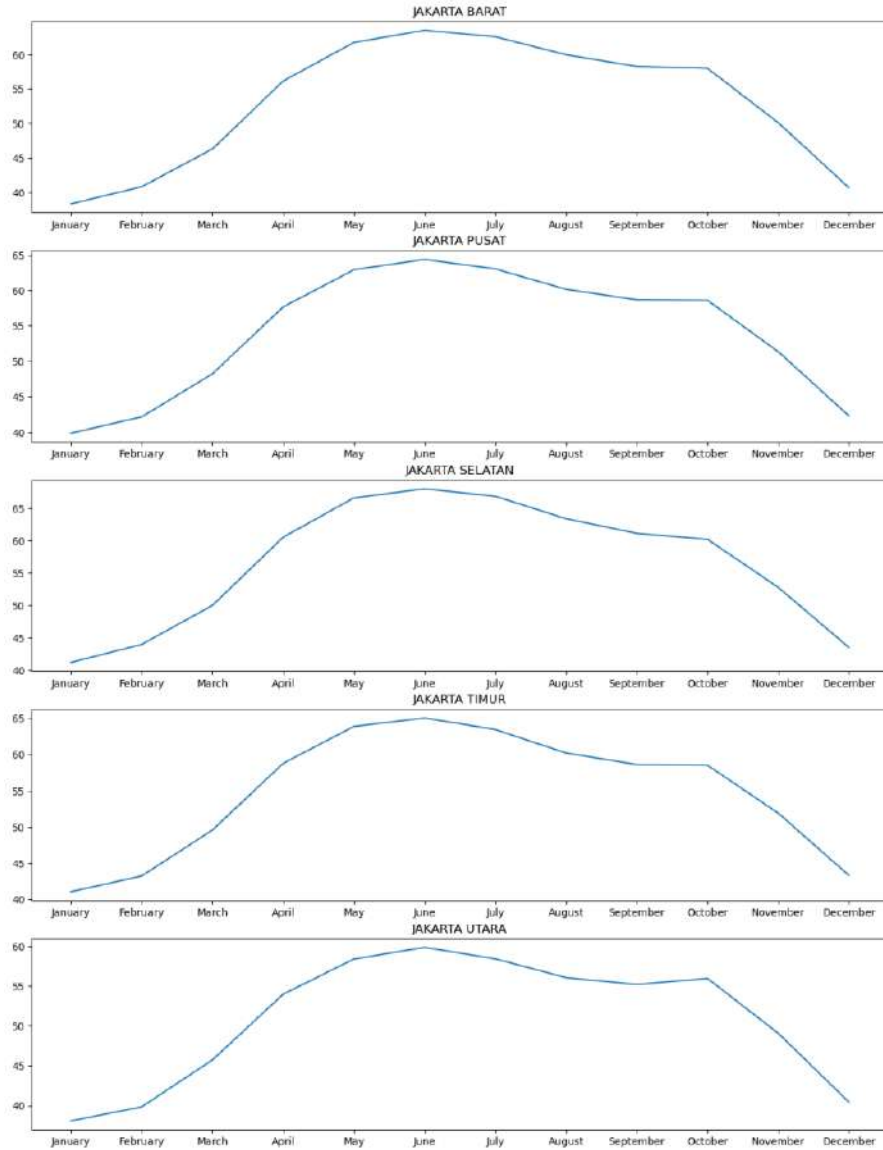
Gambar 4.5, Grafik *time series* rata-rata kadar PM_{2.5} per bulan di Jakarta pada periode 2018-2022 menunjukkan pola yang bervariasi. Puncak tertinggi terjadi pada bulan Juli 2018 dengan nilai 74.64 µg/m³ di Jakarta Selatan, sedangkan titik terendah tercatat pada bulan Desember 2020 dengan nilai 30.07 µg/m³ di Jakarta Barat. Pola variasi ini mengindikasikan adanya variasi musiman atau faktor-faktor tertentu yang memengaruhi konsentrasi PM_{2.5} di wilayah tersebut.



Gambar 4.5 Grafik *Time Series* Rata-Rata PM 2.5 di Jakarta (2018-2022)

Gambar 4.6, Grafik siklus rata-rata bulanan PM_{2.5} di Jakarta pada periode 2018-2022, menyajikan informasi lebih rinci mengenai perubahan nilai rata-rata PM_{2.5} setiap bulannya dalam rentang waktu lima tahun. Data ini disajikan per kabupaten/kota, memungkinkan pengamatan terhadap variasi bulanan yang lebih terfokus. Jakarta Barat, sebagai contoh, menunjukkan variasi yang konsisten sepanjang periode tahun tersebut. Bulan Juni mencatat nilai tertinggi, sementara bulan

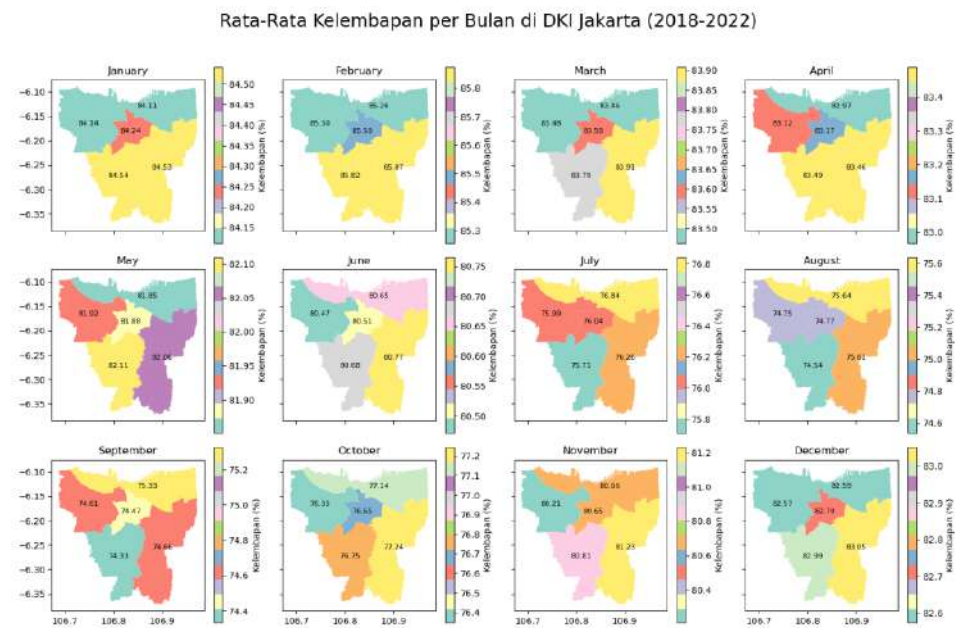
Desember mencatat nilai terendah. Pola ini memberikan wawasan terkait perubahan musiman dan faktor-faktor lingkungan yang mungkin memengaruhi tingkat polusi udara di setiap wilayah Jakarta.



Gambar 4.6 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan PM 2.5 di Jakarta (2018-2022)

4.3.3 Analisis Faktor Iklim di Jakarta Tahun 2018-2022

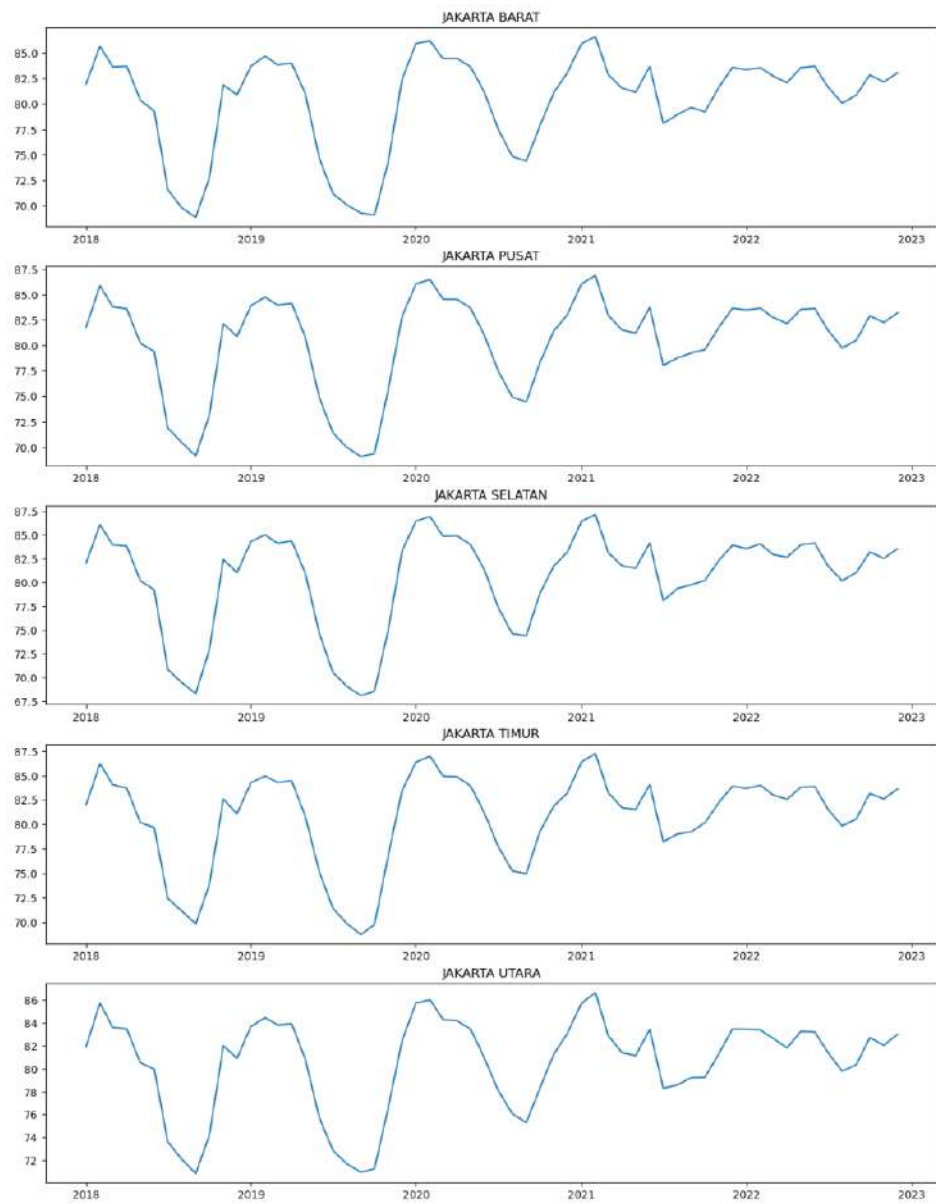
a) Kelembapan



Gambar 4.7 Peta Spasial Rata-Rata Kelembapan per Bulan di Jakarta (2018-2022)

Berdasarkan Gambar 4.7, Peta Spasial rata-rata Kelembapan per bulan di Jakarta pada periode 2018-2022 menunjukkan pola yang bervariasi. Dalam analisis ini, nilai rata-rata kelembapan tertinggi tercatat pada bulan Februari, mencapai 85,87% di Jakarta Timur, sementara nilai rata-rata terendah terjadi pada bulan September sebesar 74,33% di Jakarta Selatan. Peta Spasial ini mencerminkan adanya pola musiman atau perubahan kelembapan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor cuaca selama lima tahun terakhir. Meskipun terdapat variasi spasial antar wilayah, nilai rata-rata kelembapan umumnya berada dalam rentang standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020. Standar tersebut mengategorikan nilai rata-rata kelembapan dalam rentang 40-70%. Meskipun terdapat bulan tertentu yang melebihi standar baku mutu,

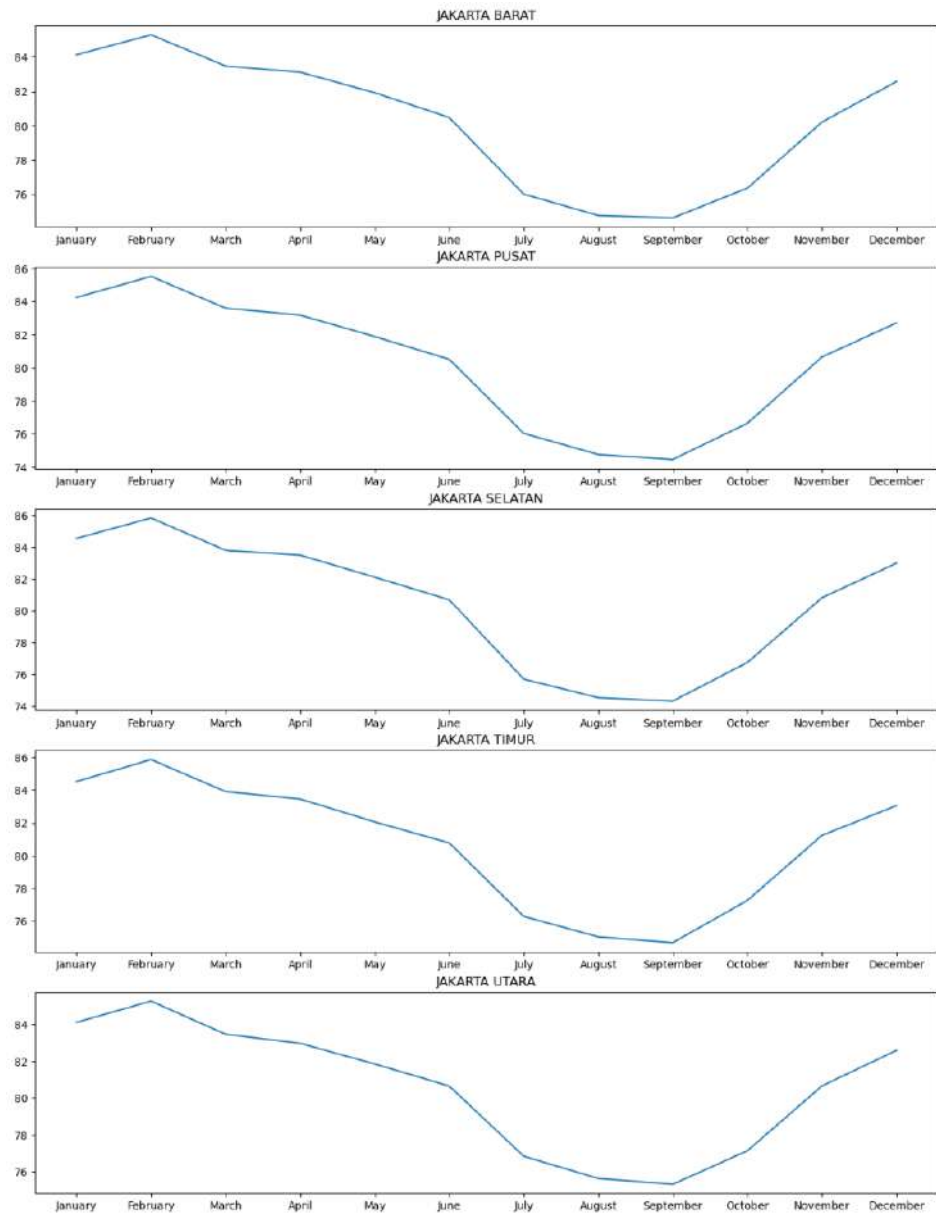
namun secara umum kelembapan udara di Jakarta selama periode 2018-2022 tergolong dalam kategori yang masih dapat diterima.



Gambar 4.8 Grafik *Time Series* Rata-Rata Kelembapan di Jakarta (2018-2022)

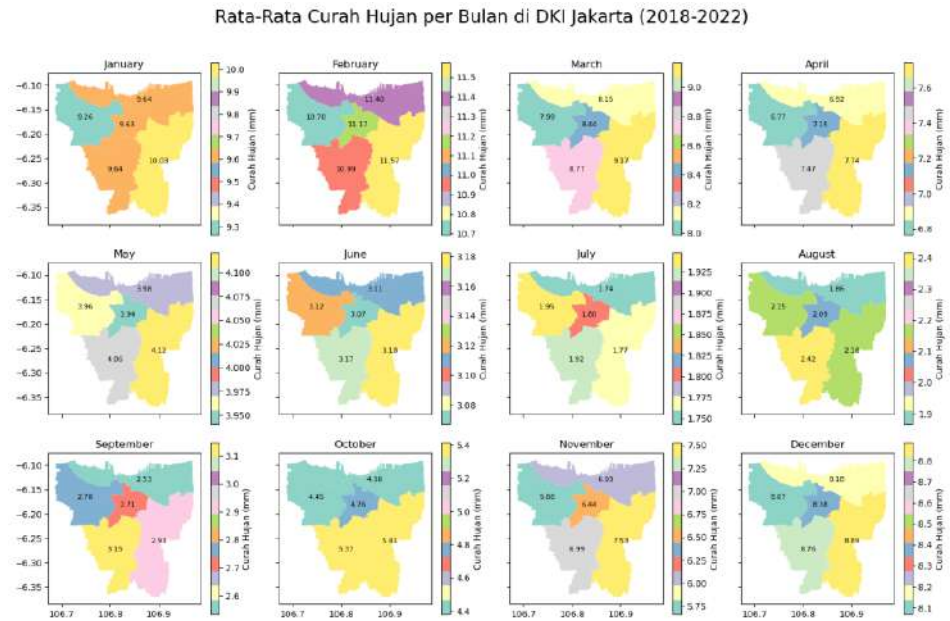
Gambar 4.8, Grafik *time series* rata-rata Kelembapan di Jakarta (2018-2022) menunjukkan pola yang bervariasi selama periode lima tahun terakhir. Pada bulan Februari 2021 mencatat nilai kelembapan tertinggi sebesar 87.24%, sementara nilai terendah kelembapan tercatat pada bulan September 2019 dengan nilai 68.12%. Pemahaman terhadap pola ini dapat memberikan wawasan terkait variasi kelembapan udara di Jakarta selama rentang waktu yang diamati.

Gambar 4.9, Grafik siklus rata-rata bulanan Kelembapan di Jakarta (2018-2022), menampilkan informasi lebih terperinci mengenai variasi bulanan kelembapan udara selama lima tahun terakhir. Data ini disajikan berdasarkan kabupaten/kota, memungkinkan observasi yang lebih fokus terhadap perubahan bulanan. Sebagai contoh, Jakarta Pusat menunjukkan variasi yang signifikan sepanjang tahun, dengan nilai kelembapan tertinggi terjadi pada bulan Juni dan nilai terendah pada bulan Agustus. Peningkatan kelembapan yang konsisten pada bulan Juni dapat dikaitkan dengan musim hujan, sementara penurunan kelembapan pada bulan Agustus mungkin dipengaruhi oleh faktor cuaca kering. Pola ini memberikan wawasan terkait dinamika kelembapan udara di setiap wilayah Jakarta dalam periode 2018-2022.



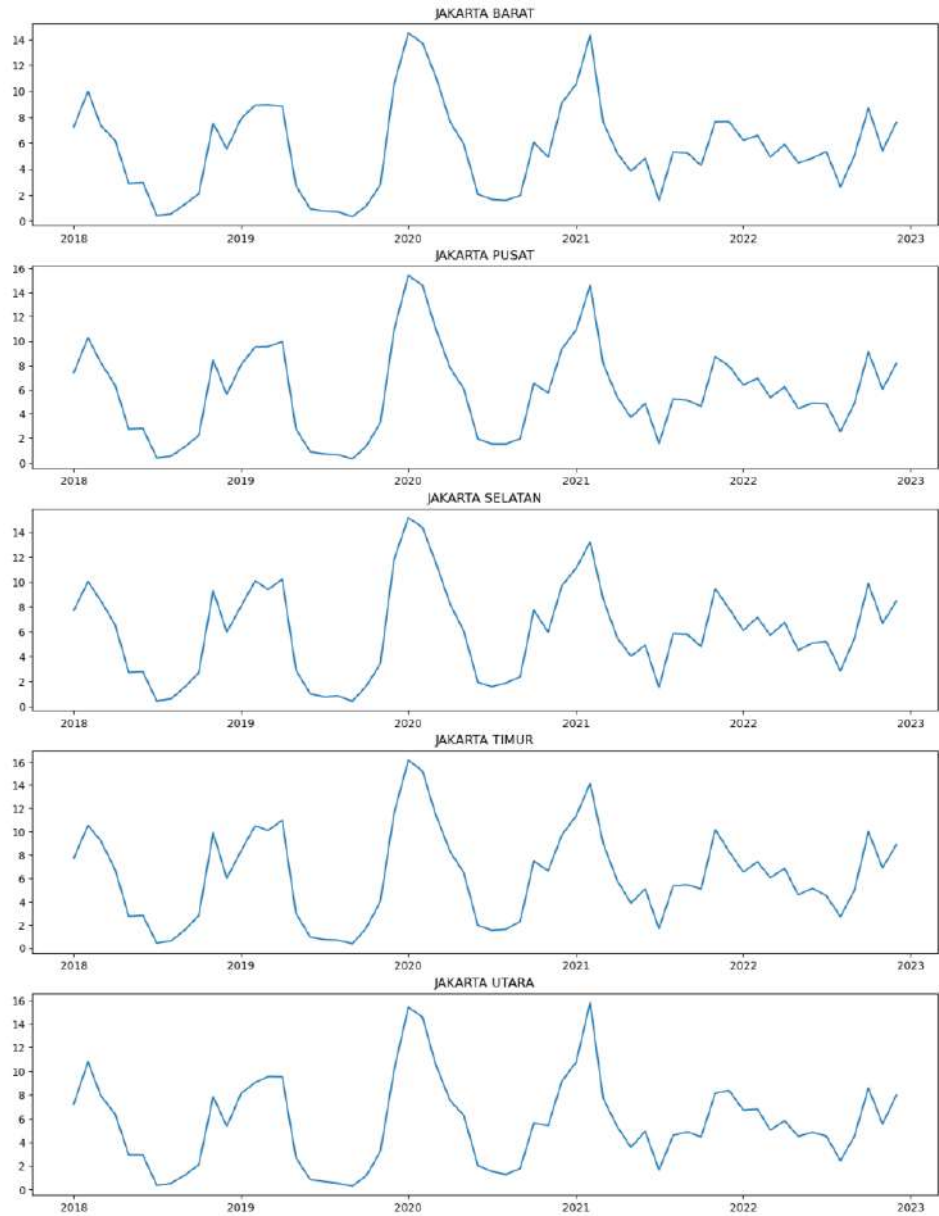
Gambar 4.9 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan Kelembapan di Jakarta (2018-2022)

b) Curah Hujan



Gambar 4.10 Peta Spasial Rata-Rata Curah Hujan per Bulan di Jakarta (2018-2022)

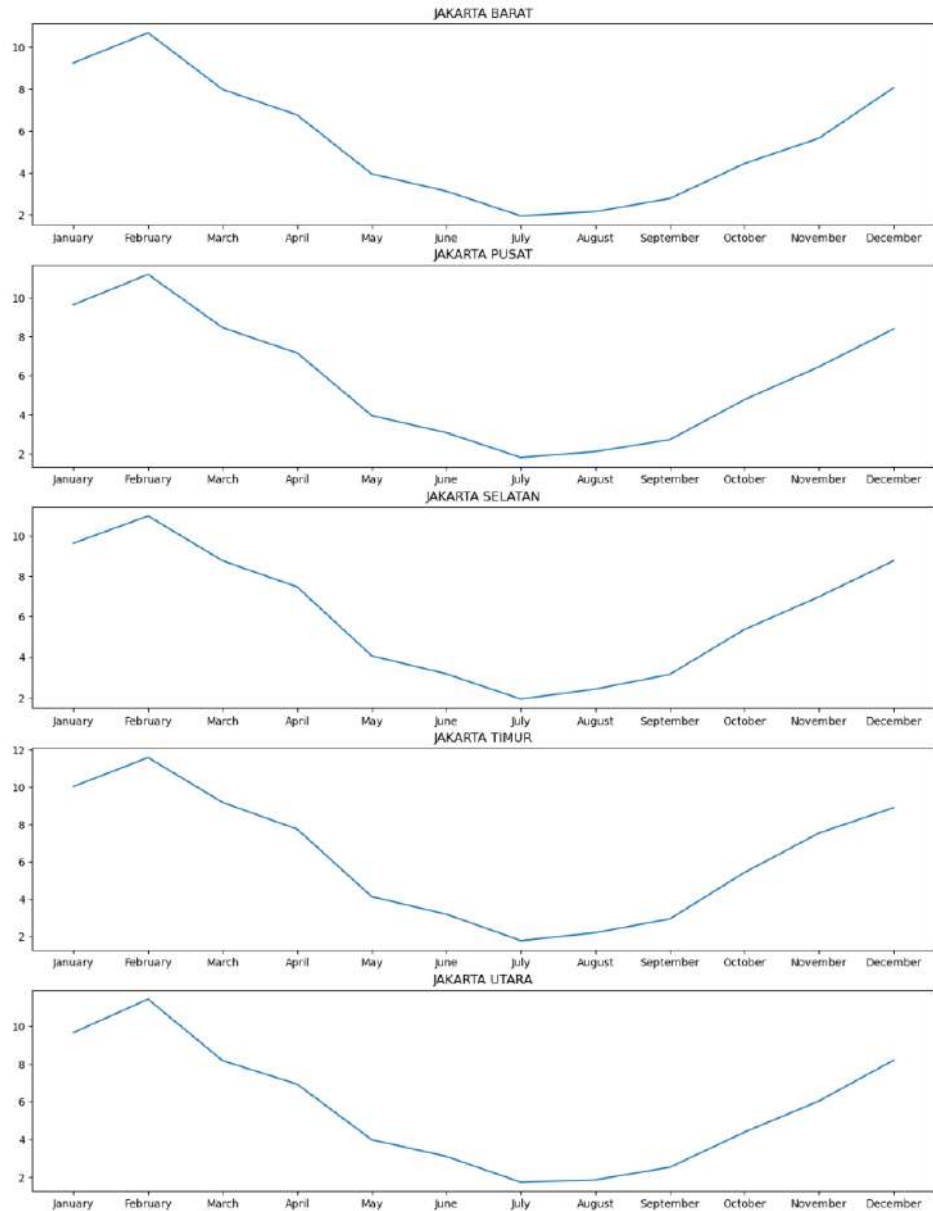
Berdasarkan Gambar 4.10, Peta Spasial rata-rata Curah per bulan di Jakarta pada periode 2018-2022 menunjukkan pola yang bervariasi. Dalam analisis ini, nilai rata-rata curah hujan tertinggi tercatat pada bulan Februari, mencapai 11,57 mm di Jakarta Timur, sementara nilai rata-rata terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 1,74 mm di Jakarta Utara. Peta Spasial ini mencerminkan adanya pola musiman atau perubahan curah hujan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor cuaca selama lima tahun terakhir. Meskipun terdapat variasi spasial antar wilayah, nilai rata-rata curah hujan umumnya berada dalam kategori rendah, sesuai dengan klasifikasi BMKG. Standar BMKG membagi nilai rata-rata bulanan curah hujan dalam rentang rendah (0-100 mm). Dengan adanya bulan-bulan tertentu yang berada di kategori rendah, ini menunjukkan bahwa curah hujan di Jakarta selama periode tersebut secara umum berada dalam kisaran yang rendah.



Gambar 4.11 Grafik *Time Series* Rata-Rata Curah Hujan di Jakarta (2018-2022)

Gambar 4.11, Grafik *time series* rata-rata Curah Hujan di Jakarta (2018-2022) menunjukkan pola yang bervariasi selama periode lima tahun terakhir. Pada bulan Januari 2020 mencatat nilai curah hujan tertinggi sebesar 16.17 mm, kemudian nilai terendah curah hujan tercatat pada bulan September 2019 dengan nilai 0.29 mm. Pemahaman terhadap pola ini dapat memberikan wawasan terkait variasi curah hujan di Jakarta selama rentang waktu yang diamati.

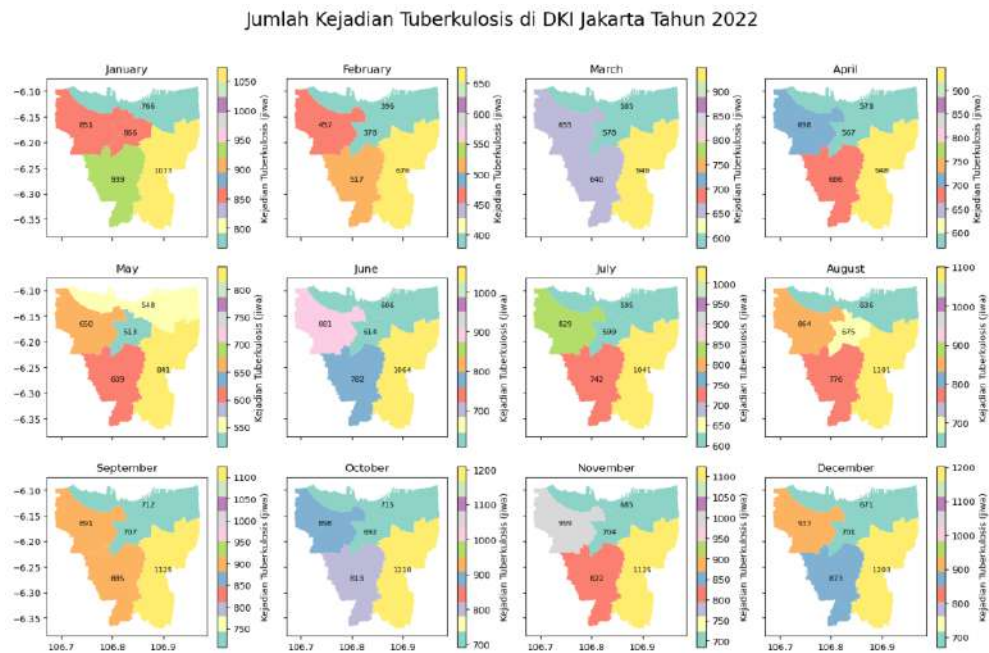
Gambar 4.12, Grafik siklus rata-rata bulanan Curah Hujan di Jakarta (2018-2022), menampilkan informasi lebih terperinci mengenai variasi bulanan curah hujan selama lima tahun terakhir. Data ini disajikan berdasarkan kabupaten/kota, memungkinkan observasi yang lebih fokus terhadap perubahan bulanan. Sebagai contoh, Jakarta Pusat menunjukkan variasi yang konsisten sepanjang tahun, dengan nilai curah hujan tertinggi pada bulan Juni dan terendah pada bulan Agustus. Pola ini memberikan wawasan terkait dinamika kelembapan udara di setiap wilayah Jakarta dalam periode 2018-2022.



Gambar 4.12 Grafik Siklus Rata-Rata Bulanan Curah Hujan di Jakarta (2018-2022)

4.4 Analisis Kualitas udara dan Faktor Iklim dengan Kejadian Tuberkulosis

4.4.1 Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

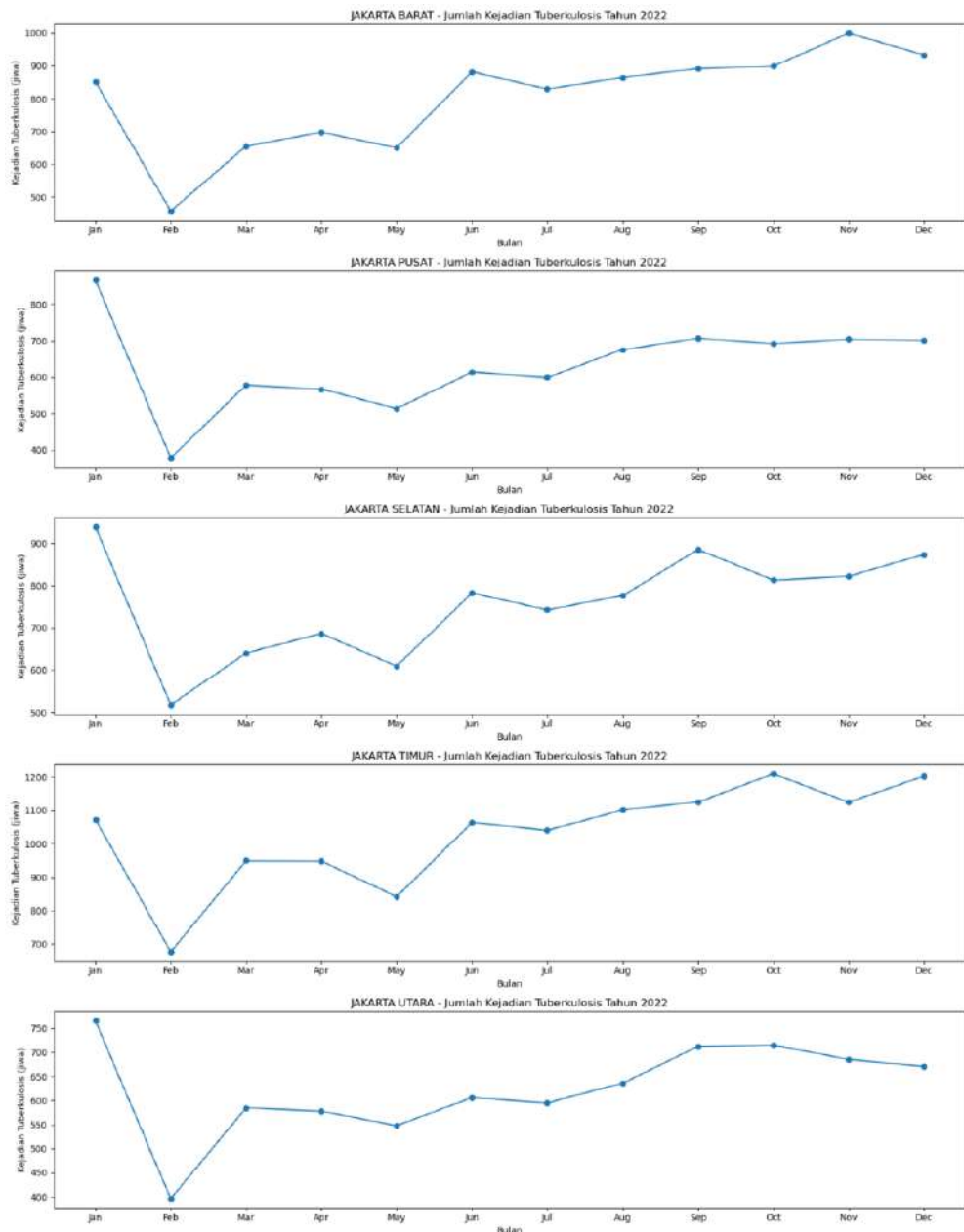


Gambar 4.13 Peta Spasial Jumlah Kejadian Tuberkulosis per Bulan di Jakarta Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 4.13, Peta Spasial jumlah kejadian Tuberkulosis per bulan di Jakarta tahun 2022 menunjukkan pola yang bervariasi dalam distribusi kasus tuberkulosis di setiap wilayah. Bulan Oktober tercatat sebagai bulan dengan jumlah kasus tertinggi sepanjang tahun 2022, yaitu tercatat hingga 1,210 jiwa di Jakarta Timur. Sebaliknya, bulan Februari menjadi bulan dengan jumlah kasus terendah, yaitu 378 jiwa di Jakarta Pusat.

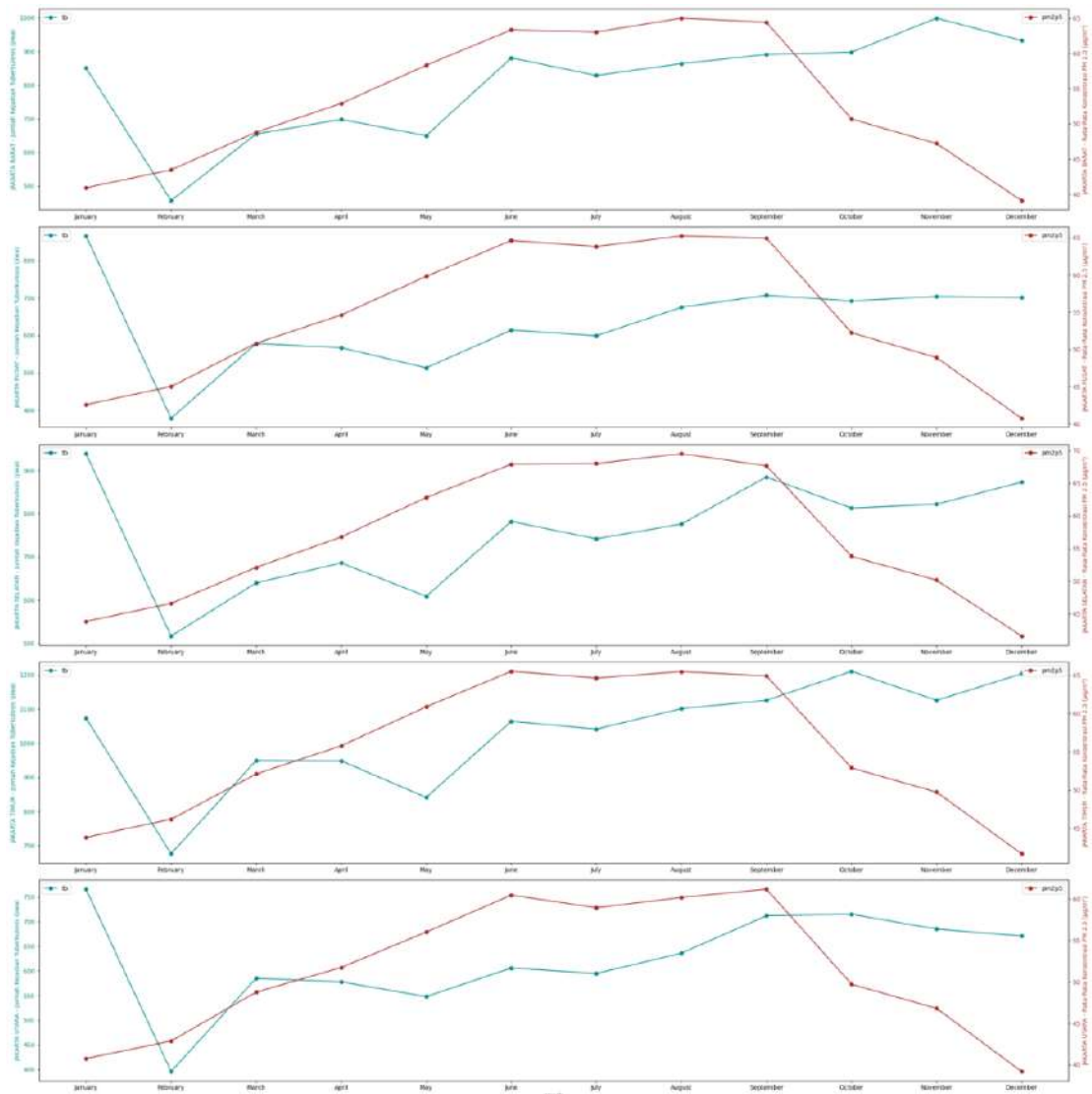
Dalam melihat data per kabupaten/kota (Gambar 4.14), terlihat bahwa Jakarta Timur memiliki total kasus tertinggi sepanjang tahun, mencapai 12,356 jiwa. Jakarta Barat menunjukkan total kasus terbanyak kedua dengan 9,606 jiwa, diikuti oleh Jakarta Selatan dengan total kasus sebanyak 9,084 jiwa. Jakarta Pusat memiliki total kasus 7,594 jiwa, dan Jakarta Utara dengan 7,493 jiwa. Meskipun terdapat variasi jumlah kasus antar wilayah, total keseluruhan untuk Jakarta pada tahun 2022 mencapai 44,539 jiwa. Analisis ini mencerminkan ketidakmerataan geografis dalam distribusi kasus tuberkulosis di Jakarta. Meskipun jumlah kasus tertinggi

terjadi di Jakarta Timur, tetapi Jakarta Barat dan Jakarta Selatan juga menunjukkan jumlah kasus yang signifikan.



Gambar 4.14 Grafik Siklus Jumlah Kejadian Tuberkulosis per Bulan di Jakarta Tahun 2022

4.4.2 *Particulate Matter (PM 2.5)* dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

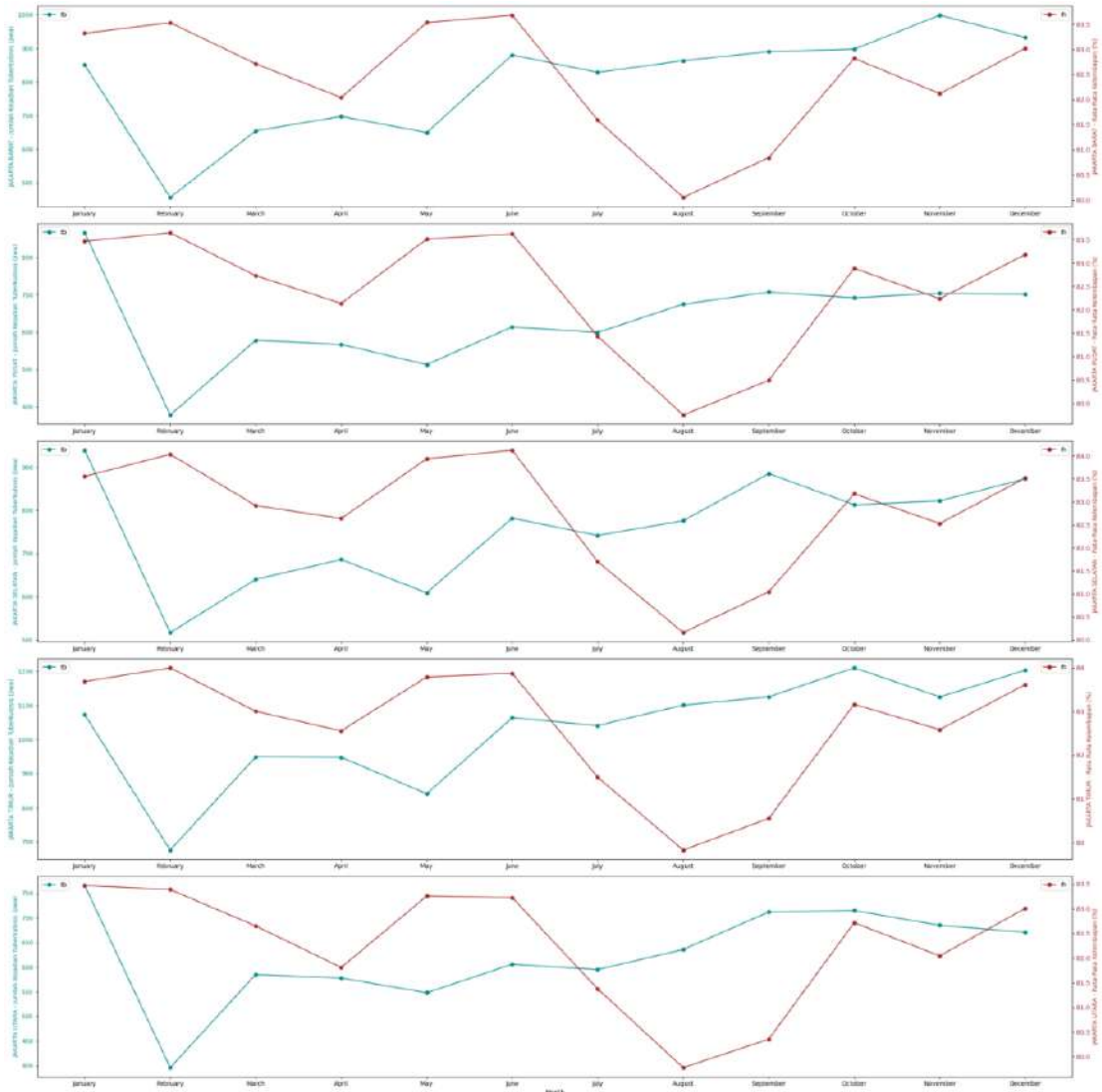


Gambar 4.15 Grafik *Overlay* Rata-Rata Konsentrasi PM 2.5 dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

Berdasarkan Grafik 4.15, dapat dilihat bahwa pola kejadian Tuberkulosis dan rata-rata kadar PM_{2.5} di Jakarta pada tahun 2022 memiliki pola yang cenderung searah dalam tiap bulannya. Ini dapat dilihat dari ketika rata-rata kadar PM_{2.5} mengalami peningkatan, angka kejadian tuberkulosis cenderung mengalami peningkatan, begitu pula sebaliknya. Pada bulan Februari hingga bulan Juni, rata-rata kadar PM_{2.5} mengalami peningkatan dan juga penurunan. ini diikuti oleh pola angka kejadian tuberkulosis yang juga mengalami peningkatan dan penurunan di 3

lokasi yang ada di Jakarta. Adanya perbedaan arah tren ini dapat disebabkan oleh nilai kadar PM_{2.5} yang cenderung fluktuatif dalam setiap jam nya.

4.4.3 Faktor Iklim Kelembapan dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

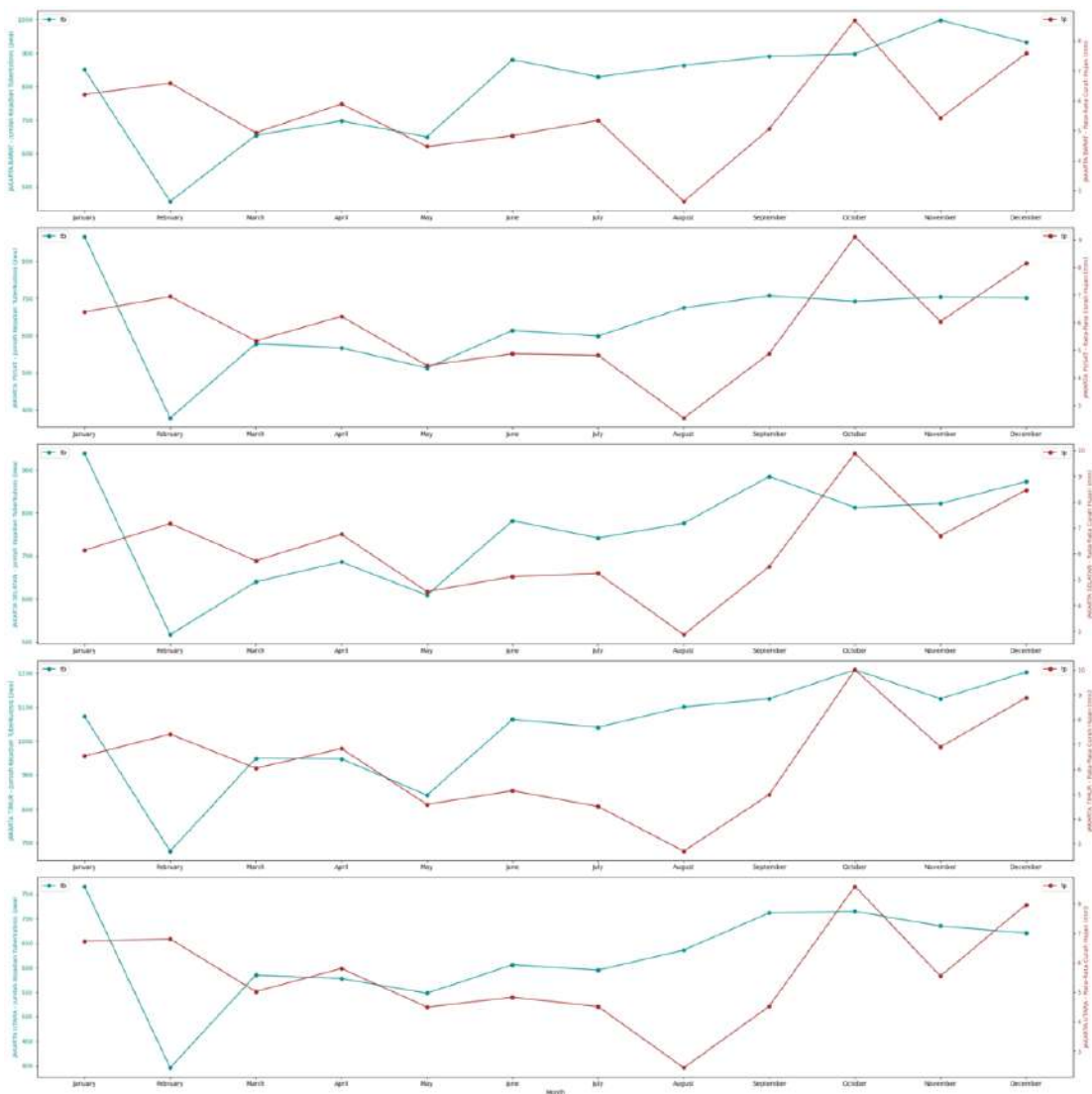


Gambar 4.16 Grafik *Overlay* Rata-Rata Kelembapan dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

Berdasarkan Grafik 4.16, dapat dilihat bahwa pola kejadian Tuberkulosis dan rata-rata kelembapan di Jakarta pada tahun 2022 menunjukkan kecenderungan untuk tidak bergerak bersamaan, tetapi terdapat juga beberapa pola yang searah dengan adanya jeda efek dalam setiap bulannya. Ini dapat dilihat dari ketika rata-rata kelembapan mengalami penurunan pada bulan sebelumnya, angka kejadian

tuberkulosis cenderung mengalami penurunan pada bulan setelahnya atau bahkan beberapa bulan setelahnya. Pada bulan Maret-April, rata-rata kelembapan mengalami penurunan yang kemudian diikuti oleh penurunan angka kejadian tuberkulosis pada bulan berikutnya, yaitu April-Mei, di 4 lokasi yang ada di Jakarta. Adanya perbedaan arah tren ini dapat disebabkan oleh faktor lain yang fluktuatif, seperti suhu atau curah hujan, mengingat Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis.

4.4.4 Faktor Iklim Curah Hujan dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022



Gambar 4.17 Grafik *Overlay* Rata-Rata Curah Hujan dengan Jumlah Kejadian Tuberkulosis di Jakarta Tahun 2022

Berdasarkan Grafik 4.17, dapat dilihat bahwa pola kejadian Tuberkulosis dan rata-rata curah hujan di Jakarta pada tahun 2022 memiliki pola yang cenderung searah namun memiliki efek jeda dalam tiap bulannya. Ini dapat dilihat dari ketika rata-rata curah hujan mengalami peningkatan pada bulan sebelumnya, angka kejadian tuberkulosis cenderung mengalami peningkatan pada bulan setelahnya. Pada bulan Januari-Februari, rata-rata curah hujan mengalami peningkatan yang kemudian angka kejadian tuberkulosis mengalami peningkatan pada bulan setelahnya yaitu bulan Februari-Maret di semua lokasi yang ada di Jakarta. Pada bulan September-Oktober, rata-rata curah hujan pada 3 lokasi yang ada di Jakarta juga mengalami peningkatan yang diikuti oleh peningkatan angka kejadian tuberkulosis pada bulan Oktober-November.

4.5 Dampak Kualitas udara dan Faktor Iklim pada Lingkungan dan Kesehatan

4.5.1 Dampak Kualitas udara PM 2.5 pada Lingkungan dan Kesehatan

- a) Polutan PM_{2.5} dapat membawa senyawa kimia beracun dan bersifat asam, yang dapat menyebabkan deposisi asam ketika partikel tersebut jatuh ke tanah atau permukaan air. Deposisi asam ini dapat merusak tanaman, tanah, dan air.
- b) Polutan PM_{2.5} dapat mempengaruhi kualitas udara dan berkontribusi pada pembentukan ozon di tingkat permukaan, yang dapat memiliki dampak negatif pada vegetasi dan ekosistem (Saxena & Sonwani, 2019).
- c) Polutan PM_{2.5} mampu untuk memasuki bagian kecil dari saluran pernapasan bahkan bagian paru-paru yang sangat kecil, yang kemudian mengganggu kemampuan alami tubuh untuk membersihkan lendir dan partikel (Wang et al., 2023). Partikel-partikel kecil ini selain dapat mencapai saluran pernapasan bagian dalam juga dapat menyebabkan masalah pernapasan seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Selain itu, paparan jangka panjang dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, termasuk tuberkulosis, karena polutan udara dapat melemahkan sistem pernapasan.
- d) Polutan udara dapat meningkatkan risiko infeksi karena menghambat pertahanan alami saluran pernapasan, mengganggu proses pembersihan *mucociliary*, mengganggu sel makrofag, dan menyebabkan peradangan kronis dengan melepaskan mediator peradangan. Paparan partikulat seperti PM_{2.5} juga mempengaruhi respons imun terhadap infeksi mikobakteri dengan mengganggu ekspresi *cytokines* dan *chemokines* penting yang mengontrol infeksi. Penurunan respons imun terhadap mikobakteri ini dapat meningkatkan risiko terkena tuberkulosis (Dimala & Kadia, 2022).
- e) Polutan udara, termasuk PM_{2.5}, tidak hanya berdampak pada sistem pernapasan tetapi juga dapat mencapai aliran darah dan memicu penyakit kardiovaskular, seperti serangan jantung dan stroke.

Kesehatan yang terganggu oleh polusi udara juga dapat membuat tubuh lebih rentan terhadap serangan penyakit infeksi, termasuk tuberkulosis.

4.5.2 Dampak Faktor Iklim Kelembapan dan Curah Hujan pada Lingkungan dan Kesehatan

- a) Perubahan iklim dapat memicu situasi cuaca yang ekstrem, seperti gelombang panas atau banjir yang lebih sering terjadi. Meskipun beberapa wilayah mengalami kurangnya curah hujan, ada juga daerah yang mengalami peningkatan kejadian hujan sangat deras. Hujan dengan intensitas tinggi bisa menyebabkan banjir, tanah longsor, dan merusak infrastruktur.
- b) Kelembapan tinggi menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri dan virus. Dalam hal ini, bakteri penyebab tuberkulosis dapat bertahan lebih lama di udara pada kondisi kelembapan yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan risiko penularan penyakit.
- c) Perubahan pola curah hujan dapat mempengaruhi persebaran vektor penyakit dan lingkungan hidup. Cuaca ekstrem dan curah hujan yang tidak terduga dapat memengaruhi penyebaran droplet dan partikel penyebab tuberkulosis di udara, menciptakan kondisi yang mendukung penularan penyakit (Sari et al., 2020).

4.6 Kendala Pelaksanaan MBKM by Design FKM UNAIR

1. Penentuan divisi untuk mahasiswa magang pada awalnya belum terdefinisi dengan jelas karena terdapat perbedaan fokus antara jurusan Kesehatan Masyarakat dan bidang ilmu yang ada di BMKG.
2. Proses pengambilan data kesehatan memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga proses pengolahan data terhambat karena data kualitas udara dan data iklim dari BMKG harus menyesuaikan bentuk data kesehatan.
2. Data kualitas udara dan faktor iklim yang digunakan adalah data re-analisis, sehingga proses pengolahan data membutuhkan waktu yang cukup lama dan masih dalam proses pengajuan saat menyusun laporan magang.
3. Sistem pengolahan data yang digunakan oleh BMKG menggunakan bahasa pemrograman Python yang berbeda dengan yang digunakan oleh universitas, sehingga dilakukan penyesuaian.
4. Data re-analisis yang digunakan tidak dilengkapi dengan data observasional, sehingga validitas hasilnya terbatas berdasarkan literatur sebelumnya. Keterbatasan waktu menjadi hambatan yang membatasi kemampuan untuk membandingkan data re-analisis dengan data observasional.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) memiliki peran dalam pelayanan data dan informasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika. BMKG juga terlibat dalam penelitian, pengkajian, dan pengembangan yang mencakup berbagai bidang salah satunya bidang Kesehatan. Pemanfaatan data dan informasi BMKG dalam bidang kesehatan dapat diimplementasikan dalam penelitian yang mengeksplorasi antara angka kejadian penyakit dengan data yang tersedia seperti kualitas udara dan faktor iklim. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan selama magang, didapatkan hasil:

1. Peta spasial rata-rata PM_{2.5} dan faktor iklim (kelembapan dan curah hujan) di Jakarta (2018-2022) menunjukkan variasi bulanan. konsentrasi PM_{2.5} menunjukkan variasi musiman yang cenderung mengikuti pola tertentu dengan Jakarta Selatan mencapai nilai tertinggi pada Juni (68.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), sementara Jakarta Utara mencatat terendah pada Januari (38.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Kelembapan tertinggi di Jakarta Timur pada Februari (85,87%), sedangkan terendah di Jakarta Selatan pada September (74,33%). Curah hujan tertinggi di Jakarta Timur pada Februari (11,57 mm), dan terendah di Jakarta Utara pada Juli (1,74 mm).
2. Grafik *time series* rata-rata kadar PM_{2.5}, kelembapan, dan curah hujan di Jakarta pada periode 2018-2022 menunjukkan pola variasi yang bervariasi selama lima tahun terakhir. Konsentrasi PM_{2.5} mengalami fluktuasi dengan puncak tertinggi pada Juli 2018 (76.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dan terendah pada Desember 2020 (30.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Kelembapan udara juga menunjukkan variasi, mencapai nilai tertinggi pada Februari 2021 (87,24%) dan terendah pada September 2019 (68.12%). Sementara itu, curah hujan mencatat variasi dengan nilai tertinggi pada Januari 2020 (16,17 mm) dan terendah pada September 2019 (0.29 mm). Pola ini mengindikasikan adanya faktor musiman atau variabel tertentu yang memengaruhi kondisi

udara dan curah hujan di wilayah tersebut selama periode observasi. Grafik siklus rata-rata bulanan juga memberikan gambaran yang mendalam mengenai variasi bulanan di setiap wilayah, dengan Jakarta Barat menunjukkan pola konsisten, mencapai nilai tertinggi pada bulan Juni dan terendah pada bulan Desember.

3. Peta spasial jumlah kejadian tuberkulosis menunjukkan variasi dalam distribusi kasus di wilayah Jakarta pada tahun 2022. Meskipun Jakarta Timur mencatat jumlah tertinggi, Jakarta Barat dan Jakarta Selatan juga menunjukkan angka kasus yang cukup signifikan. Total kasus untuk Jakarta mencapai 46,133 jiwa, mencerminkan ketidakmerataan geografis dalam kejadian Tuberkulosis.
4. Grafik *overlay* rata-rata konsentrasi PM_{2.5} dengan jumlah kejadian Tuberkulosis terlihat adanya pola yang menunjukkan hubungan antara kejadian Tuberkulosis dan rata-rata kadar PM_{2.5} di Jakarta pada tahun 2022. Secara umum, terdapat kecenderungan pola searah antara peningkatan dan penurunan rata-rata kadar PM_{2.5} dengan angka kejadian tuberkulosis setiap bulannya, khususnya dari bulan Februari hingga Juni. Meskipun terdapat fluktuasi dalam kedua parameter tersebut, perbedaan arah tren kemungkinan disebabkan oleh fluktuasi nilai kadar PM_{2.5} yang bersifat cenderung fluktuatif pada setiap jamnya.
5. Berdasarkan analisis faktor iklim di Jakarta tahun 2022, grafik *overlay* kelembapan menunjukkan perbedaan tren dengan kejadian Tuberkulosis. Fluktuasi tersebut mungkin dipengaruhi oleh faktor iklim tropis yang fluktuatif. Sementara itu, grafik *overlay* curah hujan menunjukkan hubungan searah, terutama pada bulan Januari-Februari dan September-Oktober, di mana peningkatan curah hujan diikuti oleh peningkatan kasus Tuberkulosis.
6. Berdasarkan analisis faktor iklim di Jakarta tahun 2022, grafik rata-rata kelembapan menunjukkan tren yang tidak selalu searah dengan kejadian Tuberkulosis. Meskipun beberapa pola menunjukkan penurunan kelembapan diikuti oleh penurunan kasus pada bulan Maret-April,

fluktuasi lainnya mungkin dipengaruhi oleh iklim tropis di Indonesia. Sebaliknya, grafik rata-rata curah hujan menunjukkan pola searah dengan kejadian Tuberkulosis, terutama pada bulan Januari-Februari dan September-Oktober, di mana peningkatan curah hujan diikuti oleh peningkatan kasus.

7. Sejalan dengan literasi yang ada, kualitas udara PM_{2.5} dapat memiliki dampak serius pada lingkungan dan kesehatan, termasuk kerusakan tanaman, gangguan pernapasan, khususnya dalam hubungannya dengan penyakit tuberkulosis meskipun tidak secara langsung dan membutuhkan waktu dalam penyebaran bakteri *mycobacterium tuberculosis*. Faktor iklim, seperti kelembapan tinggi dan perubahan pola curah hujan, juga berkontribusi pada penyebaran penyakit, termasuk tuberkulosis, dan menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri penyakit. Dengan demikian, pemantauan dan pengelolaan kualitas udara serta adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi kunci untuk menjaga kesehatan dan keberlanjutan lingkungan.

5.2 Saran

1. Penggunaan *tools* pemrograman seperti Python dapat ditambahkan sebagai bagian dalam kurikulum di mata kuliah bidang kesehatan untuk memperluas pemahaman pengolahan data. Dengan ini, penguasaan keterampilan pemrograman akan mendukung mahasiswa dalam memecahkan berbagai permasalahan kesehatan melalui analisis data yang lebih mendalam.
2. Dengan hasil penelitian magang, diharapkan adanya upaya untuk mengembangkan sistem peringatan dini sebagai tindakan pencegahan/mitigasi yang tidak hanya memberikan informasi terkait iklim dan kualitas udara, tetapi juga dikaitkan dengan data kesehatan khususnya penyakit gangguan pernapasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV (SNFUR-4)*, 1–7. <https://snf.fmipa.unri.ac.id/wp-content/uploads/2019/09/18.-OFMI-3002.pdf>
- Akbar, R. Z. (2023). Analisis Tingkat Pencemaran Udara Kendaraan Bermotor di Area Parkir Selatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(1), 25–33. <https://doi.org/10.33084/mitl.v8i1.4680>
- Amsalu, E., Liu, M., Li, Q., Wang, X., Tao, L., Liu, X., Luo, Y., Yang, X., Zhang, Y., Li, W., Li, X., Wang, W., & Guo, X. (2019). Spatial-Temporal Analysis Of Tuberculosis In The Geriatric Population Of China: An Analysis Based On The Bayesian Conditional Autoregressive Model. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 83, 328–337. <https://doi.org/10.1016/J.ARCHGER.2019.05.011>
- Arwini, N. P. D. (2019). Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi Bali. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 2(2). <http://ejournal.universitasmahendradatta.ac.id/index.php/vastuwidya/article/view/86>
- Azhari, A. R., Kusumayati, A., & Hermawati, E. (2022). Studi Faktor Iklim dan Kasus TB Di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 6(1). <https://doi.org/10.15294/HIGEIA.V6I1.49739>
- Dacosta, D. H., Messakh, J., & Kuswara, K. M. (2023). Studi Tentang Rancangan Rumah Tinggal Dengan Konsep Bangunan Tropis Di Kota Atambua. *BATAKARANG*, 4(1), 21–24. <https://jurnalbatakarang.ptbundana.org/index.php/batakarang/article/view/2300>
- Della Ertiana, E. (2022). Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat: Literatur Review. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 12(2). <http://journal.stikeskendal.ac.id/index.php/PSKM>
- Dimala, C. A., & Kadia, B. M. (2022). A Systematic Review And Meta-Analysis On The Association Between Ambient Air Pollution And Pulmonary Tuberculosis. *Scientific Reports*, 12(1), 11282. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15443-9>
- Dwipayana, I. M. G. (2022). Mengenali Gambaran Penyakit Tuberkulosis Paru Dan Cara Penanganannya. *Widya Kesehatan*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.32795/WIDYAKESEHATAN.V4I1.2806>
- Fadhlurrahman, I. (2023, November 5). *Kualitas Udara Jakarta Malam Ini Tidak Sehat Bagi Kelompok Sensitif, Kadar Polutan 1,6 Kali Lipat Lampau Batas Aman WHO*. Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/11/05/kualitas-udara-jakarta-malam-ini-tidak-sehat-bagi-kelompok-sensitif-kadar-polutan-16-kali-lipat-lampau-batas-aman-who#>

- Fakri, P., Fitriangga, A., & Pramulya, M. (2019). Analisis Spasial sebaran dan Faktor Resiko Lingkungan pada Kasus TB Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Rasau Jaya. *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura*, 5(2). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jfk/article/view/32930>
- Kementerian Kesehatan. (2019). *Keputusan Kementerian Kesehatan Nomor HK.01.07/MENKES/755/2019 Tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Tuberkulosis*. https://yankes.kemkes.go.id/unduhuan/fileunduhuan_1610422577_801904.pdf
- Kementerian Kesehatan RI. (2023, April 11). *Indonesia Raih Rekor Capaian Deteksi TBC Tertinggi di Tahun 2022*. 2023. <https://ayosehat.kemkes.go.id/indonesia-raih-rekor-capaian-deteksi-tbc-tertinggi-di-tahun-2022>
- Lu, J. W., Mao, J. J., Zhang, R. R., Li, C. H., Sun, Y., Xu, W. Q., Zhuang, X., Zhang, B., & Qin, G. (2023). Association Between Long-Term Exposure To Ambient Air Pollutants And The Risk Of Tuberculosis: A Time-Series Study In Nantong, China. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17347>
- Malihah, L. (2022). Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 17(2), 219–232. <https://doi.org/10.47441/JKP.V17I2.272>
- Manaf, A., Hermawan, E., Kamilah, N., & Artikel, H. (2023). Keterkaitan Pengaruh Iklim Terhadap Angka Kejadian Tuberkulosis Berbasis Web GIS. *ETNIK: Jurnal Ekonomi Dan Teknik*, 2(5), 477–490. <https://doi.org/10.54543/ETNIK.V2I5.199>
- Masykur, F. (2014). Implementasi Sistem Informasi Geografis Menggunakan Google Maps API Dalam Pemetaan Asal Mahasiswa. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 5(2), 181–186. <https://doi.org/10.24176/SIMET.V5I2.226>
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2023a). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan*. www.peraturan.go.id
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2023b). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/245563/permenkes-no-2-tahun-2023>
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. In 2020*. https://ditppu.menlhk.go.id/portal/uploads/news/1600940556_P_14_2020_IS_PU_menlhk_07302020074834.pdf
- Muchtar, N. H., Herman, D., & Yulistini. (2018). Gambaran Faktor Risiko Timbulnya Tuberkulosis Paru pada Pasien yang Berkunjung ke Unit DOTS RSUP Dr. M. Djamil Padang Tahun 2015. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7(1). <http://jurnal.fk.unand.ac.id/index.php/jka/article/view/783>

- Putri, A. T., Lubis, N. M., Hasibuan, S. H. br, Lingga, S. R., SURIANTI, & Sabillah, V. S. (2022). *Book Chapter : Pemahaman Dan Pemecahan Isu Masalah Kesehatan Terkini* (Mhd. I. Ritonga, Ed.; Cetakan I). CV. DARIS INDONESIA. http://repository.uinsu.ac.id/14032/1/layout_7.pdf
- Rahayu, S. R., Fauzi, L., Maharani, C., Merzistya, A. N. A., Shaleh, R. J., Cahyani, T. D., & Jazilatun, F. (2021). Kualitas Pelayanan Kesehatan Tuberkulosis Melalui Quote TB Light Sebagai Upaya “To End TB.” *Inovasi Sains Dan Kesehatan*, 3. <https://doi.org/10.15294/V010.14>
- Sari, A. D. L., Ismaonita, H., Rohman, H., Setiyawan, H., & Rahmatullah, W. (2020). Analisis Spasial kasus Tuberkulosis Di Wilayah Tempel Sleman. *Jurnal Amanah Kesehatan*, 2(2). <https://scholar.archive.org/work/rrojyqnd3rhs3k2favqehlci4q/access/wayback/https://ojs.stikesamanahpadang.ac.id/index.php/JAK/article/download/83/46>
- Saxena, P., & Sonwani, S. (2019). Primary Criteria Air Pollutants: Environmental Health Effects. *Criteria Air Pollutants and Their Impact on Environmental Health*, 49–82. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9992-3_3
- Sejati, A., & Sofiana, L. (2015). Faktor-Faktor Terjadinya Tuberkulosis. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 122–128. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/kemas>
- Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. (2023, September 28). *Menkes Beberkan Upaya Penanganan Dampak Polusi Udara di Sektor Kesehatan*. Setkab.Go.Id. <https://setkab.go.id/menkes-beberkan-upaya-penanganan-dampak-polusi-udara-di-sektor-kesehatan/>
- Siburian, S. (2020). *Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca*. <https://books.google.co.id/books?id=FRsMEAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Simbolon, H., & Nasution, I. N. (2017). Desain Rumah Tinggal Yang Ramah Lingkungan Untuk Iklim Tropis. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 3(1 JUNI), 46–59. <https://doi.org/10.24114/EB.V3I1.7443>
- Sujalu, A. P., Pulihasih, A. Y., & Biantary, M. P. (2020). Instrumentasi Klimatologi Dan Meteorologi. In *Zahir Publishing* (Cetakan I). Zahir Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=7dd8EAAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Sulistyo, A., Nariswaria, N. H., & Rohman, H. (2022). Pemetaan Penyakit Tuberculosis Dengan Sistem Informasi Geografis Di Wilayah Bantul. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika*, 7(2), 26–37. <https://doi.org/10.56727/BSM.V7I2.98>
- Susanto, A. D. (2020). Air Pollution And Human Health. *Medical Journal of Indonesia*, 29(1), 8–10. <https://doi.org/10.13181/mji.com.204572>
- Susilo, B. (2021). *Mengenal Iklim dan Cuaca di Indonesia*. <https://books.google.co.id/books?id=C15zEAAAQBAJ&lpg=PA5&ots=en5QdWRXn&dq=Mengenal%20Iklim%20dan%20Cuaca%20di%20Indonesia%20&lr&pg=PA1#v=onepage&q=Mengenal%20Iklim%20dan%20Cuaca%20di%20Indonesia&f=false>

- Syaputri, D., Tanjung, R., Yuniastuti, T., Rahmawati, Syaiful, A. Z., Patilaiaya, H. La, Manalu, S. M. H., Bambang S, T. T., Buamona, S. A. M. U., & Suhartawan, B. (2023). *Penyehatan Udara* (M. Sari, Ed.; Cetakan Pertama). PT. Global Eksekutif Teknologi.
<https://books.google.co.id/books?id=HZ2vEAAAQBAJ&lpg=PA4&ots=yYDIhwKX0x&dq=Penyehatan%20Udara%20&lr&pg=PA4#v=onepage&q=Penyehatan%20Udara&f=false>
- Wang, H., Tian, C., Wang, W., & Luo, X. (2019). Temporal Cross-Correlations Between Ambient Air Pollutants And Seasonality Of Tuberculosis: A Time-Series Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph16091585>
- Wang, Y., Gao, C., Zhao, T., Jiao, H., Liao, Y., Hu, Z., & Wang, L. (2023). A Comparative Study Of Three Models To Analyze The Impact Of Air Pollutants On The Number Of Pulmonary Tuberculosis Cases In Urumqi, Xinjiang. *PLoS ONE*, *18*(1 January). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277314>
- World Air Quality Report Region & City 2018*. (2018). <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2021). *Global TBC Report 2021*. TBC Indonesia. https://tbindonesia.or.id/pustaka_tbc/global-tbc-report-2021/
- World Health Organization (WHO). (2022a). *Fact sheets Tuberculosis - TB day 2022*. Campaign TB Day 2022. <https://www.who.int/indonesia/news/campaign/tb-day-2022/fact-sheets#V%2FAIDS>
- World Health Organization (WHO). (2022b). *Global TBC Report 2022*. TBC Indonesia. https://tbindonesia.or.id/pustaka_tbc/global-tbc-report-2022/
- Xiao, Y., He, L., Chen, Y., Wang, Q., Meng, Q., Chang, W., Xiong, L., & Yu, Z. (2018). The Influence Of Meteorological Factors On Tuberculosis Incidence In Southwest China From 2006 To 2015. *Scientific Reports 2018 8:1*, *8*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28426-6>
- Xu, M., Li, Y., Liu, B., Chen, R., Sheng, L., Yan, S., Chen, H., Hou, J., Yuan, L., Ke, L., Fan, M., & Hu, P. (2021). Temperature and humidity associated with increases in tuberculosis notifications: a time-series study in Hong Kong. *Epidemiology & Infection*, *149*, e8. <https://doi.org/10.1017/S0950268820003040>
- Yasir, M. (2021). Pencemaran Udara Di Perkotaan Berdampak Bahaya Bagi Manusia, Hewan, Tumbuhan Dan Bangunan. *Jurnal OSF. Oi*, 1–10. <https://osf.io/nc5rg/download>
- Zhang, Y., Liu, M., Wu, S. S., Jiang, H., Zhang, J., Wang, S., Ma, W., Li, Q., Ma, Y., Liu, Y., Feng, W., Amsalu, E., Li, X., Wang, W., Li, W., & Guo, X. (2019). Spatial Distribution Of Tuberculosis And Its Association With Meteorological Factors In Mainland China. *BMC Infectious Diseases*, *19*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S12879-019-4008-1/FIGURES/4>

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LAMPIRAN

Lampiran I. Logbook MBKM by Design FKM UNAIR

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Zih Nabiha
NIM : 102011133200
Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	2 Oktober 2023	- Membuat <i>Literature Review</i> terkait topik skripsi.	
2.	3 Oktober 2023	- Diskusi Metode Pemetaan. - Membuat akun media sosial instagram @diprediksibmkg - Diskusi dengan pihak BMKG terkait topik skripsi.	
3.	4 Oktober 2023	- Kunjungan ke taman alat BMKG. - Membuat <i>timeline</i> kegiatan selama 3 bulan.	
4.	5 Oktober 2023	- Mencari data statistik untuk mempelajari statistika dasar (data kejadian Tuberkulosis di DKI Jakarta).	
5.	6 Oktober 2023	- Koordinasi pengambilan data sekunder kesehatan dengan pihak Kemenkes Jakarta. - Rekap data penyakit berdasarkan kabupaten/kota DKI Jakarta tahun 2018-2022 (berupa data tahunan).	

TTD Pembimbing Lapangan



Hary Tirto Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

TTD Pembimbing Akademik



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Zihra Nabliha
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	9 Oktober 2023	- Analisis data penyakit Tuberkulosis di kabupaten/kota DKI Jakarta tahun 2018-2022 menggunakan Microsoft Excel.	
2.	10 Oktober 2023	- Berkoordinasi dengan pihak Kemendes terkait permintaan data referensi (data angka kejadian penyakit).	
3.	11 Oktober 2023	- Diskusi dengan pihak PTSP BMKG terkait persyaratan administrasi untuk meminta data. - Olah data BMKG terkait kualitas udara PM _{2.5} di DKI Jakarta tahun 2018-2022 menggunakan Microsoft Excel.	
4.	12 Oktober 2023	- Mengolah dan analisis data BMKG terkait kualitas udara PM _{2.5} di DKI Jakarta tahun 2018-2022 menggunakan Microsoft Excel. - Mencari data pendukung dan berdiskusi dengan pihak BMKG.	
5.	13 Oktober 2023	- Pengajuan surat ke Departemen Kesehatan Lingkungan terkait pengajuan data awal skripsi. - Mengolah dan analisis data BMKG terkait iklim tahun 2016-2022.	

TTD Pembimbing Lapangan



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

TTD Pembimbing Akademik








Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabihah
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

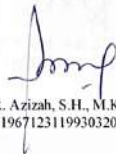
No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	16 Oktober 2023	- Mengolah data simulasi konsentrasi PM _{2.5} menggunakan Microsoft Excel.	
2.	17 Oktober 2023	- Membuat grafik konsentrasi PM _{2.5} menggunakan Microsoft Excel. - Mengolah data BMKG terkait iklim tahun 2018-2022 menggunakan Microsoft Excel.	
3.	18 Oktober 2023	- Mengolah data BMKG terkait iklim tahun 2018-2022 menggunakan Microsoft Excel.	
4.	19 Oktober 2023	- Mengolah data BMKG terkait iklim tahun 2018-2022 dan membuat grafik menggunakan Microsoft Excel.	
5.	20 Oktober 2023	- Mengolah data BMKG terkait iklim tahun 2018-2022 dan membuat grafik menggunakan Microsoft Excel. - Melakukan diskusi dengan pihak BMKG terkait metode analisis dan pemetaan yang digunakan. - Melakukan korelasi data iklim dengan penyakit.	

TTD Pembimbing Lapangan



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

TTD Pembimbing Akademik



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabih
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	23 Oktober 2023	- Menganalisis data BMKG terkait iklim tahun 2016-2022 menggunakan SPSS.	
2.	24 Oktober 2023	- Bimbingan pengolahan data sekunder dan analisis statistik dengan pembimbing lapangan di BMKG. - Menganalisis data BMKG terkait iklim tahun 2018-2022 menggunakan SPSS.	
3.	25 Oktober 2023	- Analisis tekstual grafik Konsentrasi PM _{2.5} di DKI Jakarta tahun 2018-2022.	
4.	26 Oktober 2023	- Pemetaan Konsentrasi PM _{2.5} di DKI Jakarta tahun 2018-2022 menggunakan QGIS.	
5.	27 Oktober 2023	- Pemetaan Konsentrasi PM _{2.5} di DKI Jakarta tahun 2018-2022 menggunakan QGIS.	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik

Hary Tirto Djatmiko, S.T.
 (NIP. 197202281992031001)






Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
 (NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)


TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabihah
NIM : 102011133200
Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	30 Oktober 2023	<ul style="list-style-type: none">- Persiapan Supervisi Magang MBKM by Design FKM UNAIR dengan dosen pembimbing.- Mengurus surat pengajuan data awal ke FKM UNAIR.	
2.	31 Oktober 2023	<ul style="list-style-type: none">- Supervisi Magang MBKM by Design FKM UNAIR di BMKG Pusat DKI Jakarta dengan dosen pembimbing akademik dan lapangan.- Mempelajari dasar bahasa pemrograman Python.- Mengurus surat dan proposal skripsi untuk pengajuan kembali data awal ke FKM UNAIR.	
3.	1 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- Berdiskusi dengan pihak BMKG terkait cara pengambilan data reanalisis iklim dan kualitas udara.- Mempelajari dasar bahasa pemrograman Python.	
4.	2 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- Revisi Proposal Skripsi.	
5.	3 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- Revisi Proposal Skripsi.- Mempelajari dasar bahasa pemrograman Python.	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

INFORMASI KUALITAS DAN BAHAN

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabihah
NIM : 102011133200
Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	6 November 2023	- Persiapan Proposal Skripsi.	
2.	7 November 2023	- Persiapan Proposal Skripsi.	
3.	8 November 2023	- Persiapan Proposal Skripsi.	
4.	9 November 2023	- Persiapan Proposal Skripsi.	
5.	10 November 2023	- Persiapan Proposal Skripsi.	

TTD Pembimbing Lapangan



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

TTD Pembimbing Akademik



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabihah
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	13 November 2023	- Seminar Proposal Skripsi.	
2.	14 November 2023	- Seminar Proposal Skripsi.	
3.	15 November 2023	- Mengirim surat pengajuan data awal kepada Kementerian Kesehatan RI.	
4.	16 November 2023	- Mengirim surat pengajuan data awal kepada Dinas Kesehatan DKI Jakarta. - Revisi Proposal Skripsi.	
5.	17 November 2023	- Revisi Proposal Skripsi.	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik



Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)



Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziha Nabihah
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	20 November 2023	- Internalisasi mahasiswa magang BMKG Pusat.	
2.	21 November 2023	- Menindaklanjuti (<i>follow-up</i>) pengajuan data awal kepada pihak Kementerian Kesehatan RI dan Dinas Kesehatan DKI Jakarta. - Mencari literatur terkait kualitas udara dan iklim di perpustakaan BMKG.	
3.	22 November 2023	- Mengambil data re-analisis terkait kualitas udara dan iklim.	
4.	23 November 2023	- Mempelajari bahasa pemrograman Python terkait pengolahan data (<i>data series, data frame, pre-processing</i> dan visualisasi data).	
5.	24 November 2023	- Koordinasi dengan pihak Dinas Kesehatan terkait dokumen yang diperlukan.	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik

Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Ziba Nabihah
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	27 November 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan Laporan Magang. - Diskusi terkait pengelolaan data menggunakan R. 	
2.	28 November 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan <i>downscaling/regridding</i> resolusi data kualitas udara dan iklim (data re-analisis) menggunakan bahasa pemrograman Python. - Mengerjakan laporan magang. 	
3.	29 November 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan Laporan Magang. - Mengkonversi bentuk file data re-analisis dari bentuk <i>.nc</i> menjadi <i>.csv</i> menggunakan bahasa pemrograman python. 	
4.	30 November 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan Laporan Magang. - Melakukan pemetaan data iklim dan kualitas udara menggunakan bahasa pemrograman Python. 	
5.	1 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Persiapan supervisi pada hari Senin dengan dosen pembimbing. - Memperoleh data angka kejadian Tuberkulosis dari pihak Dinas Kesehatan DKI Jakarta. 	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik

Hary Tirta Djatmiko, S.T.
(NIP. 197202281992031001)

Dr. R. Azizah, S.H., M.Kes
(NIP. 196712311993032003)

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LOGBOOK MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)

TAHUN 2023

Nama : Putri Zaha Nabha
 NIM : 102011133200
 Instansi / Mitra : BMKG Pusat DKI Jakarta
 Pembimbing : Dr. R. Azzah, S.H., M.Kes

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	TTD Mahasiswa
1.	4 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> Supervisi oleh dosen pembimbing dan pembimbing instansi terkait progres pengolahan data untuk seminar hasil. Pengolahan data (pemetaan) kualitas udara dan faktor iklim menggunakan bahasa pemrograman Python. 	
2.	5 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> Pengolahan data (pemetaan dan grafik) kualitas udara dan faktor iklim menggunakan bahasa pemrograman Python. 	
3.	6 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> Supervisi oleh dosen pembimbing dan pembimbing instansi terkait dengan persiapan seminar hasil magang. Memperoleh data angka kejadian Tuberkulosis di DKI Jakarta dari pihak Kementerian Kesehatan RI Pengolahan data (pemetaan) kualitas udara dan faktor iklim menggunakan bahasa pemrograman Python. 	
4.	7 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> Pengolahan data kesehatan, kualitas udara, dan faktor iklim (analisis dan pemetaan). Mengcerjakan Laporan Magang. 	
5.	8 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none"> Kunjungan ke Kementerian Kesehatan RI untuk menyerahkan <i>sovenir</i>. Persiapan Seminar Hasil Magang. 	

TTD Pembimbing Lapangan

TTD Pembimbing Akademik

Hary Tuto Djatmiko, S.T.
 (NIP. 197202281992031001)

Dr. R. Azzah, S.H., M.Kes
 (NIP. 196712311993032003)

Lampiran II. Dokumentasi

	<p style="text-align: center;">MEDIA JURNAL POLUTAN UDARA DENGAN KASUS TERBUKTI (TBC)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Penulis</th> <th>Tahun</th> <th>Judul</th> <th>Metode</th> <th>Hasil Penelitian</th> <th>PM10</th> <th>PM2.5</th> <th>WQI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>Galuh Purni Bili, Rizkhanis, Miran Wahyuman, Fransela Fatmahan, Ratu Mawati, Chandra Chandra</td> <td>2021</td> <td>Apa pengaruh exposure - time (exposure) terhadap risiko kesehatan manusia</td> <td>Literatur Review</td> <td>Terlepas dari dampak yang ada, kualitas udara dan kesehatan Subkhalifa, Covid-19, hujan, suhu, kelembapan, dan kelembapan udara. Kelembapan udara yang tinggi dapat meningkatkan PM dan SO2 yang dapat memicu IS dan lain-lain, yang menyebabkan asma. Dengan memperhatikan kesehatan Subkhalifa, dampak</td> <td>ada</td> <td>ada</td> <td>ada</td> </tr> </tbody> </table>	No.	Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian	PM10	PM2.5	WQI	1.	Galuh Purni Bili, Rizkhanis, Miran Wahyuman, Fransela Fatmahan, Ratu Mawati, Chandra Chandra	2021	Apa pengaruh exposure - time (exposure) terhadap risiko kesehatan manusia	Literatur Review	Terlepas dari dampak yang ada, kualitas udara dan kesehatan Subkhalifa, Covid-19, hujan, suhu, kelembapan, dan kelembapan udara. Kelembapan udara yang tinggi dapat meningkatkan PM dan SO2 yang dapat memicu IS dan lain-lain, yang menyebabkan asma. Dengan memperhatikan kesehatan Subkhalifa, dampak	ada	ada	ada										
No.	Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian	PM10	PM2.5	WQI																					
1.	Galuh Purni Bili, Rizkhanis, Miran Wahyuman, Fransela Fatmahan, Ratu Mawati, Chandra Chandra	2021	Apa pengaruh exposure - time (exposure) terhadap risiko kesehatan manusia	Literatur Review	Terlepas dari dampak yang ada, kualitas udara dan kesehatan Subkhalifa, Covid-19, hujan, suhu, kelembapan, dan kelembapan udara. Kelembapan udara yang tinggi dapat meningkatkan PM dan SO2 yang dapat memicu IS dan lain-lain, yang menyebabkan asma. Dengan memperhatikan kesehatan Subkhalifa, dampak	ada	ada	ada																					
<p style="text-align: center;">Pengajuan Proposal Magang</p>	<p style="text-align: center;">Melakukan studi literatur terkait topik skripsi dan metode yang akan digunakan</p>																												
	 <p style="text-align: center;">Rata-Rata Maksimum dan Minimum Konsentrasi PM2.5 (Tipe Wilayah per Bulan)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Informasi Konsentrasi PM2.5</th> <th>Jakarta</th> <th>Jakarta</th> <th>Jakarta</th> <th>Jakarta</th> <th>Jakarta</th> <th>Kep. Seribu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rata-Rata Maksimum PM2.5</td> <td>88,04</td> <td>72,58</td> <td>69,17</td> <td>62,73</td> <td>MDV/0/</td> <td>MDV/0/</td> </tr> <tr> <td>Rata-Rata Minimum PM2.5</td> <td>54,60</td> <td>103,33</td> <td>96,49</td> <td>82,07</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Rata-Rata Minimum PM2.5</td> <td>43,70</td> <td>43,70</td> <td>40,83</td> <td>39,54</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Informasi Konsentrasi PM2.5	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Kep. Seribu	Rata-Rata Maksimum PM2.5	88,04	72,58	69,17	62,73	MDV/0/	MDV/0/	Rata-Rata Minimum PM2.5	54,60	103,33	96,49	82,07	0,00	0,00	Rata-Rata Minimum PM2.5	43,70	43,70	40,83	39,54	0,00	0,00
Informasi Konsentrasi PM2.5	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Jakarta	Kep. Seribu																							
Rata-Rata Maksimum PM2.5	88,04	72,58	69,17	62,73	MDV/0/	MDV/0/																							
Rata-Rata Minimum PM2.5	54,60	103,33	96,49	82,07	0,00	0,00																							
Rata-Rata Minimum PM2.5	43,70	43,70	40,83	39,54	0,00	0,00																							
<p style="text-align: center;">Mengunjungi Taman Alat BMKG Pusat</p>	<p style="text-align: center;">Mempelajari dasar statistika dan analisisnya</p>																												
																													
<p style="text-align: center;">Mempelajari pemetaan dasar serta analisisnya menggunakan aplikasi QGIS</p>	<p style="text-align: center;">Pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman Python</p>																												
																													
<p style="text-align: center;">Supervisi bersama dengan dosen pembimbing</p>	<p style="text-align: center;">Seminar Laporan Hasil Magang MBKM by Design FKM UNAIR : BMKG Jakarta</p>																												