



PEMETAAN KUALITAS UDARA KOTA MEDAN PADA TAHUN 2025 DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG)

MAPPING MEDAN CITY'S AIR QUALITY IN 2025 USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

**Alvin Damero Siregar^{1*}, Shania Maria Franciska Pinem², Ella Citra Denisa Ginting³,
Sahala Fransiskus Marbun⁴**

Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Medan

Email: siregaralvindamero@gmail.com^{1}, shaniafranciska11@gmail.com², ellacitra817@gmail.com³,
sahala@unimed.ac.id⁴*

Article Info

Abstract

Article history :

Received : 01-12-2025

Revised : 03-12-2025

Accepted : 05-12-2025

Published : 07-12-2025

This study aims to map the spatial distribution of PM2.5 concentrations in Medan City in 2025 using a Geographic Information System (GIS). Monthly PM2.5 data from 21 sub-districts were processed using ArcGIS 10.8. The results show an average PM2.5 concentration of 91.43 µg/m³, which is considered unhealthy. High concentrations are concentrated in the central and southern sub-districts (such as West Medan and Medan Sunggal) due to dense urban activity and traffic, while the northern coastal areas have lower levels. These findings indicate serious health and environmental risks, necessitating targeted air pollution control policies, including emission regulations, sustainable transportation, and expansion of green open spaces.

Keywords: Air Quality, GIS, Spatial Distribution

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan persebaran spasial konsentrasi PM2.5 di Kota Medan tahun 2025 menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data bulanan PM2.5 dari 21 kecamatan diolah dengan ArcGIS 10.8. Hasil menunjukkan rata-rata konsentrasi PM2.5 sebesar 91,43 µg/m³, yang tergolong tidak sehat. Konsentrasi tinggi terpusat di kecamatan pusat dan selatan (seperti Medan Barat, Medan Sunggal) akibat padatnya aktivitas perkotaan dan lalu lintas, sementara wilayah pesisir utara memiliki kadar lebih rendah. Temuan ini mengindikasikan risiko kesehatan dan lingkungan yang serius, sehingga diperlukan kebijakan pengendalian polusi udara yang terarah, termasuk regulasi emisi, transportasi berkelanjutan, dan perluasan ruang terbuka hijau.

Kata Kunci : Kualitas Udara, SIG, Persebaran Spasial

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kualitas udara di kota-kota besar di Indonesia menunjukkan penurunan signifikan, termasuk di Kota Medan. Berdasarkan data *Air Quality Index (AQI)* Februari 2025, nilai indeks kualitas udara Medan tercatat mencapai 93 dan pada beberapa hari meningkat hingga 184, yang tergolong “sangat tidak sehat” bagi kelompok rentan (Kompas.com, 2025). Kondisi ini diperkuat oleh hasil studi terbaru yang mencatat peningkatan kadar PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, dan SO₂ di wilayah perkotaan Medan selama periode Januari–Maret 2025, dengan beberapa titik pengukuran melebihi baku mutu udara ambien nasional (Siregar & Lubis, 2025). Fenomena tersebut



sejalan dengan tren global di mana urbanisasi cepat, transportasi padat, dan aktivitas industri menyebabkan peningkatan beban polutan di udara (Zhang et al., 2021; Li et al., 2023).

Menurunnya kualitas udara membawa berbagai dampak terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan. Paparan jangka panjang terhadap polutan partikulat halus ($PM_{2.5}$) diketahui berhubungan langsung dengan peningkatan risiko penyakit pernapasan dan kardiovaskular (Huang et al., 2023; Chen et al., 2023). Di Kota Medan, lonjakan kasus *Infeksi Saluran Pernapasan Akut* (ISPA) mencapai 42.643 kasus pada Oktober 2025, dengan polusi udara sebagai faktor utama penyebabnya (Sumutpos.jawapos.com, 2025). Selain dampak kesehatan, degradasi kualitas udara turut menurunkan kenyamanan hidup, memperburuk citra kota, dan menghambat produktivitas ekonomi masyarakat (Hutabarat & Simanjuntak, 2022; Sembiring & Daulay, 2020).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas isu pencemaran udara di Medan, namun sebagian besar masih terbatas pada analisis temporal dan belum banyak mengintegrasikan aspek spasial. Studi klasik BMKG menunjukkan peningkatan *Suspended Particulate Matter* (SPM) di Medan sejak 1983 hingga 2014, tetapi belum menggunakan teknologi geospasial untuk menganalisis distribusinya secara menyeluruh (BMKG, 2023). Penelitian terkini oleh Sari & Ginting (2023) dan Manurung & Nasution (2019) menunjukkan potensi besar penggunaan SIG dalam pemetaan polusi udara, tetapi masih bersifat lokal dan belum memperlihatkan dinamika spasial antar-wilayah kota secara terintegrasi. Secara global, penerapan SIG dan Internet of Things (IoT) dalam pemantauan udara telah terbukti efektif untuk deteksi dan analisis distribusi spasial polutan di kawasan perkotaan (Kumar & Gupta, 2022; Ghosh & Mukherjee, 2020; Lin et al., 2024). Namun, di Indonesia, pendekatan integratif semacam ini masih sangat terbatas, khususnya untuk wilayah Medan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki urgensi tinggi untuk dilakukan. Dengan mengintegrasikan data kualitas udara dan teknologi Sistem Informasi Geografi, penelitian ini diharapkan dapat memetakan sebaran spasial polutan udara di Kota Medan tahun 2025 secara komprehensif. Hasil pemetaan ini akan membantu pemerintah daerah, dinas lingkungan hidup, dan sektor kesehatan dalam pengambilan kebijakan berbasis bukti, misalnya penentuan zona rendah emisi, perencanaan transportasi ramah lingkungan, serta penyusunan strategi mitigasi pencemaran udara (Harahap & Sinaga, 2021). Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metodologi pemetaan spasial kualitas udara berbasis SIG, sekaligus memperkuat basis data ilmiah terkait kualitas udara perkotaan di Indonesia yang masih terbatas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, dimana secara administratif terdiri atas 21 kecamatan dengan karakteristik keruangan, aktivitas ekonomi, dan tingkat kepadatan penduduk yang beragam. Kota Medan dipilih sebagai lokasi penelitian karena tingginya intensitas mobilitas penduduk dan aktivitas transportasi yang berpotensi memberikan pengaruh signifikan terhadap variasi kualitas udara. Secara geografis, Kota Medan terletak pada koordinat $3^{\circ}27' - 3^{\circ}47'$ Lintang Utara dan $98^{\circ}35' - 98^{\circ}44'$ Bujur Timur, sehingga memungkinkan dilakukannya kajian spasial secara komprehensif. Penelitian berlangsung pada bulan Oktober 2025, yang bertepatan dengan periode transisi dari musim kemarau menuju musim penghujan. Kondisi ini memberikan peluang bagi peneliti untuk mengamati dinamika perubahan konsentrasi $PM_{2.5}$ akibat peralihan iklim musiman.



Pengumpulan data dilakukan dengan memanfaatkan perangkat keras berupa laptop Asus yang digunakan untuk menggerakkan ArcGIS 10.8 sebagai alat untuk analisis spasial. Bahan penelitian meliputi data shapefile batas administratif Kota Medan tahun 2024 yang diambil melalui portal resmi Ina-Geoportal, serta data konsentrasi PM2.5 bulanan dari seluruh kecamatan yang diunduh melalui situs AQI. Data konsentrasi PM2.5 tersebut dihitung nilai rata-ratanya untuk setiap kecamatan, kemudian diintegrasikan ke dalam tabel atribut shapefile sebagai dasar penyusunan peta tematik. Seluruh data yang telah dihimpun kemudian dianalisis dengan menggunakan ArcGIS 10.8 untuk menghasilkan visualisasi spasial yang menggambarkan persebaran tingkat polusi udara di Kota Medan.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap persiapan perangkat dan perangkat lunak, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data spasial dan data kualitas udara. Tahap berikutnya mencakup pengolahan data melalui perhitungan nilai rata-rata PM2.5 serta pengintegrasianya ke dalam basis data geospasial. Data yang telah terstruktur tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan standar Air Quality Index (AQI), sehingga menghasilkan peta tematik yang menunjukkan variasi tingkat polusi udara antarkecamatan. Pada tahap akhir, peneliti melakukan interpretasi spasial terhadap pola distribusi PM2.5 serta mengevaluasi tingkat kualitas udara di setiap wilayah Kota Medan. Hasil visualisasi dan interpretasi tersebut selanjutnya disusun dalam bentuk laporan penelitian sebagai representasi kondisi kualitas udara Kota Medan pada tahun 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Tabel Tingkat Kadar PM2.5 Kota Medan

No	Kecamatan di Kota Medan	Rata-Rata Bulanan Konsentrasi PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Medan Amplas	91
2	Medan Area	93
3	Medan Barat	96
4	Medan Baru	96
5	Medan Belawan	75
6	Medan Deli	85
7	Medan Denai	93
8	Medan Helvetia	96
9	Medan Johor	92
10	Medan Kota	94
11	Medan Labuhan	85
12	Medan Maimun	94
13	Medan Marelan	86
14	Medan Perjuangan	93
15	Medan Petisah	94
16	Medan Polonia	92
17	Medan Selayang	93



18	Medan Sunggal	96
19	Medan Tembung	93
20	Medan Timur	89
21	Medan Tuntungan	94

Sumber: Penulis

Distribusi Konsentrasi PM2.5 di Kota Medan

Berdasarkan hasil pengolahan data konsentrasi PM2.5 bulanan pada 21 kecamatan di Kota Medan (Tabel 1), diperoleh bahwa nilai konsentrasi PM2.5 menampilkan variasi spasial yang cukup signifikan antarwilayah. Konsentrasi PM2.5 berada pada rentang 75–96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 91,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang menandakan bahwa kondisi kualitas udara di Kota Medan secara umum berada pada kategori tidak sehat berdasarkan klasifikasi US Air Quality Index (US AQI).

Kecamatan dengan konsentrasi PM2.5 tertinggi, yaitu Medan Barat, Medan Baru, Medan Helvetia, dan Medan Sunggal dengan nilai masing-masing sebesar 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang menunjukkan karakteristik wilayah dengan kepadatan aktivitas perkotaan yang sangat tinggi. Wilayah-wilayah ini merupakan pusat kegiatan perdagangan, jasa, permukiman padat, serta memiliki jaringan transportasi utama dengan volume lalu lintas yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan aktivitas pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan bermotor menjadi sumber utama peningkatan partikulat halus di udara.

Selanjutnya, kecamatan dengan konsentrasi PM2.5 pada kategori tinggi-menengah berada pada kisaran 93–94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang meliputi Medan Kota, Medan Maimun, Medan Petisah, Medan Tuntungan, Medan Area, serta beberapa wilayah sekitarnya. Wilayah-wilayah ini juga merupakan daerah pusat pemerintahan, pendidikan, dan aktivitas komersial yang memiliki intensitas pergerakan manusia dan kendaraan yang tinggi sepanjang hari. Tingginya mobilitas penduduk di wilayah ini memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas buang kendaraan. Kecamatan dengan kategori menengah, seperti Medan Timur dan Medan Deli, berada pada kisaran 85–89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wilayah ini memiliki karakter penggunaan lahan campuran antara kawasan permukiman, industri skala kecil, serta jalur transportasi penghubung antarwilayah. Kondisi tersebut menyebabkan beban pencemaran udara berada pada tingkat sedang, namun tetap menunjukkan potensi risiko terhadap kesehatan masyarakat apabila paparan berlangsung secara terus-menerus.

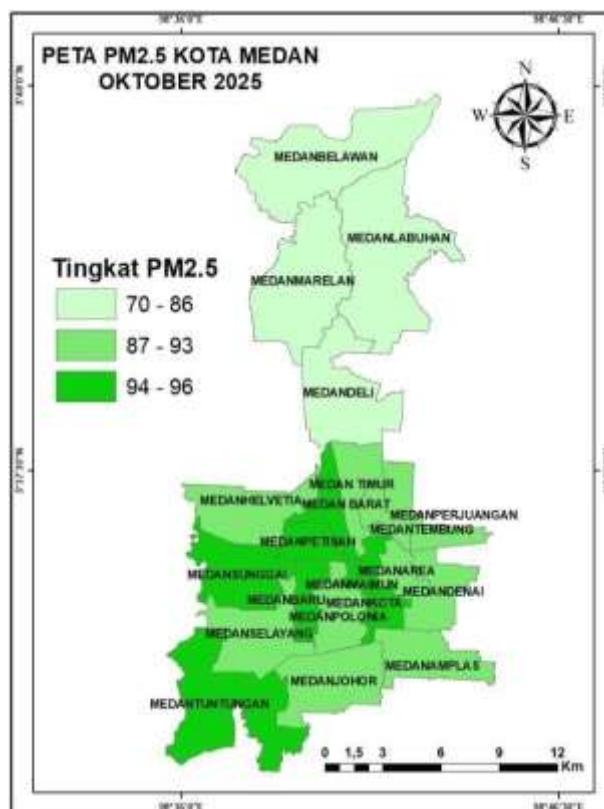
Sementara itu, kecamatan dengan konsentrasi PM2.5 terendah yaitu Medan Belawan dan Medan Marelan dengan rentang 75–86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wilayah ini relatif memiliki kepadatan lalu lintas yang lebih rendah, aktivitas perkotaan yang tidak sepadat wilayah pusat kota, serta lebih dekat dengan kawasan pesisir dan daerah terbuka. Sirkulasi udara yang lebih baik, keberadaan ruang terbuka, serta rendahnya intensitas kendaraan bermotor menjadi faktor utama yang menyebabkan lebih rendahnya konsentrasi PM2.5 di wilayah tersebut. Perbedaan distribusi konsentrasi PM2.5 antar kecamatan ini menunjukkan bahwa karakteristik penggunaan lahan, kepadatan penduduk, serta intensitas aktivitas transportasi menjadi faktor dominan dalam memengaruhi tingkat



pencemaran udara di Kota Medan. Semakin tinggi aktivitas perkotaan dan kepadatan kendaraan bermotor, maka semakin tinggi pula konsentrasi PM2.5 yang terukur di suatu wilayah.

Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa pencemaran PM2.5 di Kota Medan tidak tersebar secara merata, melainkan membentuk pola konsentrasi yang lebih tinggi di kawasan pusat aktivitas kota dan menurun menuju wilayah pinggiran. Temuan ini memberikan dasar penting bagi perencanaan strategi pengendalian pencemaran udara yang lebih terarah dan berbasis wilayah.

Pola Spasial Sebaran PM2.5 di Kota Medan



Gambar. 1 Peta Tingkat PM2.5 Kota Medan

Sumber: Penulis

Berdasarkan hasil pemetaan konsentrasi PM2.5 di Kota Medan pada bulan Oktober 2025 (Gambar 2), terlihat bahwa sebaran PM2.5 menunjukkan pola spasial yang tidak merata dan membentuk gradasi konsentrasi dari wilayah utara menuju wilayah tengah dan selatan kota. Pola ini mengindikasikan adanya keterkaitan yang erat antara intensitas aktivitas perkotaan, kepadatan penduduk, serta jaringan transportasi terhadap tingkat pencemaran udara. Wilayah utara Kota Medan, Dimana ini meliputi Kecamatan Medan Belawan, Medan Marelan, Medan Labuhan, dan Medan Deli, berada pada kategori rendah hingga menengah dengan kisaran nilai 70–86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wilayah ini relatif memiliki kepadatan penduduk dan intensitas lalu lintas yang lebih rendah dibandingkan wilayah pusat kota. Selain itu, kedekatannya dengan kawasan pesisir memungkinkan terjadinya sirkulasi angin laut darat yang lebih aktif, sehingga membantu proses dispersi polutan di atmosfer dan menyebabkan konsentrasi PM2.5 cenderung lebih rendah.

Memasuki wilayah tengah Kota Medan, seperti Kecamatan Medan Timur, Medan Barat, Medan Tembung, Medan Petisah, dan Medan Perjuangan, nilai PM2.5 dikategorikan sebagai



kategori menengah dengan interval 87–93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kawasan ini merupakan pusat perdagangan, jasa, dan transportasi, sehingga aktivitas kendaraan bermotor berlangsung sangat intens sepanjang hari. Selain itu, tingginya kepadatan bangunan dan keterbatasan ruang terbuka hijau menyebabkan proses dispersi polutan menjadi kurang optimal, sehingga terjadi akumulasi PM2.5 di udara ambien.

Selanjutnya, wilayah selatan dan pusat Kota Medan, yang meliputi Medan Kota, Medan Maimun, Medan Area, Medan Polonia, Medan Baru, Medan Sunggal, Medan Selayang, Medan Johor, dan Medan Tuntungan, berada pada kategori konsentrasi tertinggi dengan nilai 94–96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wilayah ini dicirikan oleh tingginya kepadatan penduduk, padatnya aktivitas permukiman, pusat pendidikan, perkantoran, serta tingginya volume lalu lintas harian. Kondisi tersebut menyebabkan emisi dari kendaraan bermotor terakumulasi secara signifikan dan meningkatkan konsentrasi PM2.5 di atmosfer. Pola spasial sebaran PM2.5 ini juga menunjukkan adanya klaster pencemaran yang terkonsentrasi di kawasan pusat kota dan wilayah dengan fungsi lahan intensif. Sebaliknya, wilayah dengan fungsi lahan terbuka, kawasan pesisir, serta kepadatan aktivitas yang lebih rendah cenderung memiliki konsentrasi PM2.5 yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kepadatan penduduk, jaringan jalan, serta kondisi meteorologi lokal seperti arah dan kecepatan angin turut memengaruhi distribusi spasial polutan PM2.5 di Kota Medan.

Dengan demikian, hasil analisis spasial ini menegaskan bahwa pencemaran PM2.5 di Kota Medan memiliki keterkaitan yang sangat kuat dengan dinamika aktivitas perkotaan. Informasi sebaran spasial ini menjadi dasar yang penting dalam perencanaan pengendalian pencemaran udara berbasis wilayah, sehingga upaya mitigasi dapat difokuskan pada kecamatan-kecamatan dengan tingkat pencemaran tertinggi

Kualitas Udara Kota Medan Berdasarkan Standar Kesehatan

Kualitas udara merupakan salah satu indikator utama dalam penilaian kota sehat karena berhubungan langsung dengan risiko kesehatan masyarakat. Mengacu pada Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri dan Menteri Kesehatan Tahun 2005 Nomor 34 Tahun 2005 dan Nomor 1138/Menkes/PB/VIII/2005, salah satu indikator khusus dalam penyelenggaraan Kabupaten/Kota Sehat adalah tercapainya kondisi udara yang bersih dan sehat, khususnya pada tatanan kawasan permukiman dan sarana umum.

Udara bersih dalam regulasi tersebut dinilai berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu terpenuhinya standar Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), tingginya persentase kendaraan bermotor yang lolos uji emisi dan meningkatnya penggunaan bahan bakar ramah lingkungan, serta menurunnya angka kejadian penyakit gangguan pernapasan, seperti ISPA, pneumonia, dan tuberkulosis paru.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh nilai rata-rata konsentrasi PM2.5 Kota Medan sebesar 91,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika dibandingkan dengan standar kualitas udara ambien, nilai ini telah melampaui batas aman WHO yang merekomendasikan ambang batas PM2.5 tahunan sebesar 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan harian sebesar 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Selain itu, berdasarkan klasifikasi US Air Quality Index (US AQI), konsentrasi PM2.5 dengan kisaran 55,5–150,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ termasuk dalam kategori Unhealthy atau tidak sehat. Ini menunjukkan bahwa kualitas udara di Kota Medan telah berada pada tingkat yang berisiko bagi kesehatan seluruh kelompok masyarakat.



Pada kategori tidak sehat, masyarakat umum sudah mulai berpotensi mengalami gangguan kesehatan, sedangkan kelompok sensitif seperti anak-anak, lansia, ibu hamil, serta penderita penyakit pernapasan dan jantung akan menghadapi risiko yang lebih besar. Paparan PM2.5 dalam jangka pendek dapat menyebabkan gejala seperti sesak napas, batuk, iritasi tenggorokan, dan penurunan fungsi paru, sedangkan paparan jangka panjang dapat meningkatkan risiko penyakit paru kronis, kanker paru, serta penyakit kardiovaskular. Tingginya nilai PM2.5 di Kota Medan juga mencerminkan bahwa indikator udara bersih dalam konsep Kabupaten/Kota Sehat belum terpenuhi secara optimal. Hal ini disebabkan oleh masih tingginya aktivitas transportasi berbahan bakar fosil, kepadatan lalu lintas di kawasan pusat kota, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang belum diimbangi dengan pengendalian emisi yang ketat, serta keterbatasan ruang terbuka hijau sebagai penyerap polutan udara.

Dengan demikian, berdasarkan standar kesehatan nasional maupun internasional, dapat disimpulkan bahwa kualitas udara Kota Medan berada pada kondisi tidak sehat dan berpotensi menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat. Kondisi ini menegaskan pentingnya upaya pengendalian pencemaran udara secara terpadu melalui kebijakan transportasi berkelanjutan, penguatan regulasi emisi kendaraan, serta peningkatan kualitas lingkungan perkotaan.

Dampak dan Implikasi Lingkungan serta Kesehatan Akibat Tingginya Konsentrasi PM2.5 di Kota Medan

Partikulat halus PM2.5 merupakan salah satu polutan udara yang paling berbahaya karena ukurannya yang sangat kecil, yaitu kurang dari 2,5 mikrometer, sehingga mampu masuk hingga ke saluran pernapasan bagian terdalam dan menembus alveoli paru-paru serta masuk ke dalam aliran darah. Tingginya konsentrasi PM2.5 yang teridentifikasi di Kota Medan menunjukkan potensi risiko yang serius, baik terhadap kesehatan masyarakat maupun terhadap kualitas lingkungan perkotaan secara keseluruhan.

Dari aspek kesehatan, paparan PM2.5 dalam jangka pendek dapat menyebabkan berbagai gangguan saluran pernapasan, seperti batuk, sesak napas, iritasi tenggorokan, dan menurunnya kapasitas fungsi paru-paru. Pada kelompok rentan, termasuk anak-anak, lansia, ibu hamil, serta penderita asma dan penyakit jantung, dampak ini dapat muncul lebih cepat dan dengan tingkat keparahan yang lebih tinggi. Paparan jangka panjang PM2.5 diketahui berkontribusi terhadap meningkatnya risiko penyakit serius seperti bronkitis kronis, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), kanker paru-paru, serta penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung dan stroke.

Selain itu, tingginya konsentrasi PM2.5 juga berimplikasi pada meningkatnya angka kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), pneumonia, dan tuberkulosis (TB Paru). Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan beban pembiayaan kesehatan, baik pada tingkat individu maupun pemerintah daerah, serta menurunkan produktivitas masyarakat akibat meningkatnya angka kesakitan dan absensi kerja maupun sekolah.

Dari sisi lingkungan, tingginya kandungan PM2.5 di udara berdampak pada menurunnya kualitas udara ambien, berkurangnya jarak pandang (visibilitas), serta meningkatnya tingkat deposisi partikel pada permukaan tanah, bangunan, dan vegetasi. Endapan partikel yang berlangsung secara terus-menerus dapat merusak struktur bangunan, mempercepat proses pelapukan material, serta mengganggu proses fotosintesis pada tanaman akibat tertutupnya



permukaan daun oleh partikel halus. Hal ini pada akhirnya dapat menurunkan kualitas ruang terbuka hijau sebagai penyerap polutan dan penghasil oksigen. Dalam jangka panjang, pencemaran udara oleh PM2.5 juga berkontribusi terhadap perubahan kualitas ekosistem perkotaan, termasuk terganggunya keseimbangan mikroklimat, peningkatan suhu udara lokal, serta penurunan kenyamanan termal masyarakat. Lingkungan yang tercemar secara terus-menerus dapat menurunkan kualitas hidup penduduk kota, menghambat aktivitas luar ruang, serta memperburuk persepsi masyarakat terhadap kondisi lingkungan tempat tinggalnya.

Secara sosial dan ekonomi, dampak pencemaran udara turut memengaruhi produktivitas masyarakat, peningkatan biaya pelayanan kesehatan, serta menurunnya daya tarik wilayah perkotaan sebagai pusat aktivitas ekonomi dan investasi. Meningkatnya kasus penyakit akibat polusi udara berpotensi menurunkan tingkat kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan beban pemerintah dalam penyediaan layanan kesehatan. Dengan demikian, tingginya konsentrasi PM2.5 di Kota Medan tidak hanya menjadi permasalahan lingkungan semata, tetapi juga telah berkembang menjadi isu kesehatan masyarakat dan permasalahan pembangunan perkotaan yang bersifat kompleks dan multidimensi. Kondisi ini menegaskan urgensi penerapan kebijakan pengendalian pencemaran udara yang terpadu dan berkelanjutan guna melindungi kesehatan masyarakat serta menjaga keberlanjutan lingkungan kota.

Upaya Mitigasi dan Rekomendasi Pengendalian Konsentrasi PM2.5 di Kota Medan

Tingginya konsentrasi PM2.5 di Kota Medan yang berada pada kategori tidak sehat menunjukkan bahwa upaya pengendalian pencemaran udara perlu dilakukan secara terpadu, berkelanjutan, dan melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Upaya mitigasi tidak hanya difokuskan pada penanganan dampak, tetapi juga harus menyasar sumber pencemar utama, khususnya sektor transportasi, aktivitas industri, serta perilaku masyarakat. Dari sisi kebijakan transportasi, pemerintah daerah perlu memperketat pelaksanaan uji emisi kendaraan bermotor secara berkala dan menyeluruh, terutama pada kendaraan bermesin diesel dan kendaraan dengan usia pakai yang tinggi. Penindakan tegas terhadap kendaraan yang tidak memenuhi standar emisi harus dilakukan secara konsisten sebagai bentuk pengendalian langsung terhadap sumber PM2.5. Selain itu, pengembangan sistem transportasi publik yang ramah lingkungan, seperti bus berbasis listrik atau bahan bakar rendah emisi, perlu dipercepat guna mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi.

Dalam aspek pengelolaan lingkungan dan tata ruang, perlu dilakukan peningkatan luasan dan kualitas ruang terbuka hijau (RTH) di kawasan permukiman, pusat aktivitas ekonomi, dan sepanjang koridor jalan utama. Vegetasi perkotaan berperan penting sebagai penyerap polutan, penghasil oksigen, serta penurun suhu udara. Pemilihan jenis tanaman yang efektif dalam menyerap partikel udara, seperti tanaman berdaun lebar dan tajuk rapat, juga menjadi bagian penting dalam strategi ini.

Terkait dengan pengendalian aktivitas pembakaran terbuka, pemerintah perlu melakukan penertiban secara tegas terhadap kegiatan pembakaran sampah, baik di kawasan permukiman, lahan kosong, maupun kawasan industri kecil. Pembakaran terbuka merupakan salah satu sumber utama partikulat halus yang sering diabaikan oleh masyarakat. Oleh karena itu, penyediaan sistem pengelolaan sampah terpadu berbasis 3R (Reduce, Reuse, Recycle) juga menjadi solusi penting untuk menekan praktik pembakaran sampah. Dari sisi industri dan usaha, perlu dilakukan



pengawasan terhadap emisi cerobong industri, terutama industri skala kecil dan menengah yang berada di sekitar kawasan permukiman. Penerapan teknologi pengendalian emisi seperti scrubber dan filter udara wajib didorong melalui regulasi yang ketat serta insentif lingkungan bagi pelaku usaha yang patuh terhadap standar baku mutu udara ambien.

Dalam aspek sistem pemantauan kualitas udara, penyediaan dan pengembangan jaringan pemantauan kualitas udara berbasis real-time di setiap kecamatan menjadi sangat penting. Informasi kualitas udara yang dapat diakses secara terbuka oleh masyarakat akan meningkatkan kewaspadaan publik serta mendorong partisipasi masyarakat dalam upaya pengendalian pencemaran udara. Selain itu, data yang tersedia secara kontinu dapat menjadi dasar yang kuat bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan berbasis bukti (evidence-based policy). Dari sisi edukasi dan partisipasi masyarakat, perlu dilakukan peningkatan kesadaran publik melalui kampanye lingkungan, pendidikan formal, serta media sosial mengenai bahaya PM2.5 bagi kesehatan dan pentingnya perilaku ramah lingkungan. Masyarakat perlu didorong untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, beralih ke transportasi umum, menggunakan kendaraan rendah emisi, melakukan penghijauan mandiri, serta menghindari praktik pembakaran sampah.

Secara keseluruhan, upaya mitigasi pencemaran PM2.5 di Kota Medan tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus dilaksanakan melalui sinergi antara kebijakan pemerintah, pengawasan yang ketat, penguatan sistem pemantauan, pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan, serta keterlibatan aktif masyarakat. Dengan penerapan strategi yang terintegrasi, diharapkan konsentrasi PM2.5 di Kota Medan dapat ditekan secara signifikan sehingga kualitas udara menjadi lebih sehat dan mendukung keberlanjutan pembangunan perkotaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, kualitas udara Kota Medan pada tahun 2025 berada dalam kategori tidak sehat dengan rata-rata konsentrasi PM2.5 sebesar $91,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh melampaui standar WHO, dimana pola sebarannya tidak merata dan membentuk gradasi spasial tertinggi di wilayah inti kota yang padat aktivitas, transportasi, dan penduduk. Temuan ini mengonfirmasi faktor penggunaan lahan dan aktivitas perkotaan sebagai determinan utama polusi, yang berimplikasi serius pada peningkatan risiko penyakit pernapasan dan kardiovaskular, sehingga diperlukan strategi mitigasi terpadu seperti penguatan regulasi emisi, pengembangan transportasi berkelanjutan, dan perluasan ruang terbuka hijau, dengan rekomendasi agar pemetaan spasial ini dijadikan dasar kebijakan pengendalian pencemaran yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2023). Analisis tren partikel tersuspensi (SPM) dan polutan udara di Medan tahun 1983–2014. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 24(2), 77–89. <https://jmg.bmkg.go.id/jmg/index.php/jmg/article/view/244>
- Chen, R., Li, J., Wang, Z., & Xu, L. (2023). PM2.5 and its impact on cardiovascular mortality: A global meta-analysis. *Environmental Research*, 216, 114432. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114432>
- Ghosh, S., & Mukherjee, A. (2020). Integration of IoT and GIS for smart city air quality monitoring. *Sensors*, 20(23), 6780. <https://doi.org/10.3390/s20236780>



- Harahap, D. R., & Sinaga, J. (2021). Pemanfaatan SIG dalam pemetaan polusi udara di wilayah perkotaan Sumatera Utara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 8(4), 1234–1242. <https://jtiik.ub.ac.id/index.php/jtiik/article/view/3674>
- Huang, L., Wang, Z., & Zhang, J. (2023). Health impacts of air pollution: A systematic review of PM2.5 effects on respiratory diseases. *Environmental Advances*, 12, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100342>
- Hutabarat, M. P., & Simanjuntak, R. (2022). Pengaruh aktivitas transportasi terhadap peningkatan PM10 di Kota Medan. *Jurnal Geografi*, 19(1), 45–55. <https://jurnal.ugm.ac.id/jurnalgeografi/article/view/76936>
- Kumar, P., & Gupta, R. (2022). Application of GIS in air quality monitoring and management. *Atmosphere*, 13(8), 1248. <https://doi.org/10.3390/atmos13081248>
- Li, X., Zhang, T., Chen, Y., & Zhao, H. (2023). Spatiotemporal analysis of air pollution using GIS and remote sensing: A review. *Sustainability*, 15(3), 1452. <https://doi.org/10.3390/su15031452>
- Lin, C., Wang, P., & Liu, Q. (2024). Urban air pollution mapping using GIS-based kriging interpolation techniques. *Environmental Sciences Proceedings*, 26(1), 15. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2024026015>
- Manurung, D., & Nasution, A. (2019). Analisis sebaran partikulat (PM2.5 dan PM10) di Kota Medan dengan pendekatan spasial. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(3), 201–212. <https://jurnal.itera.ac.id/index.php/jsl/article/view/537>
- Sari, A. P., & Ginting, N. (2023). Pemetaan sebaran polusi udara menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Medan. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2), A90–A98. <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/110247>
- Sembiring, B., & Daulay, R. (2020). Kualitas udara di Kota Medan: Tren dan implikasinya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan USU*, 6(1), 22–31. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/28475>
- Siregar, S., & Lubis, F. (2025). Analisis kualitas udara Kota Medan menggunakan data real-time dan sensor polutan. *Jurnal Proximal*, 8(2), 113–123. <https://ejournal.my.id/proximal/article/view/6164>
- Zhang, Q., He, K., & Wang, L. (2021). Air pollution and public health: Emerging challenges and trends. *Science of The Total Environment*, 775, 145859. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145859>