AL-DYAS
Jurnal Inovasi dan Pengabdian kepada Masyarakat

p-ISSN : 2964-4992
e-ISSN : 2964-4984

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Semantic, Garuda, Google, Base, etc.

https://doi.org/10.58578/aldyas.v5i2.9893

ANALISIS DISTRIBUSI ESTIMASI KADAR PM10 DAN CO DI KOTA PADANG TAHUN 2015 DAN 2025

Analysis of the Distribution of Estimated PM10 and CO Concentrations in Padang City in 2015 and 2025

Tri Raisya Nur Salsabila & Widya Prarikeslan
Universitas Negeri Padang
raisyasalsa2@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Mar 19, 2026	Apr 16, 2026	Apr 28, 2026	May 3, 2026

Abstract

Air pollution is one of the important environmental issues because it has broad impacts on public health and environmental quality, especially in urban areas experiencing increased transportation activity and urbanization, such as Padang City. This study aims to analyze the distribution of estimated PM_{10} and CO levels in 2015 and 2025 and to identify their spatial-temporal changes. This study used a quantitative approach through estimation modeling based on Landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 Level 2 imagery data. The results showed that the estimated distribution of PM_{10} in Padang City was in the good category according to the Air Pollution Standard Index (ISPU), with an average concentration of 23.78 μg/m³ in 2015 and 24.18 μg/m³ in 2025. Meanwhile, the distribution of CO concentration was in the moderate category, with an average of 83.61 μg/m³ in 2015 and 83.62 μg/m³ in 2025. Spatial-temporal analysis showed a decreasing trend in PM_{10} concentration, whereas CO concentration tended not to experience significant spatial or temporal changes. These findings emphasize the importance of satellite imagery-based air quality monitoring as a supporting basis for formulating air pollution control policies in Padang City.

Al-DYAS is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Keywords: Air Quality; PM_{10}; Carbon Monoxide; Landsat 8 OLI/TIRS; Spatial-Temporal Analysis

Abstrak: Pencemaran udara merupakan salah satu isu lingkungan penting karena berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan, terutama di wilayah perkotaan yang mengalami peningkatan aktivitas transportasi dan urbanisasi seperti Kota Padang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi estimasi kadar PM_{10} dan CO pada tahun 2015 dan 2025 serta mengidentifikasi perubahan spasial-temporalnya. Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pemodelan estimasi berbasis data citra Landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 Level 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi sebaran PM_{10} di Kota Padang berada pada kategori baik menurut ISPU, dengan rata-rata konsentrasi sebesar 23,78 μg/m³ pada tahun 2015 dan 24,18 μg/m³ pada tahun 2025. Sementara itu, sebaran konsentrasi CO berada pada kategori sedang, dengan rata-rata sebesar 83,61 μg/m³ pada tahun 2015 dan 83,62 μg/m³ pada tahun 2025. Analisis spasial-temporal menunjukkan adanya tren penurunan konsentrasi PM_{10}, sedangkan konsentrasi CO cenderung tidak mengalami perubahan signifikan secara spasial maupun temporal. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan kualitas udara berbasis citra satelit sebagai dasar pendukung dalam perumusan kebijakan pengendalian polusi udara di Kota Padang.

Kata Kunci: Kualitas Udara; PM_{10}; Karbon Monoksida; Landsat 8 OLI/TIRS; Analisis Spasial-Temporal

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu isu global yang terjadi disetiap wilayah. Menurut PP No. 22 2021 mengenai penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, pencemaran udara didefinisikan sebagai keadaan ketika masuk atau dimasukkannya zat kedalam sebuah lingkungan hidup, sehingga bakumutu udara tidak dapat berfungsi dengan semestinya. Zat-zat tersebut dapat berupa gas-gas yang berakumulasi di lapisan udara yang dapat membahayakan kesehatan tubuh manusia serta makhluk hidup lainnya (Siburian, 2020). Baku mutu udara merupakan ukuran untuk suatu kadar zat, energi ataupun komponen yang ada dan unsur-unsur tersebut haruslah berada di ukuran batas yang telah ditetapkan (Fitria, 2016).

Particulate matter (PM10) merupakan jenis partikel halus kurang atau sama dengan 10 μm di udara yang dapat terhirup oleh manusia (Huang, 2023). Sedangkan karbon monoksida (CO) merupakan gas tidak berwarna dan beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna seperti pembakaran emisi, pembakaran batubara dan sejenisnya (Jadoon et al., 2022). Beberapa studi mengidentifikasi bahwa emisi PM10 berasal dari sumber alami (seperti, debu yang terbawa angin, pembakaran biomassa) dan sumber antropogenik (emisi knalpot

kendaraan, proses industri, debu konstruksi) (Hopke et al., 2020). Selain itu, sektor transportasi menjadi salah kontributor utama polutan gas, termasuk CO, terutama di kawasan perkotaan yang sedang berkembang (Fan et al., 2023).

Pada tahun 2019 diperkirakan sebanyak 6,7 juta kematian secara global yang diakibatkan oleh paparan polusi baik itu di dalam rumah mapun diluar rumah (WHO, 2025). Sebagian besar kematian disebabkan oleh kematian dini seperti penyakit kardiovaskular, stroke dan penyakit pernapasan kronis yang dipicu oleh paparan zat atau partikel halus dan polutan gas baik itu di daerah perkotaan maupun pedesaan (Health Effects Institute, 2020). Berdasarkan peraturan No. 1077/Menkes/Per/V/2011, ISPA selalu masuk dalam sepuluh besar penyakit terbanyak di Indonesia, yang menunjukkan besarnya dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat.

Di kota padang isu pencemaran udara juga perlu menjadi perhatian, terutama dengan meningkatnya aktivitas urbanisasi dan transportasi. Penelitian lokal menunjukkan bahwa di jalan-jalan utama kota Padang jumlah kendaraan bermotor memiliki hubungan signifikan terhadap peningkatan CO di udara (Muslim et al., 2024). Sementara itu, tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi di Kota Padang mendorong terjadinya alih fungsi lahan karena adanya permintaan lahan dan layanan infrastruktur (Monsaputra, 2025). Hal ini menegaskan bahwa aktivitas manusia menjadi salah satu menyebab terjadinya pencemaran. Jika aktivitas manusia melebihi daya dukung lingkungan yang tidak di imbangi dengan tindakan pencegahan, maka dapat terjadi penurunan kualitas lingkungan (Prarikeslan, 2016).

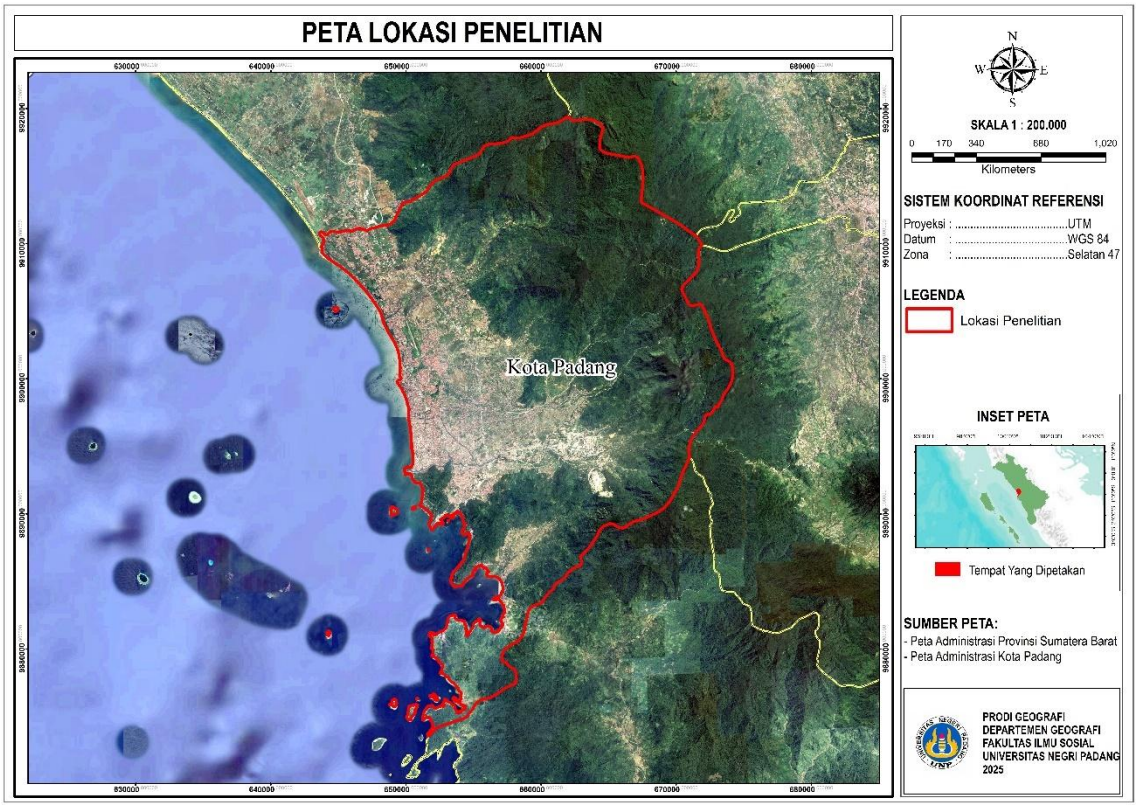
Studi lainnya menunjukkan bahwa terjadinya indikasi penurunan kualitas udara di Kota Padang. Pada tahun 2020 nilai konsentrasi PM10 tercatat sebesar 30,17 $\mu g/m^3$ (Putra et al., 2023), sedangkan CO tercatat sebesar 292.33 $\mu g/m^3$ (Irawan et al., 2021). Sementara itu pada tahun 2023 terjadinya kenaikan konsentrasi PM10 yang tercatat mencapai 39,58 $\mu g/m^3$ pada bulan Oktober yang diakibatkan oleh emisi lokal perkotaan serta dipengaruhi oleh kejadian kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di provinsi-provinsi sekitar, yang memicu pergerakan asap lintas batas ke wilayah Kota Padang (Amin et al., 2024).

Model pemetaan distribusi estimasi PM10 dan CO di lakukan secara spasial. Dalam model pemetaan dilakukan dengan mengestimasikan kualitas udara menggunakan pengindraan jauh, yang terbukti efektif dalam memberikan gambaran visual sebaran polusi udara berbasis lokasi dan waktu (Chandra et al., 2018). Pemodelan yang dilakukan menggunakan citra satelit untuk polutan memiliki cakupan spasial temporal yang lebih luas, bahkan di wilayah yang

minim akan stasiun udara (Alvarez-Mendoza et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan penelitian berbasis spasial yang mampu menjelaskan bagaimana distribusi dan perubahan kadar PM10 dan CO di tahun 2015 dan 2025 sebagai salah satu upaya pengendalian polusi udara. Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi estimasi kadar PM10 dan CO tahun 2015 dan 2025 serta bagaimana perubahan spasial temporal polutan.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah kuantitatif dengan menggunakan pemodelan estimasi untuk parameter PM10 dan CO. Dengan penggunaan pendekatan ini dapat menggambarkan bagaimana perubahan kadar polutan di waktu tertentu berdasarkan lokasi yang ingin diteliti. Lokasi penelitian dilakukan di Kota Padang, Sumatera Barat.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Data yang digunakan adalah data skunder berupa data citra landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 Level 2 dan data batas administrasi Kota Padang. Sedangkan untuk data primer digunakan data stasiun pemantaun kualitas udara Kota Padang.

Teknik pengambilan data menggunakan metode fishnet atau grid sistematik di ArcGIS. Untuk mencakup seluruh wilayah kota padang dengan luas 68.500 hektar digunakan grid dengan ukuran 1 km x 1 km. Setiap titik dalam grid digunakan untuk mengekstrak nilai estimasi PM10 dan CO yang diperoleh dari hasil pengeolahan citra Landsat 8 (Decker & Borghetti, 2025). Adapun proses pengolahan dan analisis data dilakukan sebagai berikut:

1. Preprocessing data

Tahapan awal ialah mengunduh citra landsat 8 tahun 2015 dan tahun 2025.

2. Masking cloud

Cloud masking dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi awan dan bayangannya

3. Clipping AOI

Citra yang telah di cloud masking kemudian di potong dengan tujuan untuk menyesuaikannya dengan wilayah atau area penelitian.

4. Pemodelan estimasi PM10

Estimasi dilakukan menggunakan pemodelan algoritma. Untuk menghitung estimasi kadar pm10 digunakan algoritma Othman (2010) sebagai berikut:

$$PM10 = (396 \times BR\rho) + (253 \times BG\rho) - (194 \times BB\rho) \quad (1)$$

Keterangan:

BRρ = Reflektansi band 4 (near-infrared)
BGρ = Reflektansi band 3 (green)
BBρ = Reflektansi band 2 (blue)

5. Pemodelan estimasi CO

Menggunakan perhitungan algoritma oleh Somvanshi (2019) sebagai berikut:

$$CO = 83{,}659 + (-0427 \times BG\rho) + (0{,}22 \times BB\rho) + (-0{,}461 \times SWIR\rho) \quad (2)$$

Keterangan:

BGρ = Reflektansi band 3 (green)
BBρ = Reflektansi band 2 (blue)
SWIRρ = Reflektansi short wave infrared.

6. Perubahan spasial temporal

Analisis tren dilakukan dengan regresi linier sederhana untuk mengetahui arah dan kecenderungan perubahan konsentrasi polutan sepanjang periode pengamatan.

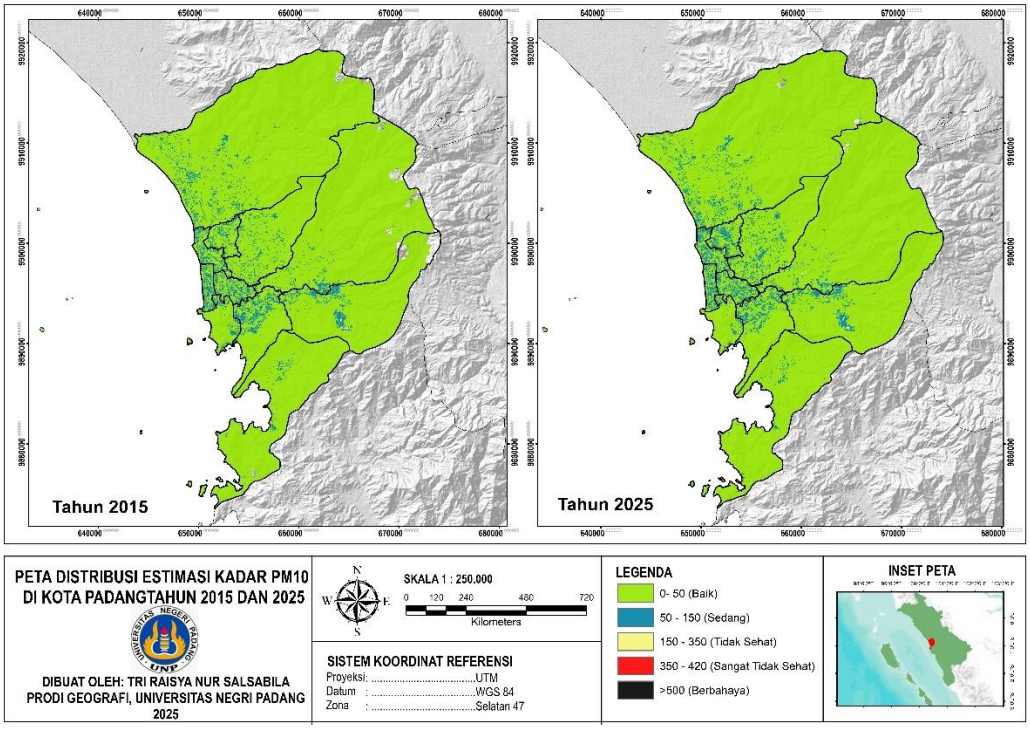
7. Validasi data

Nilai hasil estimasi akan divalidasi menggunakan data lapangan yang diperoleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Padang. Metode yang digunakan ialah Korelasi pearson dengan tujuan untuk mengukur hubungan linier antara nilai estimasi dengan nilai aktual pengamatan.

HASIL

1. Distribusi Estimasi PM10 di Kota Padang Tahun 2015 dan 2025

Berdasarkan hasil estimasi citra pada tahun 2015 dan 2025 menunjukkan bahwa persebaran polutan relatif terkonsentrasi di wilayah pusat kota mengikuti area jaringan jalan utama, berbanding terbalik dengan area pinggiran yang dominasi wilayah memiliki sebaran konsentrasi yang lebih rendah.



Gambar 2 Peta estimasi sebaran kadar konsentrasi pm10 di Kota Padang tahun 2015 dan 2025

Berdasarkan indeks standar pencemar udara (ISPU) sebagian besar wilayah Kota Padang berada pada kategori baik. Sementara itu kategori sedang di area yang umumnya berada pada pusat kota, sedangkan untuk daerah dengan konsentrasi rendah merupakan kawasan pinggiran kota yang memiliki tutupan vegetasi yang lebat. Secara lebih jelas disajikan tabel dinamika estimasi kadar konsentrasi PM10 sebagai berikut:

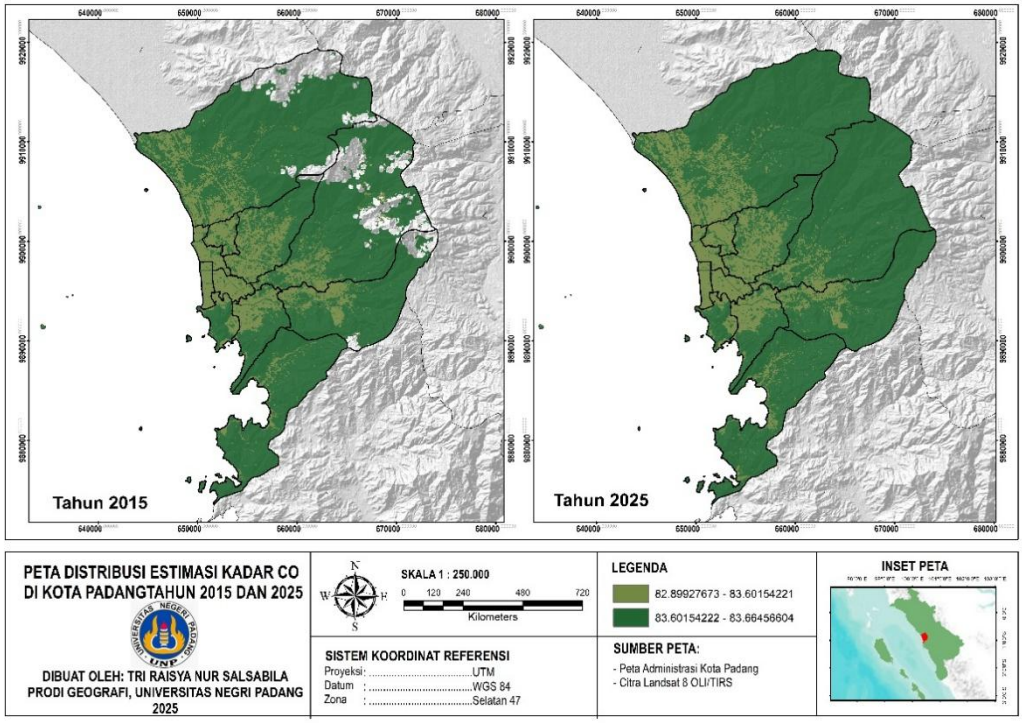
Tabel 1 Dinamika kadar estimasi PM10

Tahun	Min	Max	Mean	SD
2015	0,009	277,09	23,78	15,15
2025	0,015	357,55	24,18	13,99

Adanya variasi konsentrasi antar wilayah terhadap persebaran PM10 di Kota Padang menunjukkan bahwa perbedaan ini dipengaruhi oleh sumber pencemar. Sejalan dengan temuan (Amin et al., 2021) bahwa tingkat partikulat lebih tinggi dikawasan residensial dibandingkan dengan kawasan Pendidikan.

2. Distribusi Estimasi CO di Kota Padang Tahun 2015 dan 2025

Berikut merupakan hasil pengolahan estimasi kadar karbon monoksida (CO) pada tahun 2015 pada bulan juni dan 2025 di bulan Juni di Kota Padang.



Gambar 3 Peta estimasi sebaran kadar konsentrasi co di Kota Padang tahun 2015 dan 2025

Berdasarkan hasil pengolahan estimasi kadar CO rata-rata konsentrasi ialah 82 µg/m3 – 83 µg/m3. Menurut ISPU, kualitas CO berada pada kategori sedang dengan rentang nilai 51-100 µg/m3. Secara lebih jelas ditampilkan tabel dinamika estimasi konsentrasi kadar CO sebagai berikut:

Tabel 2 Dinamika estimasi konsentrasi CO

Tahun	Min	Max	Mean	SD
2015	83,15	83,66	83,61	0,03
2025	82,90	83,66	83,62	0,02

Meskipun terdapatnya perubahan pola sebaran konsentrasi, nilai rata-rata yang relatif mirip dapat menunjukkan adanya ketidakcocokan algoritma yang digunakan di area studi penelitian.

3. Perubahan Spasial Temporal Kadar Estimasi PM10 dan CO Tahun 2015—2025

Berdasarkan hasil pengolahan citra untuk estimasi parameter PM10 dan CO pada tabel 3. menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM10 memiliki kecenderungan penurunan dari tahun 2015 hingga 2025, sementara hasil estimasi untuk rata-rata CO selama tahun pengamatan relatif stabil tanpa perubahan yang signifikan.

Tabel 3 Rata-rata konsentrasi kadar PM10 dan CO tahun 2015—2025

Tahun	Rata-rata PM_{10} (µg/m³)	Rata-rata CO (µg/m³)
2015	23,56	83,61
2016	24,58	83,61
2017	22,34	83,61
2018	21,61	83,61
2019	20,83	83,61
2020	21,58	83,61
2021	20,27	83,61
2022	21,82	83,18
2023	22,41	83,18
2024	15,94	83,61
2025	24,04	83,61

Berdasarkan hasil analisis regresi linier sederhana PM10 maupun CO menunjukkan penurunan, tetapi tidak signifikan secara statistik. PM10 turun 0.305 g/m3/tahun (Sig = 0.201) dan CO turun 0.008 ppm/tahun (Sig = 0.560). Oleh karena itu, kedua perubahan tidak menunjukkan tren temporal yang signifikan dan bersifat konstan. Maka ini menunjukkan bahwa variasi spasial–temporal polutan lebih dipengaruhi faktor lokal dibandingkan tren temporal linier.

4. Uji Validasi

Uji validasi dilakukan dengan menggunakan data stasiun pengamatan kualitas udara terhadap hasil estimasi polutan, diperoleh nilainya sebagai berikut:

Tabel 4 Uji validasi estimasi konsentrasi kadar PM10 dan CO

Parameter	Tahun	R	Keterangan
PM10	2015	-0,212	Lemah
	2025	-0, 712	Kuat
CO	2015	-0,122	Lemah
	2025	-0,661	Kuat

Berdasarkan hasil validasi data estimasi pada tahun 2025, PM10 memperoleh nilai -0,212 dengan sig 0,506 maupun CO dengan nilai -0,122 dan sig 0,706. Hasil ini menunjukkan korelasi yang lemah dan tidak signifikan dengan data pengamatan aktual. Sedangkan uji korelasi untuk PM10 dan CO di tahun 2025 menunjukkan nilai r = -0, 712 dengan sig 0,021 dan CO dengan nilai r = -0,661 serta sig 0,038 yang menandakan terdapatnya hubungan yang kuat dan signifikan, sehingga estimasi tahun 2025 dinilai dapat merepresentasikan hasil aktual di lapangan.

PEMBAHASAN

1. Distribusi Estimasi PM10 di Kota Padang Tahun 2015 dan 2025

Berdasarkan hasil estimasi Partikulat PM10 penyebarannya lebih terkonsentrasi tinggi di area pusat perkotaan terutama jaringan jalan dan area aktivitas padat, berbanding terbalik dengan area pinggiran kota yang didominasi oleh vegetasi sehingga konsentrasi partikulat rendah. Temuan ini sejalan dengan (Bachtiar et al., 2025) yang menyatakan bahwa konsentrasi PM10 di Kota Padang secara signifikan lebih tinggi di dekat jalan raya utama dan area pusat aktivitas lalu lintas, khususnya pada jam-jam puncak aktivitas kendaraan.

Penyebaran partikulat PM10 berdasarkan hasil estimasi citra dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

a. Emisi kendaraan bermotor, berupa aktivitas lalu lintas yang tinggi menghasilkan emisi partikulat yang kemudian terakumulasi terutama di sepanjang ruas jalan utama yang padat.

b. Faktor meteorologis, khusunya pada musim kemarau, dimana udara lebih kering sehingga partikel terangkat dan menumpuk di atmosfer. selain itu faktor angin dan kondisi atmosfer seringkali menentukan bagaimana polutan terdistribusi secara spasial dalam periode tertentu (Girotti et al., 2025).

c. Aktivitas antropogenik, berupa kegiatan komersial, aktivitas urban di area yang padat permukiman yang turut dalam meningkatkan beban pencemar udara, akibatkan penyebaran partikulat terfokus di kawasan perkotaan padat. Selain itu, karakteristik penggunaan lahan dan struktur kota juga mempengaruhi pola penyebaran partikulat diudara (Waheed et al., 2025).

Temuan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kota berkembang seperti kota Padang rentan terhadap kenaikan emisi polutan. Meskipun hasil estimasi menunjukkan kenaikan emisi relatif kecil, namun ini menandakan adanya kecendrungan kenaikan. Terutama bagi masayarakat yang dekat dengan sumber pencemar sehingga dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat yang terdampak. Oleh karena itu temuan dalam penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam pengelolaan kualitas udara, dan mitigasi dimasa yang akan datang.

Namun dalam penelitian masih dapat keterbatasan karena kadar PM10 diestimasi menggunakan algoritma berbasis data secara tidak langsung, sehingga sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan perekaman citra yang belum dapat menangkap polutan udara secara keseluruhan.

2. Distribusi Estimasi CO di Kota Padang Tahun 2015 dan 2025

Hasil estimasi menunjukkan untuk persebaran CO menunjukkan terdapatnya perubahan sebaran polutan meskipun tidak terdapatnya perubahan signifikan pada nilai konsentrasi. Perubahan pola sebaran ini dapat terkait dengan karakteristik CO yang sangat dipengaruhi oleh sumber emisi lokal, sehingga distribusi spasial polutan dapat sensitif terhadap perubahan aktivitas meskipun nilai rata-rata konsentrasinya berada pada angka yang stabil (Fernandez et al., 2025).

Polutan jenis CO sangatlah dipengaruhi oleh emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan. Maka dari itu dinamika lalu lintas tranportasi akan mempengaruhi penyebaran kadar konsentrasi. Sementara itu berdasarkan ISPU wilayah kota berada pada kategori sedang.

Temuan dari estimasi CO ini menunjukkan bahwa penyebaran polutan masih berkaitan dengan aktivitas perkotaan terutama dengan aktivitas transportasi. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai data pendukung dalam evaluasi pengendalian pencemaran udara dan perencanaan lingkungan perkotaan.

Keterbatasan dalam penelitian terdapat pada penggunaan algoritma yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada hasil estimasi CO yang relative tidak menunjukkan perubahan. Temuan ini juga diperkuat oleh (Langsdale et al., 2025) bahwa penggunaan algoritma berbasis satelit dapat menyebabkan keterbatasan karena sensitivitas model yang tidak cocok untuk kondisi lokal tertentu.

3. Perubahan Spasial Temporal Kadar Estimasi PM10 dan CO Tahun 2015—2025

Pada hasil perubahan spasial temporal estimasi PM10 dan CO meskipun tidak mengalami perubahan kadar konsentrasi secara signifikan pola persebaran tetap mengalami perubahan. Walaupun terdapatnya indikasi penurunan kadar dibeberapa tahun yang diamati justru sebagian wilayah lain mengalami peningkatan konsentrasi polutan. Maka ini mengindikasikan bahwa meskipun tren tidak terlihat signifikan, sejalan dengan temuan (Jackowska & Fiedukowicz A., 2021) bahwa analisis tingkat lokal tetap mampu menunjukkan variasi spasial temporal. Secara lebih jelas berikut disajikan perbedaan karakteristik PM10 dan CO yang mempengaruhi perubahan spasial temporal:

Tabel 5 Perbandingan Karakteristik Dan Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Spasial Temporal PM10 Dan CO

Faktor	PM10	CO
Sifat polutan	Partikulat (mudah terakumulasi)	Gas (mudah terdilusi)
Sumber utama	Debu jalan dan kendaraan	Pembakaran tidak sempurna
Pengaruh meteorologi	Stabilitas atmosfer	Kecepatan angin
Pola spasial	Teralokasi	Lebih menyebar

Berdasarkan tabel 10 menunjukkan bahwa partikulat seperti PM10 mudah terakumulasi di atmosfer, sehingga lebih mudah terkonsentrasi di area urban yang tinggi, terutama ketika stabilnya kondisi atmosfer yang memperlambat dispersi partikulat di udara (Yan et al., 2025). Berbeda dengan polutan jenis CO yang umumnya berasal dari gas pembakaran tidak sempurna dan mudah terdilusi oleh kecepatan angin yang mengakibatkan pola sebarannya tidak berpusat seperti PM10 (Fernandez et al., 2025).

Temuan dalam penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai perubahan spasial dari persebaran polutan jenis PM10 dan CO selama 10 tahun pengamatan. Terutama terhadap pemanfaatan penginderaan jauh yang dapat menjadi alternatif dalam memantau perubahan polutan di udara pada cakupan wilayah yang lebih luas. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi informasi pendukung dalam penentuan wilayah prioritas pengendalian pencemaran udara.

Meskipun demikian, terdapatnya keterbatasan dalam penelitian berupa pengunaan algoritma berbasis citra landsat yang masih dipengaruhi oleh kualitas citra, kondisi atmosfer serta karakteristik wilayah. Maka ini menjadi salah satu penyebab mengapa dalam perubahan

spasial temporal polutan cenderung memiliki kadar konsentrasi stabil meskipun terdapatnya perubahan dalam pola spasialnya (Li et al., 2025).

KESIMPULAN

Distribusi estimasi kadar PM10 berdasarkan algoritma citra menunjukkan rata-rata konsentrasi PM10 mengalami peningkatan kecil dari 23,56 μg/m³ pada tahun 2015 menjadi 24,04 μg/m³ pada tahun 2025, yang secara umum masih berada dalam kategori baik berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Sedangkan distribusi estimasi kadar CO menunjukkan bahwa nilai estimasi wilayah kota masih termasuk kategori sedang dengan rata-rata konsentrasi berada pada nilai 83,61 μg/m3 – 83,62 μg/m3. Analisis perubahan spasial temporal estimasi pada PM10 cenderung mengalami penurunan, walaupun terjadinya peningkatan nilai di tahun 2025 untuk jenis polutan PM10. Sedangkan CO nilainya relatif stabil, namun terdapatnya perbedaan sebaran antar tahun yang diamati.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, terutama berbasis penggunaan citra satelit dalam memberikan gambaran persebaran polutan. Hasil menunjukkan bahwa citra satelit dapat menjadi salah satu alternatif yang lumayan efektif dalam memetakan persebaran polutan dengan cakupan wilayah yang luas dan efesien. Selain itu temuan dalam penelitian ini dapat menjadi implikasi penting dalam pengambilan kebijakan terutama dalam pengendalian dan perencanaan pencemaran udara.

Beradasarkan temuan, sebaran konsentrasi polutan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti meteorologi, aktivitas antropogenik ataupun keterbatasan tangkapan citra terhadap dinamika atmosfer. Maka, penggunaan resolusi citra yang lebih tinggi dan sesuai dengan parameter polutan serta pengembangan model prediksi jangka panjang dapat menjadi peluang dalam penelitian lanjutan. Selain itu, penggunaan rentang waktu yang lebih panjang juga disarankan agar analisis perubahan spasial temporal polutan udara dapat menunjukkan tren yang lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

Alvarez-Mendoza, C. I., Teodoro, A. C., Torres, N., & Vivanco, V. (2019). Assessment of remote sensing data to model PM10 estimation in cities with a low number of air quality stations: A case of study in Quito, Ecuador. *Environments, 6*(7), Article 85. https://doi.org/10.3390/environments6070085

Amin, M., Ariefianto, T., Kaula, D., Husni, N., Serlina, Y., Suryati, I., & Bachtiar, V. S. (2024). Seasonal anomaly of particulate matter concentration in an equatorial climate: Evaluating the transboundary impact from neighboring provinces on Padang City, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment, 196*(11), Article 1013. https://doi.org/10.1007/s10661-024-13160-6

Bachtiar, V. S., Purnawan, Afrianita, R., Aziz, R., & Ramadhanil. (2025). Investigation of the spatiotemporal distribution of PM10, PM2.5, and PM1 from motor vehicles in roadside environments: The case study of Padang City, Indonesia. *Engineering, Technology & Applied Science Research, 15*(1), 19646–19654. https://doi.org/10.48084/etasr.9281

Chandra, D., & Frananda, H. (2018). Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kota Padang. *Jurnal Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi, 3*(1), 56–63. https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia/article/view/433

Decker, K. T., & Borghetti, B. J. (2025). A survey of sampling methods for hyperspectral remote sensing: Addressing bias induced by random sampling. *Remote Sensing, 17*(8), Article 1373. https://doi.org/10.3390/rs17081373

Fan, J., Meng, X., Tian, J., Xing, C., Wang, C., & Wood, J. (2023). A review of transportation carbon emissions research using bibliometric analyses. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 10*(5), 878–899. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.09.002

Fernandez, D., Frinaldi, A., Umar, G., Rembrandt, R., Lanin, D., & Juanda, A. (2025). Monitoring CO pollutants in ambient air quality in public spaces of Padang City. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering, 7*(2), 175–188. https://doi.org/10.46574/motivection.v7i2.457

Fitria, L. (2016). Kajian Pengurangan Pencemaran Udara melalui Program Car Free Day. *Jurnal Teknik Sipil, 16*(1). https://doi.org/10.26418/jtst.v16i1.18309

Girotti, C., Kowalski, L. F., Silva, T., Correia, E., Prata Shimomura, A. R., Kurokawa, F. A., & Lopes, A. (2025). Air pollution dynamics: The role of meteorological factors in PM10 concentration patterns across urban areas. *City and Environment Interactions, 25*, Article 100184. https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100184

Health Effects Institute. (2020). *State of Global Air 2020: A special report on global exposure to air pollution and its health impacts*. https://www.stateofglobalair.org/resources/archived/state-global-air-report-2020

Hopke, P. K., Dai, Q., Li, L., & Feng, Y. (2020). Global review of recent source apportionments for airborne particulate matter. *Science of the Total Environment, 740*, Article 140091. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140091

Huang, X. (2023). The impact of PM10 and other airborne particulate matter on the cardiopulmonary and respiratory systems of sports personnel under atmospheric exposure. *Atmosphere, 14*(11), Article 1697. https://doi.org/10.3390/atmos14111697

Irawan, A., Riyandini, V. L., & Widyastuti, N. (2021). Analisis Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) di Kota Padang akibat Kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) dengan Metode AQMS. *CIVED, 8*(3), 141. https://doi.org/10.24036/cived.v8i3.115699

Jackowska, M., Fiedukowicz, A., & Gąsiorowski, J. (2021). Determination and evaluation of spatio-temporal trends on the example of PM10 concentration in Poland (2000–2018). *Polish Cartographical Review, 53*(1), 37–48. https://doi.org/10.2478/pcr-2021-0004

Jadoon, S., Nawazish, S., Mahmood, Q., Rafique, A., Sohail, S., & Zaidi, A. (2022). Exploring health impacts of occupational exposure to carbon monoxide in the labour community

of Hattar Industrial Estate. *Atmosphere, 13*(3), Article 406. https://doi.org/10.3390/atmos13030406

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah*.

Langsdale, M., Verhoelst, T., Povey, A., Schutgens, N., Dowling, T., Lambert, J.-C., Compernolle, S., & Kern, S. (2025). The challenges and limitations of validating satellite-derived datasets using independent measurements: Lessons learned from essential climate variables. *Surveys in Geophysics*. https://doi.org/10.1007/s10712-025-09898-4

Li, H., Qiu, J., & Zheng, B. (2025). Air-pollution-satellite-based CO2 emission inversion: System evaluation, sensitivity analysis, and future research direction. *Atmospheric Chemistry and Physics, 25*, 1949–1963. https://doi.org/10.5194/acp-25-1949-2025

Monsaputra. (2025). Analisis Perkembangan Area Terbangun di Kota Padang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi, 9*(3), 267–276. https://doi.org/10.29408/geodika.v9i3.29774

Muslim, B., Dahliati, G., Suksmerri, Irfan, A., Adriyanti, S. L., & Sugriarta, E. (2024). Hubungan Jumlah Kendaraan Bermotor dengan Kadar Karbon Monoksida (CO) di Udara Pada Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat, 24*(2), 290–295. https://doi.org/10.32382/sulo.v24i2.888

Othman, N., Mat Jafri, M. Z., & Lim, H. S. (2010). Estimating particulate matter concentration over arid region using satellite remote sensing: A case study in Makkah, Saudi Arabia. *Modern Applied Science, 4*(11), 131. https://doi.org/10.5539/mas.v4n11p131

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.

Prarikeslan, W. (2016). Dampak Limbah Rumah Tangga terhadap Ekosistem Laut bagi Masyarakat di Pasie Nantigo Koto Tangah Padang. *Jurnal Geografi, 5*(1), 1–11.

Putra, R. S., Mariati, H., & Osronita. (2023). Perbandingan Kualitas Udara Sebelum dan Selama PSBB COVID-19 di Kota Padang Berbasis Penginderaan Jauh. *Jurnal Azimut, 5*(2), 90–103. https://journal.unitas-pdg.com/index.php/azimut/

Siburian, S. (2020). *Pencemaran Udara dan Emisi Gas*. Kreasi Cendekia Pustaka.

Somvanshi, S. S., Vashisht, A., Chandra, U., & Kaushik, G. (2019). Delhi air pollution modeling using remote sensing technique. In C. M. Hussain (Ed.), *Handbook of Environmental Materials Management* (pp. 1–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_174-1

Waheed, F., Ehsan, N., Nasir, R., Khan, W. A., Khokhar, M. F., Shahzad, L., Tariq, A., Afzal, H., & Zaman, Q. u. (2025). Geo-spatial distribution of air pollutants in urban area and its potential health risk analysis solutions. *Urban Climate, 61*, Article 102380. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102380

World Health Organization. (2025). *Air quality, energy and health*. https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants

Yan, J., Abbas, A., Palida, Y., Sun, X., & Ma, Z. (2025). Atmospheric particulate matter pollution in the "U-C-S" urban agglomeration: Spatio-temporal distribution and source analysis. *Atmosphere, 16*(12), Article 1375. https://doi.org/10.3390/atmos16121375