JURNAL RISET JAKARTA, Vol. 16, No 2, NOVEMBER 2023 Hal. 59-68 P-ISSN : 2337-4381
DOI: https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v16i2.91 E-ISSN : 2716-4659

HUBUNGAN ANTARA INDEKS PENGINDRAAN JAUH DENGAN TINGKAT PENCEMARAN UDARA DI KOTA JAKARTA PASCA PANDEMI

CORRELATION BETWEEN REMOTE SENSING INDEX AND AIR POLLUTION LEVELS IN THE CITY OF JAKARTA POST-PANDEMIC

Olivia Maftukhaturrizqoh[1], Muhammad Ramdhan[1], Taslim Arifin[2], Dini Purbani[2], Yulius[2], Rudhy Akhwady[2], Rinny Rahmania[3], Abdul Asyiri[4], Dino G. Pryambodo[5], & Syamsul Hidayat[6]

[1]Pusat Riset Geoinformatika – OREI, BRIN, KST Semaun Semadikun Cisitu, Bandung.
[2]Pusat Riset Konservasi SD Laut & Perairan Darat - ORKM, BRIN, KST Soekarno, Cibinong, Bogor
[3]Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi – ORHL, BRIN, KST Soekarno, Cibinong, Bogor
[4]Pusat Data dan Informasi – ORPA, BRIN, KST Soekarno, Cibinong, Bogor
[5]Pusat Riset Limnologi dan SDA – ORKM, BRIN, KST Soekarno, Cibinong, Bogor
[6]Universitas Teknologi Sumbawa, Moyo Hulu, Sumbawa

e-mail : olivia.maftukhaturrizqoh@brin.go.id

Diterima tanggal: 17 Juli 2024 ; diterima setelah perbaikan: 18 Juli 2024 ; Disetujui tanggal: 11 Agustus 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara indeks pengindraan jauh (*Burn Area Index*/BAI, *Normalized Difference Vegetation Index*/NDVI, dan *Enhanced Vegetation Index*/EVI) dengan tingkat pencemaran udara, khususnya konsentrasi $PM_{2.5}$, di kota Jakarta pasca pandemi. Data diambil dari berbagai stasiun pemantau kualitas udara (SPKUA) di Jakarta selama Tahun 2022. Hasil analisis menunjukkan variasi signifikan dalam konsentrasi $PM_{2.5}$ yang berkaitan erat dengan fluktuasi BAI, NDVI, dan EVI. Peningkatan BAI selama musim kemarau bertepatan dengan peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$, menandakan aktivitas kebakaran yang lebih intensif. Sebaliknya, NDVI dan EVI yang lebih tinggi selama musim penghujan berkorelasi dengan penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$, menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik dapat membantu mengurangi polusi udara. Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) lebih lanjut mengungkapkan bahwa bulan-bulan dengan karakteristik musim yang sama memiliki pola pencemaran udara dan indeks vegetasi yang serupa. Temuan ini menekankan pentingnya strategi mitigasi polusi udara dan manajemen lingkungan yang tepat untuk meningkatkan kualitas udara dan kesehatan lingkungan di Jakarta.

Kata Kunci: Indeks Vegetasi, Jakarta, Pengindraan Jauh, Pencemaran Udara, $PM_{2.5}$.

.

ABSTRACT

This research aims to examine the relationship between remote sensing indices (Burn Area Index/BAI, Normalized Difference Vegetation Index/NDVI, and Enhanced Vegetation Index/EVI) with air pollution levels, especially PM2.5 concentrations, in the city of Jakarta after the pandemic. Data was taken from various air quality monitoring stations (SPKUA) in Jakarta during 2022. The analysis results show significant variations in $PM_{2.5}$ concentrations which are closely related to the BAI, NDVI and EVI barriers. The increase in BAI during the dry season coincides with an increase in $PM_{2.5}$ concentrations, indicating intensifying fire activity. In contrast, higher NDVI and EVI during the rainy season decreased with decreasing $PM_{2.5}$ concentrations, indicating better vegetation conditions can help reduce air pollution. Principal Component Analysis (PCA) analysis further reveals that months with the same seasonal characteristics have similar air pollution patterns and vegetation indices. These findings are the importance of air pollution mitigation strategies and appropriate environmental management to improve air quality and environmental health in Jakarta.

Keywords: Vegetation Index, Jakarta, Remote Sensing, Air Pollution, $PM_{2.5}$.

PENDAHULUAN

Kota Jakarta, sebagai salah satu megacities dunia dengan populasi yang telah melebihi 10 juta jiwa (BPS, 2023), menghadapi berbagai tantangan lingkungan, salah satunya adalah pencemaran udara. Pencemaran udara di perkotaan ini sebagian besar disebabkan oleh aktivitas transportasi, domestik, industri, serta konstruksi yang terus meningkat seiring dengan perkembangan infrastruktur kota. Menurut laporan Organisasi Meteorologi Dunia (WMO, 2012), masalah penurunan kualitas udara adalah fenomena umum yang terjadi di kota-kota besar di seluruh dunia, termasuk Jakarta.

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan sangat signifikan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Berdasarkan data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2022a), pencemaran udara ambien berkontribusi sebesar 7,6% terhadap kematian global, dengan tidak kurang dari 7 juta kematian dini setiap tahunnya akibat penyakit yang terkait dengan pencemaran udara, baik di dalam ruang maupun di luar ruangan. Pada Tahun 2022, diperkirakan 99% penduduk dunia telah terpapar pencemaran udara yang meningkatkan risiko berbagai penyakit, termasuk stroke, penyakit jantung, gangguan paru-paru, dan kanker (WHO, 2022b).

Pemantauan kualitas udara di Jakarta dilakukan secara kontinu oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta melalui lima Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA) yang tersebar di Bundaran HI (JKT1), Kelapa Gading (JKT2), Jagakarsa (JKT3), Lubang Buaya (JKT4), dan Kebon Jeruk (JKT5). Berdasarkan Laporan Pemantauan Kualitas Udara Tahun 2021 (DLH DKI Jakarta, 2021), parameter partikulat (PM10 dan PM2.5) dan ozon (O_3) seringkali terpantau melebihi batas aman tahunan. Meskipun terjadi penurunan konsentrasi rata-rata harian PM2.5 di beberapa stasiun pada Tahun 2020, angka ini kembali meningkat pada Tahun 2021 seiring dengan pemulihan aktivitas pasca-pandemi.

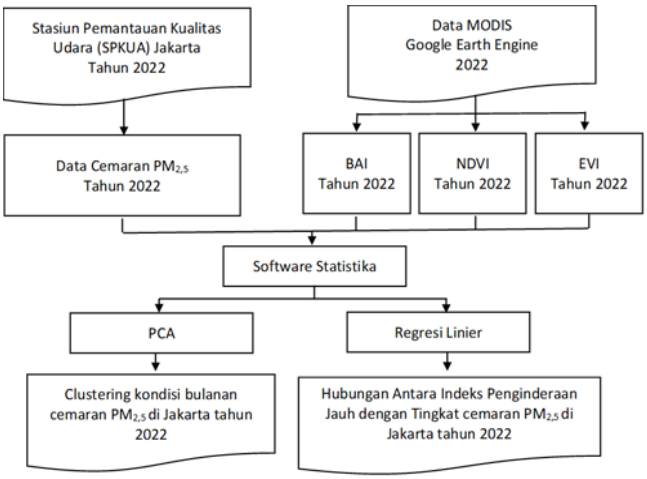
Selain pemantauan kualitas udara oleh instansi pemerintah, beberapa lembaga lain seperti Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), dan Kedutaan Besar Amerika Serikat di Jakarta juga melakukan pengukuran kualitas udara di berbagai lokasi. Tren peningkatan kembali konsentrasi pencemar udara pada Tahun 2021 dan 2022 setelah penurunan selama masa pandemi menunjukkan perlunya perhatian serius terhadap kebijakan pengendalian pencemaran udara (Turyanti *et al*.., 2022).

Faktor-faktor lain yang turut berkontribusi terhadap kualitas udara di Jakarta meliputi aktivitas industri di dalam dan sekitar kota, serta pengaruh lintas batas wilayah administrasi dari kawasan industri besar di sekitarnya. Selain itu, kondisi meteorologi seperti musim kemarau yang lebih kering juga mempengaruhi kandungan partikulat di udara. Oleh karena itu, pemodelan dan evaluasi ilmiah diperlukan untuk memahami dan menangani masalah ini secara efektif.

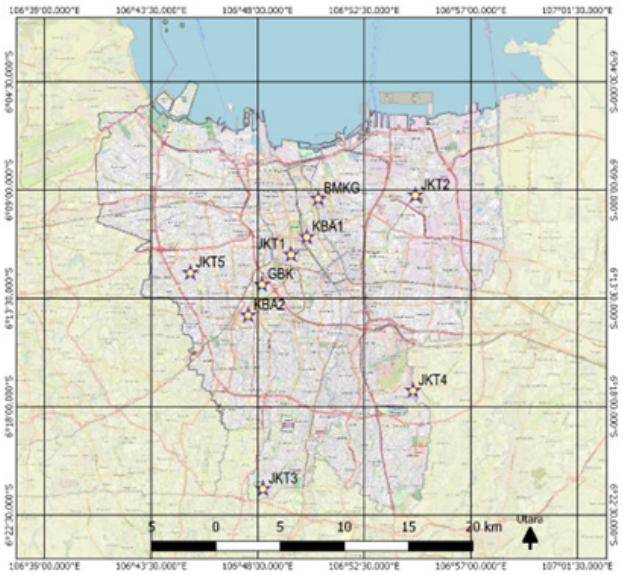
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara indeks pengindraan jauh dan tingkat pencemaran udara di Jakarta. Dengan memanfaatkan data pengindraan jauh seperti *Burn Area Index* (BAI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di Jakarta serta mendukung pengambilan kebijakan yang lebih efektif untuk pengendalian pencemaran udara di masa depan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis korelasi untuk mengevaluasi hubungan antara indeks pengindraan jauh (BAI, NDVI, dan EVI) dengan tingkat pencemaran udara (PM2.5) di Kota Jakarta tahun 2022. Data yang digunakan meliputi data citra satelit dan data kualitas udara yang dikumpulkan dari stasiun pemantau kualitas udara di Jakarta. Secara grafis alur kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur kerja Penelitian.
Figure 1. Research Work FLow.



Gambar 2. Sebaran Lokasi stasiun pemantau kualitas udara.

Figure 2. Distribution of Air Quality Monitoring Stations Location.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Jakarta, yang terdiri dari lima wilayah administratif yaitu Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, dan Jakarta Barat. Pemantauan kualitas udara dilakukan pada sembilan titik Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien (SPKUA). Stasiun tersebut berada di Bundaran HI (JKT1), Kelapa Gading (JKT2), Jagakarsa (JKT3), Lubang Buaya (JKT4), Kebon Jeruk (JKT5), Gelora Bung Karno -Senayan (GBK), Kedutaan Besar Amerika Jakarta Pusat (KBA1), Kedutaan Besar Amerika Jakarta Selatan (KBA2) dan di Kantor Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika – Kemayoran (BMKG). Sebaran SPKUA dapat dilihat pada Gambar 2.

Data konsentrasi PM2,5 diperoleh dari stasiun pemantau kualitas udara milik Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta (JKT 1-5), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (GBK), Badan Meteorolologi Klimatogi dan Geofisika (BMKG), dan Kedutaan Besar Amerika Serikat (KBA1-2) di Jakarta. Data ini mencakup periode Januari hingga Desember 2022. Koordinat tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis Data

a. Pengolahan Data PM2.5

Data PM2.5 yang diperoleh dari stasiun pemantau diolah untuk mendapatkan rata-rata harian, mingguan, dan bulanan. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk mengetahui distribusi, nilai rata-rata, dan penyimpangan standar konsentrasi $PM_{2.5}$ di setiap lokasi pemantauan.

b. Pengolahan Data Indeks Pengindraan Jauh

Indeks penginderaan jauh telah dikenal dalam mengidentifikasi suatu objek di permukaan bumi (Ramdhan & Ntoma, 2022). Data citra satelit untuk menghitung indeks pengindraan jauh diperoleh dari citra satelit MODIS. Indeks yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Burned Area Index* (BAI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI). Data diekstrak dengan menggunakan *Google Earth Engine*, sehingga dihasilkan nilai rerata bulanan untuk masing-masing index pada tahun 2022. Pengolahan data dilakukan secara temporal untuk mendapatkan nilai indeks pada periode yang sama dengan data $PM_{2.5}$.

- BAI

Indeks Area Terbakar (BAI) menggunakan nilai reflektansi pada bagian spektrum merah dan NIR untuk mengidentifikasi area yang terkena dampak kebakaran. (Chuvieco *et al*., 2002)

$$BAI = 1/((0.1 - R)^2 + (0.06 - NIR)^2) \quad \text{……..(1)}$$

Tabel 1. Koordinat SPKUA di Jakarta

Table 1. Coordinates of Air Quality Monitoring Stations in Jakarta

No	Lokasi Stasiun	Kode	Koordinat	
			Bujur	Lintang
1	Bundaran HI –Jakarta Pusat /Trotoar Jalan	JKT1	106,823500	-6,194660
2	Kelapa Gading-Jakarta Utara / Kawasan Komersil	JKT2	106,910890	-6,153570
3	Jagakarsa – Jakarta Selatan / Pemukiman	JKT3	106,803700	-6,356930
4	Lubang Buaya – Jakarta Timur / Kawasan campuran	JKT4	106,909200	-6,288890
5	Kebon Jeruk – Jakarta Barat / Pemukiman	JKT5	106,752560	-6,207255
6	Gelora Bung Karno	GBK	106,802965	-6,215395
7	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Pusat)	KBA1	106,834489	-6,182458
8	Kedutaan Besar Amerika Serikat (Jakarta Selatan)	KBA2	106,793287	-6,236677
9	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kemayoran	BMKG	106,842528	-6,155914

dimana,
R = nilai piksel dari band merah
N = nilai piksel dari band near-inframerah

- NDVI

Secara umum, vegetasi yang sehat merupakan penyerap spektrum elektromagnetik yang baik dalam kondisi visual. Klorofil yang terkandung dalam tanaman hijau sangat menyerap spektrum Biru (0,4 - 0,5 µm) dan Merah (0,6 - 0,7 µm) dan memantulkan spektrum Hijau (0,5 – 0,6 µm). Oleh karena itu, mata kita memandang tumbuhan yang sehat sebagai hijau. Tanaman sehat yang memiliki reflektansi Near-Inframerah (NIR) yang tinggi antara 0,7 hingga 1,3 µm. Hal ini terutama disebabkan oleh struktur internal daun tanaman. Reflektansi tinggi pada NIR dan serapan tinggi pada spektrum Merah, kedua band ini digunakan untuk menghitung NDVI. NDVI dihitung menggunakan rumus:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad \text{..... 2)}$$

Nilai NDVI bervariasi dari -1 hingga 1. Semakin tinggi nilai NDVI mencerminkan pantulan *band Near -Infrared* (NIR) yang tinggi, berarti tanaman hijau lebat. Secara umum, nilai NDVI dapat dikategorikan sebagai berikut (Hatulesila *et al*.., 2019):

NDVI = -1 hingga 0 mewakili badan air
NDVI = -0,1 hingga 0,1 mewakili batuan tandus, pasir, atau salju
NDVI = 0,2 hingga 0,5 mewakili Semak dan padang rumput atau tanaman tua
NDVI = 0,6 hingga 1,0 mewakili Vegetasi lebat atau hutan hujan tropis

- EVI

EVI dikembangkan untuk mengoptimalkan sinyal vegetasi dengan peningkatan sensitivitas di wilayah dengan biomassa tinggi dan peningkatan pemantauan vegetasi melalui pemisahan sinyal latar belakang kanopi dan pengurangan pengaruh atmosfer (Persamaan 3).

$$EVI = G\frac{N-R}{N + C_1R - C_2B + L}$$

dimana N (*Near-Infrared*), R (*Red*), dan B (*Blue*) masing-masing merupakan reflektansi permukaan yang terkoreksi secara atmosferik atau sebagian terkoreksi atmosfer (penyerapan Rayleigh dan ozon) dalam band near-inframerah, band merah dan band biru; G adalah faktor Gain/keuntungan; C1, C2 adalah koefisien suku ketahanan aerosol, yang menggunakan band biru untuk mengoreksi pengaruh aerosol pada band merah, dan L berfungsi sebagai faktor penyesuaian tanah. Koefisien yang diadopsi pada algoritma MODIS EVI adalah, L=1, C1=6, C2=7.5, dan G=2.5. EVI telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian, termasuk penelitian mengenai tutupan lahan/perubahan tutupan lahan (Wardlow *et al*..,2007).

c. Analisis Statistika

Analisis korelasi dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara indeks pengindraan jauh (BAI, NDVI, dan EVI) dengan konsentrasi $PM_{2.5}$. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis regresi linier sederhana. Korelasi antara nilai indeks pengindraan jauh dan konsentrasi $PM_{2.5}$ dihitung untuk masing-masing lokasi pemantauan.

Sedangkan untuk mengetahui karakteristik pengaruh variabilitas bulanan $PM_{2.5}$, BAI, NDVI dan EVI di tahun 2022 digunakan metoda *Principal Component Analisys* (PCA). PCA merupakan sebuah teknik statistik multivariant yang secara linear mengubah bentuk sekelompok variabel asli menjadi kumpulan variabel yang lebih kecil yang tidak berkorelasi yang dapat mewakili informasi dari kumpulan variabel asli. (Manullang *et al*.., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Pencemaran $PM_{2.5}$ di Jakarta pada Tahun 2022

Partikulat dengan ukuran diameter kurang dari 2.5 µm ($PM_{2.5}$) merupakan parameter pencemar yang saat ini menjadi perhatian besar di seluruh dunia. Hal ini disebabkan oleh karakteristik fisiknya yang sangat halus sehingga dapat masuk dan menjangkau saluran pernafasan bagian dalam, memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dalam jangka panjang. Selain itu, kandungan kimia dalam partikulat halus tersebut juga memberi dampak tambahan yang berbahaya bagi manusia. Paparan jangka panjang $PM_{2.5}$ dapat berakibat pada penyakit saluran pernafasan,

kanker paru, dan penyakit jantung (Pun *et al*.. 2017; Wang *et al*., 2020). Keberadaan partikulat halus di udara dapat berupa pencemar primer maupun sekunder. Pencemar primer adalah pencemar yang langsung keluar dari sumber emisi, sedangkan sekunder adalah pencemar hasil pembentukan di udara karena adanya zat pembentuk yang disebut prekursor.

Konsentrasi $PM_{2.5}$ berfluktuasi secara temporal dan dapat berbeda besarannya secara spasial, bergantung pada sumber emisi dan prekursor untuk pembentukan sekunder. Data nilai kisaran konsentrasi $PM_{2.5}$ harian di Jakarta pada Januari hingga Desember 2022 menunjukkan variasi yang sangat beragam antar lokasi stasiun pemantau. Analisis *boxplot* dapat memberikan gambaran kisaran nilai serta data pencilan yang didapatkan (Gambar 3.). Kisaran data di setiap lokasi pemantauan dapat terlihat dari grafik boxplot. Konsentrasi minimum relatif sama antar lokasi, namun konsentrasi maksimum sangat berbeda besarannya. Wilayah Jakarta Selatan, dalam hal ini diwakili oleh dua titik pemantauan yaitu JKT3 Jagakarsa dan Kedutaan Besar Amerika 2 (KBA2), menunjukkan data yang hampir sama sebarannya. Konsentrasi $PM_{2.}5$ di Jakarta Pusat berdasarkan data dari Kedutaan Besar Amerika 1 (KBA1) memiliki nilai rata-rata median terendah.

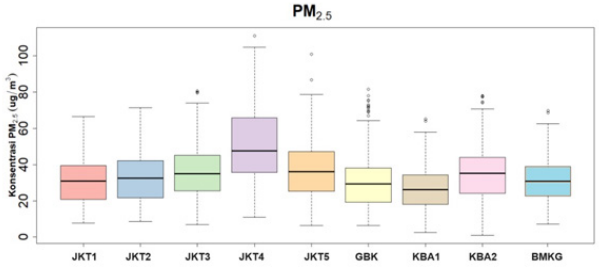
Nilai Indeks BAI di Jakarta pada Tahun 2022

Pada awal tahun 2022, nilai BAI di semua Lokasi cenderung rendah dan stabil, dengan sedikit fluktuasi di beberapa titik. Hal ini mungkin mencerminkan kondisi cuaca yang relatif basah atau aktivitas kebakaran yang minimal selama bulan-bulan ini. Mulai bulan April hingga Juni, terdapat peningkatan nilai BAI di beberapa lokasi seperti JKT1, JKT2, dan JKT4. Peningkatan ini menunjukkan adanya aktivitas kebakaran yang lebih intensif atau perubahan kondisi cuaca yang mendukung pembentukan kebakaran. Bulan Juli hingga September menunjukkan puncak nilai BAI di hamper semua lokasi, terutama di JKT1 dan JKT5. Peningkatan signifikan ini mencerminkan periode puncak terjadinya kebakaran di sekitar Jakarta, yang mungkin terkait dengan musim kemarau atau peningkatan aktivitas manusia yang menyebabkan kebakaran. Nilai BAI mulai menurun drastis pada bulan Oktober dan tetap rendah hingga akhir tahun di bulan Desember. Penurunan ini menunjukkan berakhirnya musim kemarau dan kemungkinan pengaruh dari kondisi cuaca yang lebih basah.

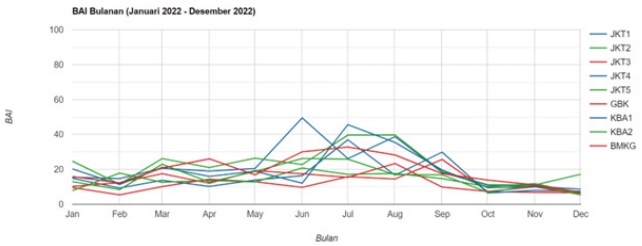
Gambar 4. memperlihatkan variasi temporal dan spasial dalam nilai *Burn Area Index* (BAI) di Jakarta sepanjang tahun 2022. Peningkatan nilai BAI pada bulan-bulan tertentu menunjukkan adanya periode puncak kebakaran yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam upaya mitigasi dan pencegahan kebakaran. Lokasi-lokasi tertentu seperti JKT1 dan JKT5 menunjukkan risiko kebakaran yang lebih tinggi, sehingga memerlukan tindakan pencegahan yang lebih intensif. Analisis ini penting untuk memahami dinamika kebakaran di perkotaan dan untuk merancang strategi mitigasi yang efektif dalam mengurangi dampak kebakaran terhadap kualitas udara dan kesehatan lingkungan di Jakarta.

Nilai Indeks NDVI di Jakarta pada Tahun 2022

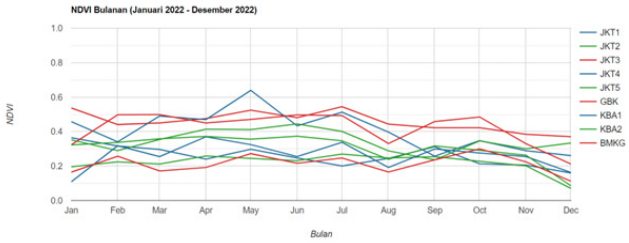
Pada awal tahun 2022, nilai NDVI menunjukkan variasi yang cukup besar di antara lokasi pemantauan. Beberapa lokasi seperti JKT3 dan BMKG memiliki nilai NDVI yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya, menunjukkan tingkat vegetasi yang lebih baik pada periode ini. Nilai NDVI cenderung meningkat pada beberapa lokasi seperti JKT1 dan JKT3, dengan puncak yang terlihat pada bulan Mei di beberapa lokasi. Peningkatan ini mungkin terkait dengan musim penghujan yang menyebabkan pertumbuhan vegetasi yang lebih baik. Pada bulan Juli hingga September, nilai NDVI menunjukkan fluktuasi yang signifikan. Beberapa lokasi seperti JKT3 dan GBK masih menunjukkan nilai NDVI yang tinggi, sedangkan lokasi lainnya seperti JKT2 dan JKT5 cenderung menurun. Fluktuasi ini dapat disebabkan oleh perubahan cuaca



Gambar 3. Kisaran konsentrasi PM2.5 harian di SPKUA Jakarta tahun 2022 (sumber: Turyanti *et al*.. 2022)
Figure 3. Daily Concentration range PM2.5 in SPKUA



Gambar 4. Grafik nilai BAI bulanan di SPKUA kota Jakarta.
Figure 4. Monthly Value of BAI in SPKUA Jakarta.



Gambar 5. Grafik nilai NDVI bulanan di SPKUA kota Jakarta.

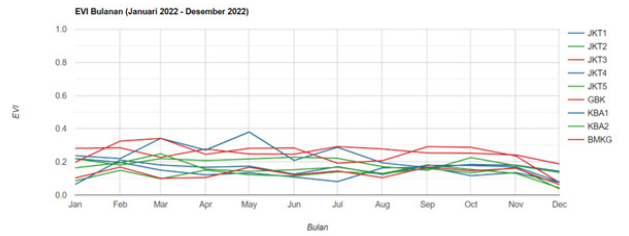
Figure 5. Monthly Value of NDVI in SPKUA Jakarta.

atau aktivitas manusia yang mempengaruhi vegetasi. Nilai NDVI menurun di hampir semua lokasi pada akhir tahun. Penurunan ini menunjukkan berkurangnya vegetasi mungkin akibat musim kemarau atau aktivitas pemeliharaan lingkungan yang berkurang.

Gambar 5. Memberikan ilustrasi tentang variasi temporal dan spasial dalam nilai NDVI di Jakarta sepanjang tahun 2022. Peningkatan nilai NDVI pada bulan-bulan tertentu menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik, sementara penurunan pada bulan lainnya menunjukkan degradasi vegetasi. Lokasi-lokasi tertentu seperti JKT3 dan BMKG menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik sepanjang tahun, sedangkan lokasi lainnya menunjukkan fluktuasi yang lebih besar. Analisis ini penting untuk memahami dinamika vegetasi di perkotaan dan untuk merancang strategi manajemen lingkungan yang efektif dalam menjaga dan meningkatkan kualitas ruang hijau di Jakarta.

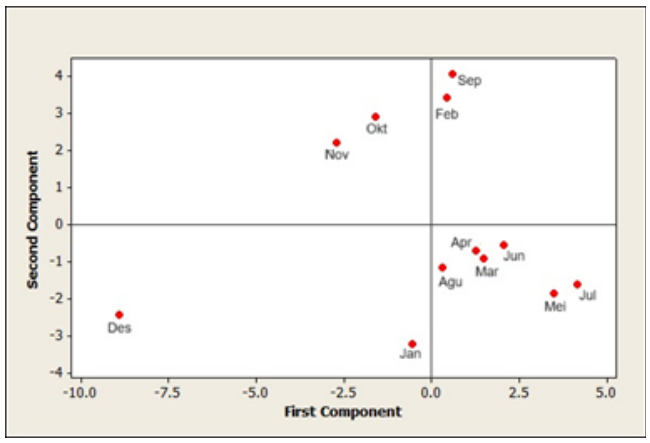
Nilai Indeks EVI di Jakarta pada Tahun 2022

Pada awal tahun 2022, nilai EVI menunjukkan variasi yang cukup stabil di antara lokasi pemantauan. Beberapa lokasi seperti JKT3 dan BMKG memiliki nilai EVI yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya, menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik pada periode ini. Nilai EVI cenderung meningkat pada beberapa lokasi seperti JKT3 dan GBK, dengan puncak yang terlihat pada bulan Mei di beberapa lokasi. Peningkatan ini mungkin terkait dengan musim



Gambar 6. Grafik nilai EVI bulanan di SPKUA kota Jakarta.

Figure 6. Monthly Value of EVI in SPKUA Jakarta.

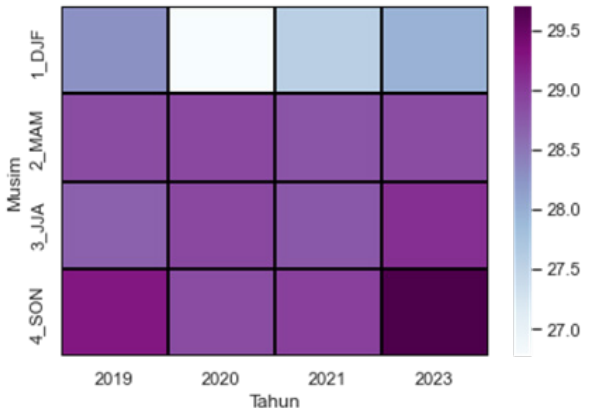


Gambar 7. Diagram PCA sebaran dari kondisi bulanan pencemaran di Jakarta pada tahun 2022.

Figure 7. PCA Diagram of Monthly Pollution Condition in Jakarta Year of 2022.

penghujan yang menyebabkan pertumbuhan vegetasi yang lebih baik. Pada bulan Juli hingga September, nilai EVI menunjukkan fluktuasi yang signifikan. Beberapa lokasi seperti JKT3 dan GBK masih menunjukkan nilai EVI yang tinggi, sedangkan lokasi lainnya seperti JKT2 dan JKT5 cenderung menurun. Fluktuasi ini dapat disebabkan oleh perubahan cuaca atau aktivitas manusia yang mempengaruhi vegetasi. Nilai EVI menurun di hampir semua lokasi pada akhir tahun. Penurunan ini menunjukkan berkurangnya vegetasi mungkin akibat musim kemarau atau aktivitas pemeliharaan lingkungan yang berkurang.

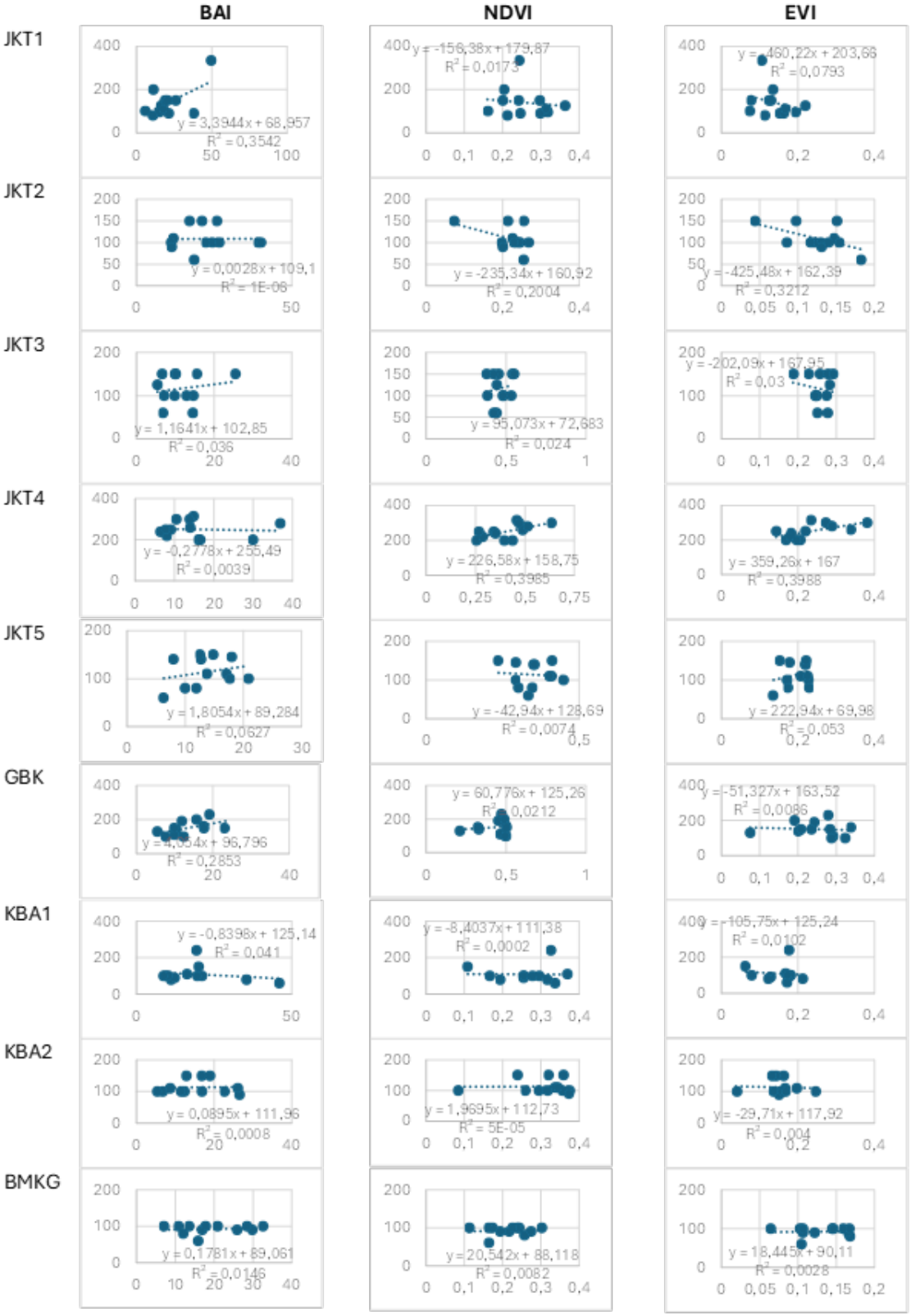
Gambar 6. mengilustrasikan variasi temporal dan spasial dalam nilai EVI di Jakarta sepanjang tahun 2022. Peningkatan nilai EVI pada bulan-bulan tertentu menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik, sementara penurunan pada bulan lainnya menunjukkan degradasi vegetasi. Lokasi-lokasi tertentu seperti



Gambar 8. Heatmap suhu di kota Jakarta. (diolah dari data BPS, 2023)

Figure 8. Temperature Heatmap suhu in Jakarta. (source from BPS, 2023)

JKT3 dan BMKG menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik sepanjang tahun, sedangkan lokasi lainnya menunjukkan fluktuasi yang lebih besar. Analisis ini penting untuk memahami dinamika vegetasi di perkotaan dan untuk merancang strategi manajemen lingkungan yang efektif dalam menjaga dan meningkatkan kualitas ruang hijau di Jakarta.



Gambar 9. Grafik regresi linier hubungan zat pencemar PM2,5 dengan Indeks Penginderaan Jauh BAI, NDVI dan EVI.
Figure 9. Linear Regression Graph that show relation of PM2,5 Pollutant with the Remote Sensing Index BAI, NDVI and EVI.

Analisis PCA untuk sebaran nilai $PM_{2.5}$, BAI, NDVI dan EVI

Analisis PCA dilakukan dengan memasukkan variable bebas nilai $PM_{2,5}$, BAI, NDVI dan EVI dengan variable tetap nilai bulanan di tahun 2022 pada tiap SPKUA yang ada di kota Jakarta. Hasilnya plot 2 sumbu utama dari nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 7. Dari empat kuadran yang ada, bulan Oktober dan November berada di kuadran I, Februari dan September di kuadran II, Maret-April-Mei-Juni-Juli-Agustus pada kuadran III, dan Jan-Des pada kuadran IV. Hal ini menunjukkan bahwa bulan-bulan yang ada pada kuadran yang sama memiliki karakteristik pencemaran nilai PM2.5 yang sama, juga nilai indeks BAI, NDVI dan EVI yang sama.

Berdasarkan data BPS (2023) Musim di Kota Jakarta dapat dibagi menjadi empat, yaitu: musim penghujan di bulan Desember-Januari dan Februari (DJF) ditandai dengan suhu yang relatif lebih rendah yaitu sekitar 27 – 28 oC, musim peralihan I Maret-April -Mei (MAM) dan musim kemarau Juni-Juli-Agustus (JJA), musim peralihan II September-Oktober-November (SON) suhu di Jakarta relatif tinggi yaitu sekitar 28,5 – 30 oC. Apabila dihubungkan dengan hasil PCA menunjukkan bahwa bulan di musim penghujan memiliki karakteristik yang sama di tahun 2022, kecuali di bulan Februari yang mirip dengan karakteristik bulan November. Untuk bulan-bulan di musim kemarau dan peralihan berkelompok di kuadran yang sama, terkecuali bulan September-Oktober dan November.

Analisis Korelasi nilai $PM_{2.5}$ dengan BAI, NDVI dan EVI di tiap SPKUA

Hubungan antara pencemaran zat $PM_{2.5}$ dengan indeks penginderaan jauh BAI, NDVI dan EVI dapat dilihat pada Gambar 9. Untuk nilai BAI, di SPKUA JKT1, JKT2, JKT3, JKT5, GBK, KBA2 dan BMKG memiliki nilai korelasi positif yang berarti semakin besar nilai $PM_{2.5}$ maka nilai BAI juka akan meningkat, kecuali pada stasiun JKT4, KBA1. Nilai R^2 tertinggi untuk hubungan $PM_{2.5}$ dengan BAI terdapat di stasiun JKT1 yaitu sebesar 0,3542. Sedangkan untuk nilai NDVI hubungan yang terjadi adalah korelasi negatif dimana jika nilai NDVI tinggi maka nilai $PM_{2.5}$ menjadi rendah, tingkat korelasi yang tertinggi ada pada titik JKT4 dengan nilai $R^2 = 0,3985$. Hal yang sama terjadi juga untuk nilai EVI Tingkat korelasi yang tertinggi ada pada titik JKT4 dengan nilai $R^2 = 0,3988$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data PM2.5, BAI, NDVI, dan EVI di Jakarta sepanjang tahun 2022, ditemukan bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ bervariasi secara signifikan baik secara temporal maupun spasial, dengan wilayah Jakarta Selatan menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan wilayah Jakarta Pusat. Peningkatan signifikan pada nilai BAI selama bulan April hingga September menunjukkan adanya aktivitas kebakaran yang lebih intensif di musim kemarau. Sementara itu, pola nilai NDVI dan EVI menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih baik selama musim penghujan dan degradasi selama musim kemarau, dengan beberapa lokasi seperti JKT3 dan BMKG menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih stabil sepanjang tahun.

Analisis PCA menunjukkan bahwa bulan-bulan dalam satu kuadran memiliki karakteristik yang serupa dalam hal pencemaran $PM_{2.5}$ dan indeks vegetasi, yang menunjukkan keterkaitan erat antara musim dan kondisi lingkungan. Selain itu, terdapat hubungan positif antara $PM_{2.5}$ dan BAI, serta hubungan negatif antara $PM_{2.5}$ dengan NDVI dan EVI, yang menegaskan bahwa peningkatan polusi udara berkorelasi dengan peningkatan aktivitas kebakaran dan degradasi vegetasi. Kesimpulan ini menggarisbawahi pentingnya strategi manajemen lingkungan yang efektif untuk mengurangi polusi udara dan menjaga kualitas ruang hijau di Jakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis memberikan kontribusi yang sama dalam penulisan artikel ini, sehingga dapat disampaikan bahwa seluruh penulis adalah kontributor utama. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Bpk. Dr. Budi Prawara sebagai Kepala Organisasi Riset Elektronika dan Informasi - BRIN, Bpk. Prof. Dr. M. Rokhis Khomarudin, S.Si., M.Si. sebagai Kepala Pusat Riset Geoinformatika. Penelitian ini merupakan bagian dari riset Purwarupa Sistem Pendukung Keputusan Berdasarkan Analisis Citra Satelit -OREI.

DAFTAR PUSTAKA

[BPS] Badan Pusat Statistik, (2023), Provinsi DKI Jakarta dalam Angka 2023, Jakarta: BPS Provinsi DKI Jakarta.

Chuvieco, E., Pilar Martin, M., & Palacios, A. (2002), Assessment of Different Spectral Indices in the Red-Near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination. *Remote Sensing of Environment, 112*, 2381-2396.

Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of Environment, 34*, 71-73.

DLH DKI Jakarta, (2021), Laporan Akhir, Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta Tahun 2021, Departemen Geofisika Dan Meteorologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University.

Hardianto., Jaya, L. M. G., Nurgiantoro., & Khairisa N. H. (2021), Perbandingan Metode Indeks Vegetasi NDVI, SAVI dan EVI Terkoreksi Atmoafer iCOR, *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi, 5*(1), 53-62.

Hatulesila, J., Mardiatmoko, G., & Irwanto, I. (2019). Analisis Nilai Indeks Kehijauan (Ndvi) Pada Pola Ruang Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil, 3*(1), 55-67.

Jiang Z., Huete A. R., Didan K., & Miura T., (2008), Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment, 112*, 3833–3845, Doi:10.1016/j.rse.2008.06.006.

Pun, V. C., Kazemiparkouhi, F., Manjourides, J., &Suh H. H. (2017). Long-Term PM2.5 exposure and Respiratory, Cancer, and Cardiovascular Mortality in Older US Adults. *Am J Epidemiol. 186*(8), 961–969. DOI: 10.1093/aje/kwx166

Ramdhan, M., & Ntoma, I. A. (2022). Deteksi Pemanfaatan Ruang Terbuka Biru di Wilayah Utara Jakarta: Detection of Blue Open Space Utilization in North Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta, 15*(1), 11-18. https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v15i1.61

Turyanti A., Salmayenti R., Rohmawati F. Y., Fauziyah N., & Yulian N. I., (2022). *Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta Tahun 2022*. Laporan Akhir. Departemen Geofisika Dan Meteorologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University.

Wang B., Eum K. D., Kazemiparkouhi F., Li C., Manjourides J., Pavlu V., & Suh H. (2020). The impact of long-term PM2.5 exposure on specific causes of death: exposure-response curves and effect modification among 53 million U.S. Medicare beneficiaries. *Environmental Health, 19*(20). https://doi.org/10.1186/s12940-020-00575-0

Wardlow, B. D., Egbert, S. L., & Kastens, J. H., (2007). Analysis of time-series MODIS 250 mvegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment, 108*, 290–310

[WHO] World Health Organization. (2022a). Air pollution. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment 2022 update. Geneva: WHO.

[WHO] World Health Organization, (2022b). Air pollution data portal. Global Health Observatory [Internet]. Diunduh pada https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution . Geneva: WHO.

[WMO] World Meteorological Organization, (2012), Impacts of Megacities on Air pollution and Climate, GAW Report No. 205, Geneva: WMO.