

# Eksplorasi Pola Data Indeks Pencemaran Udara untuk Membangun Model Prediktif dalam Upaya Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia

Susi Ninik Mahudi<sup>1</sup>, Khezia Permana<sup>2</sup>, Steny Cindy Abigail<sup>3</sup>, Teguh Prasandy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Information Systems Department, BINUS Online Learning Bina Nusantara University, Bogor, 16830, email: susi.mahudi@binus.ac.id

<sup>2</sup>Information Systems Department, BINUS Online Learning Bina Nusantara University, Jakarta, 11820, email: khezia@binus.ac.id

<sup>3</sup>Information Systems Department, BINUS Online Learning Bina Nusantara University, Bekasi, 17413, email: steny.abigail@binus.ac.id

<sup>4</sup>Information Systems Department, BINUS Online Learning Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia, email: teguh.prasandy@binus.edu

Corresponding Author: Susi Ninik Mahudi

**INTISARI** — Pencemaran udara menjadi salah satu tantangan lingkungan di Indonesia dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Dengan semakin memburuknya indeks kualitas udara tiap tahunnya, membuktikan bahwa masalah pencemaran udara bukan hal yang remeh dan perlu perhatian khusus. Oleh karena itu, penting untuk memahami dan memprediksi pola pencemaran udara guna mengembangkan upaya pembangunan berkelanjutan. Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan eksplorasi pola data indeks pencemaran udara dan bagaimana pola ini dapat digunakan untuk membangun model prediktif dalam konteks pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Metode penelitian yang digunakan dalam makalah ini melibatkan pengumpulan data indeks pencemaran udara dari Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang diukur dari 5 stasiun pemantau kualitas udara di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2021. Data ini kemudian dianalisis menggunakan teknik eksplorasi data dan analisis prediktif dengan menggunakan dua model klasifikasi yaitu *Logistic Regression* dan *Decision Tree*. Lalu, untuk matrik evaluasi yang akan digunakan adalah *precision* dan *accuracy*. Hasil dari analisis data, didapatkan kesimpulan bahwa parameter PM2.5 adalah parameter yang memiliki pengaruh besar pada peningkatan pencemaran udara. PM2.5 terbentuk di atmosfer karena reaksi bahan kimia seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida karena aktivitas dari pembuangan pembangkit listrik, industri, dan mobil. Model prediktif ini memiliki potensi untuk membantu pemerintah, lembaga lingkungan, dan masyarakat dalam mengambil langkah efektif dalam mengatasi pencemaran udara dan menerapkan praktik pembangunan berkelanjutan di Indonesia dengan mengambil contoh salah satu wilayah yang berpenduduk terpadat yaitu DKI Jakarta. Dengan memprediksi pola pencemaran udara di masa depan, kebijakan dan tindakan pencegahan yang tepat dapat diimplementasikan untuk mengurangi dampak negatifnya dan meningkatkan kualitas udara di Indonesia. Makalah ini berfungsi sebagai kontribusi dalam bidang penelitian lingkungan dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para peneliti, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lainnya dalam upaya untuk mengurangi pencemaran udara, menanggulangi masalah buruknya kualitas udara, dan mendorong pembangunan berkelanjutan.

**KATA KUNCI** — Indeks Pencemaran Udara, Model Prediktif, *Machine Learning*, Pembangunan Berkelanjutan, Regresi, *Decision Tree*, ISPU.

## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara juga merupakan oksigen yang dihirup dan masuk ke dalam tubuh makhluk hidup setiap harinya. Dalam hal ini, udara merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan meski keberadaannya tidak dapat dilihat langsung oleh mata. Sehubungan dengan itu, dengan adanya pencemaran udara yang terjadi maka akan menimbulkan berbagai macam penyakit yang bisa menyerang pernapasan dan berimbas pada masalah kesehatan makhluk hidup sehingga dapat menaikkan resiko kematian.

Adapun pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang serius dan kompleks di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Di Indonesia, DKI Jakarta merupakan salah satu kota yang disoroti tentang pencemaran udaranya. Tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan industri, dan mobilitas yang tinggi telah menyebabkan peningkatan emisi polutan atmosfer, mengancam kesehatan manusia dan keberlanjutan ekosistem. Untuk itu, banyak masyarakat yang tinggal di Jakarta mengeluhkan tidak bisa menikmati udara bersih yang dihirup saat pergi beraktivitas diluar rumah. Bahkan, langit Jakarta terlihat berwarna abu-abu. Akibatnya, ada beberapa masyarakat yang mengalami penyakit

karena pencemaran udara ini. Jika hal ini terus dibiarkan terjadi maka akan menjadi masalah yang benar-benar serius kedepannya.

Mengenai hal itu, salah satu upaya dari pembangunan berkelanjutan, yaitu menjangkau untuk meminimalisir/mengurangi permasalahan lingkungan. Jadi, permasalahan pencemaran udara merupakan salah satu hal yang harus diminimalisir dalam pembangunan berkelanjutan. Dengan pembangunan berkelanjutan yang dilakukan ini diharapkan dapat mengubah kualitas udara DKI Jakarta menjadi lebih baik dan dapat mengatasi permasalahan yang ada, namun saat ini hal tersebut masih belum terjadi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penting untuk mengidentifikasi dan memahami pola pencemaran udara terutama di DKI Jakarta serta mengembangkan model prediktif yang dapat digunakan dalam upaya pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

### B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan dari uraian tersebut, maka penulis dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis dari eksplorasi data indeks pencemaran udara?
2. Bagaimana hasil eksplorasi data indeks pencemaran udara dapat membantu memberikan solusi untuk upaya pembangunan berkelanjutan di Indonesia?
3. Bagaimana solusi yang diberikan dapat benar-benar berjalan dan diterapkan di Indonesia sehingga pembangunan berkelanjutan di Indonesia dapat berhasil?

### C. TUJUAN

Berdasarkan dari uraian tersebut, maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil yang didapatkan dari eksplorasi data indeks pencemaran udara.
2. Mengetahui hasil eksplorasi data indeks pencemaran udara dapat membantu memberikan solusi untuk upaya pembangunan berkelanjutan di Indonesia.
3. Memberikan solusi yang tepat dan dapat benar-benar dijalankan dan diterapkan di Indonesia sehingga pembangunan berkelanjutan di Indonesia dapat berhasil.

### D. MANFAAT PENELITIAN

Berikut ini manfaat penelitian dalam makalah yang berfungsi untuk menjelaskan dan menekankan secara jelas potensi dari hasil penelitian:

1. Bagi masyarakat
  - a. Memberikan informasi prediktif kepada masyarakat mengenai pencemaran udara.
  - b. Masyarakat menjadi sadar terhadap pentingnya menjaga kualitas udara.
2. Bagi pemerintah
  - a. Memberikan informasi prediktif kepada pemerintah mengenai pencemaran udara.
  - b. Pemerintah dapat mengambil tindakan dari solusi yang ada untuk mengatasi pencemaran udara.
  - c. Pembangunan berkelanjutan dapat berjalan lebih baik lagi.
3. Bagi peneliti
  - a. Membantu pihak-pihak terkait dalam mengidentifikasi pola pencemaran udara dan mengatasi pencemaran udara.

### E. BATASAN MASALAH

Berikut ini batasan masalah yang akan membuat pembahasan makalah ini lebih fokus:

1. Memahami permasalahan pencemaran udara di Indonesia, khususnya DKI Jakarta.
2. Menunjukkan data indeks pencemaran udara.
3. Mengidentifikasi pola dan tren pencemaran udara di berbagai wilayah di Indonesia, khususnya DKI Jakarta.
4. Memahami hubungan pencemaran udara dengan upaya pembangunan berkelanjutan.
5. Membahas hal yang harus dilakukan untuk mengatasi pencemaran udara agar dapat membantu pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin maju, hal ini berbanding lurus dengan pencemaran udara yang

meningkat, oleh karena perkembangan zaman dan juga teknologi kini banyak dikembangkan model analisis prediktif untuk dapat membantu memecahkan permasalahan lingkungan terutama pencemaran udara, diantaranya, Musthofa, F. [1] mengembangkan penelitian mencakup implementasi algoritma Apriori untuk mengidentifikasi pola-pola dalam Indeks Kualitas Udara (AQI) di Surabaya. Penelitian ini memberikan contoh konkret tentang bagaimana algoritma data mining dapat digunakan untuk menganalisis data indeks pencemaran udara. Yuwono, M. A [2] dalam penelitiannya juga melakukan analisis eksploratif mengenai Indeks Kualitas Udara (AQI) di Kota Bandung menggunakan metode *clustering*. Penelitian ini memberikan wawasan tentang bagaimana teknik pengelompokan dapat diterapkan dalam analisis data pencemaran udara untuk membantu pembangunan berkelanjutan.

Dalam makalah ini, kami melakukan analisis eksplorasi dasar, diikuti dengan membahas bagaimana model dapat dibangun untuk mengidentifikasi polutan yang paling berpengaruh dan sumber pencemar yang potensial. Menggunakan analisis regresi dan pohon keputusan mencoba untuk mengembangkan model prediktif yang dapat memprediksi kualitas udara di masa depan berdasarkan data historis. Akhirnya kami memprediksi faktor yang membuat pencemaran udara meningkat, ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana teknik-teknik data mining dapat diterapkan dalam konteks pengawasan dan evaluasi kualitas udara serta membantu dalam pengambilan keputusan yang berkelanjutan.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. SUMBER DATA

Himpunan data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan dataset yang berisi mengenai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang diukur dari 5 stasiun pemantau kualitas udara (SPKU) yang ada di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2021.

### B. VARIABEL PENELITIAN

1. Indeks Pencemaran Udara: Variabel utama penelitian ini adalah indeks pencemaran udara. Indeks ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode yang sesuai, seperti Indeks Kualitas Udara (Air Quality Index) yang telah ada atau pengembangan indeks yang disesuaikan dengan konteks Indonesia.
2. Parameter Pencemaran Udara: Variabel ini mencakup parameter-parameter pencemaran udara seperti PM2.5, PM10, SO2, NO2, O3, CO, dan lainnya [5]. Variabel ini akan digunakan untuk mengidentifikasi pola, trend, dan hubungan dalam data kualitas udara.

### C. LANGKAH ANALISIS

Metode yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah prediktif analisis menggunakan dua model klasifikasi yaitu *Logistic Regression* dan *Decision Tree*. Lalu, untuk matrik evaluasi yang akan digunakan adalah *precision* dan *accuracy*. Berikut ini adalah langkah apa saja yang akan dilakukan:

1. *Preprocessing Data*: Langkah awal adalah melakukan *preprocessing data*, termasuk pembersihan data, penanganan data hilang, dan normalisasi data jika diperlukan.

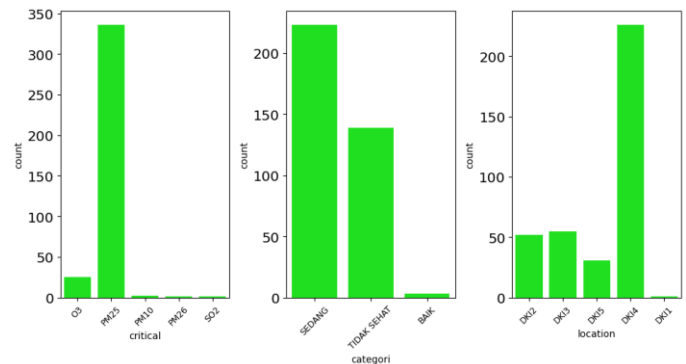
2. Eksplorasi Data: Dilakukan eksplorasi data untuk mengeksplorasi pola, trend, dan hubungan dalam data kualitas udara. Ini dapat melibatkan visualisasi data menggunakan grafik, diagram, dan peta, serta
3. penggunaan teknik data mining seperti analisis kluster, pohon keputusan, atau regresi.
4. Pengembangan Indeks Pencemaran Udara: Dalam langkah ini, indeks pencemaran udara akan dikembangkan menggunakan data kualitas udara yang tersedia. Metode yang digunakan untuk pengembangan indeks dapat disesuaikan dengan tujuan penelitian.
5. Analisis Pola Pencemaran Udara: Langkah ini melibatkan analisis pola dan trend dalam data kualitas udara untuk mengidentifikasi perubahan dan hubungan antara parameter pencemaran udara. Teknik data mining seperti analisis temporal, analisis spasial, atau penggalian pola (*pattern mining*) dapat digunakan dalam langkah ini. sama. Secara keseluruhan analisis bisnis ini fokus pada dua pertanyaan penting, yaitu:
  - a. Apa zat atau kandungan dari udara yang paling banyak membuat indeks pencemaran meningkat?
  - b. Apakah ada korelasinya? dan jika ada apa hal yang bisa dilakukan untuk meminimalisir pencemaran udara?

**Gambar 1.** Hasil visualisasi data kategori pencemaran

Dataset yang kami miliki, menjabarkan beberapa variabel sebagai parameter-parameter pengukur tingkat atau indeks pencemaran udara di DKI Jakarta. Variabel itu adalah;

1. Tanggal : Tanggal pengukuran kualitas udara
2. Stasiun : Lokasi pengukuran di stasiun
3. PM10 : Partikulat salah satu parameter yang diukur
4. PM2.5 : Partikulat salah satu parameter yang diukur
5. SO2 : Sulfida (dalam bentuk SO2) salah satu parameter yang diukur
6. CO : Karbon Monoksida salah satu parameter yang diukur
7. O3 : Ozon salah satu parameter yang diukur
8. NO2 : Nitrogen dioksida salah satu parameter yang diukur
9. Max : Nilai ukur paling tinggi dari seluruh parameter yang diukur dalam waktu yang sama
10. Critical : Parameter yang hasil pengukurannya paling tinggi
11. Kategori : Kategori hasil perhitungan indeks standar pencemaran udara

Dari proses eksplorasi data analisis didapatkan beberapa informasi mengenai sebaran data yaitu, pertama PM10, PM2.5 adalah parameter terbanyak sebagai sumber pencemaran udara. Kedua, kategori pencemaran udara di DKI Jakarta adalah “Sedang” yang mana juga menempati persentase tertinggi datanya. Ketiga, wilayah yang paling banyak polusi udara adalah DKI4.



**Gambar 2.** Analisis data eksplorasi

#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

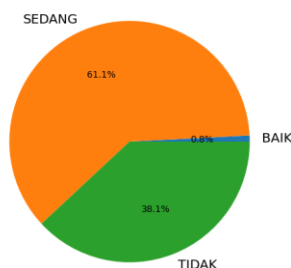
Pengujian dilakukan dengan menggunakan spesifikasi perangkat Intel Core i5, 8.0 GB RAM, Python 3.0 dan beberapa pustaka seperti numpy, pandas, matplotlib dan lainnya. Hasil pengujian dibagi menjadi 3 bagian, pertama menjawab dua pertanyaan yang diuraikan pada bagian analisis sistem, kemudian analisis pengelompokan variabel untuk melihat korelasinya dan terakhir adalah memprediksi variabel terhadap label target apakah dengan meningkatnya variable label indeks pencemaran ikut berubah?. Untuk mendapatkan hasil dari kedua pertanyaan, maka dilakukan beberapa tahapan seperti menjelajahi data untuk menemukan pola dan menyelami detail set data yang disediakan, pembersihan dan transformasi data untuk membantu mendapatkan dataset gabungan untuk memudahkan tahapan analisis.

##### A. ANALISIS DATA

Berdasarkan analisis data eksplorasi, kami mendapati bahwa 61,1% data indeks tingkat pencemaran udara di DKI Jakarta ada di tingkat kedua yaitu “Sedang”. Dalam hal ini tingkatan dibagi menjadi tiga yaitu: Baik, Sedang, dan Tidak Sehat.

Lalu, 38,1% data mengatakan bahwa tingkat pencemaran di DKI Jakarta adalah “Tidak Sehat”, sedangkan sisanya hanya 0,8% bisa dikatakan “Baik”.

Kategori hasil perhitungan indeks standar pencemaran udara



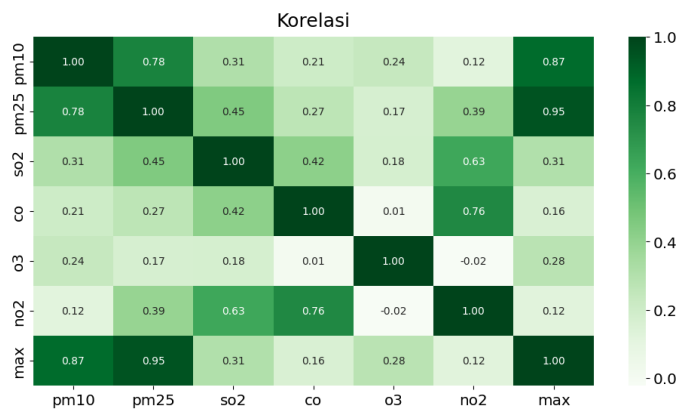
**Tabel I.** Nilai Rata-rata Parameter Indeks Polusi di DKI Jakarta

location	max	pm10	pm25	so2	co	o3	ni2
DKI1	74.0	62.0	74.0	42.0	19.0	39.0	49.0
DKI2	76.96153846153847	51.80769230769231	70.03125	55.15384615384615	17.384615384615383	46.98076923076923	46.09615384615385
DKI3	84.21910101010102	57.07272727272727	81.02272727272727	53.85454545454545	17.101010101010103	48.72727272727273	36.27272727272727
DKI4	100.62831958487108	83.269911584824716	100.80202020202021	52.42427076106186	14.101415020202024	50.87610619489206	30.062831958487108
DKI5	92.61296322580645	61.0	92.61296322580645	49.38709677419355	17.588045161296324	49.0	33.41935483870968

PM2.5 adalah salah satu partikel udara yang kita hirup, PM 2.5 mengacu pada materi partikulat atmosfer atau *particulate matter* (PM) dan merupakan polutan udara yang berukuran sangat kecil, sekitar 2,5 mikron (mikrometer). Mengutip dari Epa.gov [3], istilah PM (disebut juga polusi partikel) merupakan istilah untuk campuran partikel padat dan cair yang ditemukan di udara. Adapun bentuk partikel ini seperti debu, kotoran, dan asap. PM2.5 dibentuk di atmosfer karena reaksi bahan kimia seperti Sulfur Dioksida dan Nitrogen Oksida. Polutan yang dihasilkan oleh parameter ini adalah

dari aktivitas pembuangan pembangkit listrik, aktivitas industri pabrik, dan kendaraan (baik darat maupun udara).

Apa saja komponen kimia dari PM2.5? PM2.5 dapat dibuat oleh polutan lain yang bereaksi secara kimia di atmosfer. Reaksi kimia antar gas dapat menjadi sumber pencemar PM2.5, termasuk reaksi antara: sulfur dioksida, nitrogen oksida, amonia, karbon hitam, debu mineral, air, dan senyawa organik yang mudah menguap. Ternyata hal ini sesuai dengan korelasi yang dapat dilihat pada data heatmap bahwa PM2.5 memiliki korelasi positif dengan SO2 dan NO2. Sehingga dapat diartikan bahwa meningkatnya SO2 dan NO2 memiliki korelasi atau pengaruh terhadap meningkatnya PM2.5.



Gambar 3. Visualisasi persentase korelasi antar parameter

Sebagai informasi terkait parameter PM 2.5 merupakan parameter pencemar udara paling berpengaruh terhadap kesehatan manusia, karena dapat menyebabkan masalah pernapasan ringan hingga berat, diantaranya [4]: Gejala jangka pendek dari paparan partikulat tingkat tinggi termasuk iritasi tenggorokan dan saluran udara, batuk, dan kesulitan bernapas sedangkan komplikasi jangka panjang yang lebih serius dapat mencakup: penyakit jantung, paru-paru bronkitis, emfisema sampai serangan jantung yang tidak fatal dan flare-up yang lebih intens. Ini bisa terjadi karena ukuran mikroskopis PM2.5 meningkatkan potensinya untuk bersarang jauh ke dalam saluran pernapasan. Pada 2,5 mikron, PM2.5 mampu memasuki sistem peredaran darah dan bahkan otak. Oleh karena itu hal ini menjadi perhatian khusus kita bagi kemajuan pembangunan berkelanjutan yang lebih baik kedepannya.

Untuk mengukur kualitas udara yang biasa digunakan adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yaitu, salah satu metode yang digunakan untuk mengukur dan mengkomunikasikan kualitas udara secara sederhana kepada masyarakat. ISPU dirancang untuk memberikan gambaran umum tentang tingkat pencemaran udara dalam suatu wilayah atau kota dengan menggabungkan data pengukuran polutan tertentu menjadi satu angka atau indeks. ISPU umumnya mencakup pengukuran empat polutan utama dalam udara, yaitu partikel debu (PM10), PM2.5, Sulfur Dioksida (SO2), Nitrogen Dioksida (NO2), CO, dan Ozon (O3).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) biasanya menggunakan skala nilai atau kategori warna untuk menggambarkan tingkat pencemaran udara. Misalnya, skala ISPU yang umum digunakan bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel II. Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) 2020

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Angka atau warna yang ditunjukkan oleh ISPU mengindikasikan tingkat kualitas udara saat itu. Semakin tinggi angka atau semakin intens warna yang ditunjukkan, semakin buruk kualitas udara di suatu daerah. Jika dibandingkan dengan rata-rata nilai yang dihitung dari dataset yang kita miliki untuk parameter PM2.5 ada di angka 74.0 untuk nilai tertingginya yang sesuai dengan ISPU berada di kategori sedang. Namun untuk lebih lanjut analisis akan dilanjutkan pada tahap *modelling* untuk membuktikan apakah benar parameter ini betul menjadi faktor utama pencemaran udara di DKI Jakarta.

## B. MODELLING

Pada bagian ini akan diuraikan bagaimana hasil proses analisis prediktif dari parameter-parameter. Pada proses ini hal yang kami lakukan adalah melakukan *preprocessing data*, termasuk pembersihan data, penanganan data hilang, dan normalisasi data setelah itu barulah data siap untuk dilakukan tahap modelling dengan menggunakan tiga metode klasifikasi yang berbeda seperti Regresi Logistik dan *Decision Tree*. Berikut hasil ketiga model yang diusulkan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel III. Perbandingan Hasil Prediksi

Model	precision	recall	f1-score	accuracy
Logistic Regression	0.98	1.00	0.99	0.99
Decision Tree	1.00	1.00	1.00	1.00

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat pendekatan model *Decision Tree* memiliki skor akurasi terbaik, yang membuktikan bahwa analisis mengenai parameter PM2.5 menjadi faktor berpengaruh pada meningkatnya pencemaran udara, sehingga kami memilih *Decision tree* sebagai model.

Dari hasil analisis dan pemodelan yang telah dilakukan, kita dapat mengidentifikasi kondisi-kondisi yang berpotensi menyebabkan peningkatan konsentrasi PM2.5 di udara, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan yang diperlukan. Dengan analisis ini kita dapat mengklasifikasikan sumber-sumber emisi PM2.5, seperti industri, emisi kendaraan, pembakaran fosil, polusi udara dari pembangkit listrik atau sektor pertanian. Dengan mengetahui sumber-sumber ini, Anda dapat mengarahkan upaya pengendalian emisi secara spesifik ke sektor-sektor yang paling bertanggung jawab atas pencemaran udara. Hal ini dapat membantu pengambilan keputusan untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam mengurangi emisi PM2.5 [6].

Solusi yang dapat dilakukan untuk perihal masalah yang terjadi adalah dengan:

1. Mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil seperti batubara dan minyak bumi dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya. Memperluas penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya, tenaga angin, dan energi hidro dapat membantu mengurangi pencemaran udara.
2. Mengevaluasi efektivitas kebijakan-kebijakan yang ada dan mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan. Hal ini dapat membantu pengambilan keputusan untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam mengurangi emisi PM2.5.
3. Memprediksi pola konsumsi energi di sektor-sektor yang memiliki dampak besar terhadap emisi PM2.5, seperti industri dan transportasi. Dengan memahami pola konsumsi ini, Anda dapat merancang program-program efisiensi energi yang bertujuan untuk mengurangi emisi PM2.5 sekaligus memberikan dampak positif pada pembangunan berkelanjutan.
4. Mengadopsi kendaraan ramah lingkungan: Mendorong penggunaan kendaraan listrik dapat membantu mengurangi emisi dari kendaraan bermotor konvensional. Pemerintah dapat memberikan insentif seperti pembebasan pajak atau subsidi untuk mendorong adopsi kendaraan ramah lingkungan.
5. Meningkatkan infrastruktur transportasi berkelanjutan seperti jaringan transportasi massal, jalan raya berbagi, dan fasilitas untuk pejalan kaki dan sepeda dapat mengurangi jumlah kendaraan pribadi yang beroperasi, mengurangi emisi dari kendaraan bermotor, dan oleh karena itu mengurangi pencemaran udara.
6. Mengadopsi teknologi yang bersih dan ramah lingkungan dalam industri dapat mengurangi emisi polutan udara, termasuk PM2.5. Penggunaan peralatan yang efisien energi, pengendalian polusi yang lebih baik, dan pemantauan secara ketat terhadap emisi industri dapat membantu mengurangi dampaknya terhadap kualitas udara.
7. Mengurangi pembakaran terbuka seperti pembakaran sampah, pembakaran biomassa, dan pembakaran limbah pertanian dapat membantu mengurangi emisi PM2.5. Mendorong penggunaan teknologi pembakaran bersih dan memberikan alternatif yang lebih baik untuk pembakaran terbuka dapat membantu mengurangi pencemaran udara.
8. Penanaman pohon dapat membantu mengurangi pencemaran udara dan memperbaiki kualitas udara. Pohon dapat menyerap sejumlah besar partikel PM2.5 dan menghasilkan oksigen.
9. Peningkatan kesadaran masyarakat: Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang masalah pencemaran udara dan dampaknya terhadap kesehatan dapat membantu mengubah perilaku dan membentuk kebiasaan yang lebih ramah lingkungan, seperti mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, menghemat energi, dan memilih produk yang ramah lingkungan.
10. Peningkatan regulasi dan penegakan hukum: Meningkatkan regulasi terkait emisi industri dan kendaraan, serta penegakan hukum yang ketat terhadap

pelanggaran lingkungan, dapat membantu mengurangi emisi PM2.5. Pemerintah perlu memperkuat kerangka hukum yang ada dan memastikan bahwa aturan-aturan tersebut ditegakkan dengan tegas.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan data hasil analisis pencemaran udara dengan menggunakan model prediktif. Beberapa tahapan diuraikan seperti analisis bisnis yang meliputi pemahaman data, analisis data eksplorasi hingga membangun model dengan Regresi Logistik dan *Decision Tree* untuk membuktikan asumsi dan analisis mengenai faktor peningkatan pencemaran udara. Dari hasil analisis data, didapatkan kesimpulan bahwa parameter PM2.5 adalah parameter yang memiliki pengaruh besar pada peningkatan pencemaran udara dan telah diuraikan dalam bentuk visualisasi. Sedangkan, model prediksi menghasilkan akurasi terbaik pada model Decision tree.

## REFERENSI

- [1] Musthofa, F., Handayani, P. W., & Rahayu, S. (2019). *Implementation of Apriori Algorithm for Identifying the Patterns of Air Quality Index (AQI) in Surabaya*.
- [2] Yuwono, M. A., & Lestari, R. B. (2018). *Exploratory Analysis of Air Quality Index (AQI) on Bandung City Using Clustering Method*.
- [3] (2019) U.S. Environmental Protection Agency website. [Online], <https://www.epa.gov/air-quality>, tanggal akses: 09-Juli-2023.
- [4] (2021) Dwi, L. *Mengenal PM 2.5 dan PM 10, Partikel Berbahaya bagi Tubuh*. [Online], <https://katadata.co.id/intan/berita/615177e7d841c/mengenal-pm-25-dan-pm-10-partikel-berbahaya-bagi-tubuh>, tanggal akses: 11-Juli-2023.
- [5] (2021) Data Jakarta website. [Online], <https://data.jakarta.go.id/dataset/indeks-standar-pencemaran-udara-isp-tahun-2021>, tanggal akses: 10-Juli-2023.
- [6] (2023) IQAir website. [Online], <https://www.iqair.com/id/newsroom/pm2-5>, tanggal akses: 10-Juli-2023.