



PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, INDUSTRIALISASI, KEPADATAN PENDUDUK, DAN TRANSPORTASI TERHADAP KUALITAS UDARA PADA TAHUN 2020-2022

Irfan Syukri¹, Ekaria²

^{1,2}Politeknik Statistika STIS

¹212011606@stis.ac.id; ²ekaria@stis.ac.id

*) Penulis Korespondensi : 212011606@stis.ac.id

Abstract. *Unhealthy air quality is an annual problem that has yet to be resolved in many countries, including Indonesia. The government has made many efforts, especially the Ministry of Environment and Forestry (KLHK), to overcome the low air quality as part of its annual report agenda. However, air quality in DKI Jakarta, Banten, and West Java, especially the Jabodetabek regencies/cities, still needs improvement. That aligns with the conditions in Jabodetabek, which is densely populated and has transportation, high economic activity, and the concentration of industry that has begun to shift from the core area to the buffer zone. Therefore, this study will review the effect of economic growth, industrial agglomeration, population density, and transportation on air quality in Jabodetabek with the Random Effect Model (REM). The results show that increasing industrial agglomeration and population density significantly affect the decreasing of air quality in the Jabodetabek regencies/cities.*

Keywords: *air quality, economic growth, industrialization, population density, transportation*

Abstraksi. *Rendahnya kualitas udara merupakan masalah tahunan yang belum terselesaikan di banyak negara, termasuk Indonesia. Sudah banyak upaya yang telah dilakukan oleh pemerintah, khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam mengatasi rendahnya kualitas udara sebagai agenda laporan tahunan. Akan tetapi, kualitas udara di Provinsi DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Barat, khususnya kabupaten/kota Jabodetabek masih tergolong buruk. Hal tersebut sejalan dengan kondisi wilayah Jabodetabek yang padat penduduk dan transportasi, tingginya aktivitas ekonomi, serta pemusatan industri yang mulai bergeser dari kawasan inti ke kawasan penyangga. Oleh karena itu, penelitian ini akan meninjau pengaruh pertumbuhan ekonomi, aglomerasi industri, kepadatan penduduk, dan transportasi terhadap kualitas udara di Jabodetabek dengan Random Effect Model (REM). Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan aglomerasi industri dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek.*

Kata kunci: *kualitas udara, pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, kepadatan penduduk, transportasi*

diunggah: September 2024; direvisi: Maret 2025; disetujui: April 2025

This is an open access article under the CC-BY licence



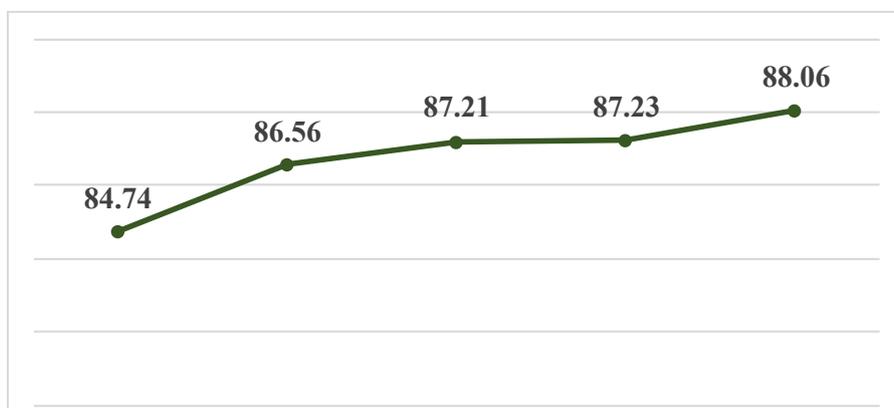
© the Author(s). 2025

Cara Sitasi: Syukri Irfan, Ekaria (2025). PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, INDUSTRIALISASI, KEPADATAN PENDUDUK, DAN TRANSPORTASI TERHADAP KUALITAS UDARA PADA TAHUN 2020-2022. *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian dan Pengembangan*, 9(1), 368-388. <https://doi.org/10.32630/sukowati.v9i1.510>

PENDAHULUAN

Permasalahan kualitas lingkungan terus menjadi perbincangan di banyak negara, tidak terkecuali Indonesia. Hal tersebut merupakan masalah tahunan yang masih belum dapat terselesaikan karena lingkungan merupakan masalah multidimensi yang disebabkan berbagai faktor (Pondaag et al., 2021). Salah satu masalah utama di Indonesia adalah kualitas udara yang dikategorikan kurang baik dari tingkat konsentrasi polutan. Berdasarkan laporan *Global IQAir*, konsentrasi *Particulate Matter 2,5* ($PM_{2.5}$) rata-rata harian di Indonesia pada tahun 2022 mencapai $30.4 \mu\text{gram}/m^3$. Angka tersebut dikategorikan terburuk se-Asia Tenggara dengan nilai konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai enam hingga tujuh kali lipat dibandingkan standar ideal yang ditetapkan WHO (Arwini, 2020). Untuk itu, kualitas udara masuk dalam target *Sustainable Development Goals* (SDGs), dengan tujuan mengurangi dampak lingkungan yang merugikan, terutama rendahnya kualitas udara.

Untuk indikator kualitas udara di Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah merumuskan indeks yang digunakan sebagai penilaian kualitas udara di suatu wilayah, yaitu Indeks Kualitas Udara (IKU). Berdasarkan laporan tahunan dari KLHK, nilai IKU di Indonesia selama lima tahun terakhir mengalami peningkatan. Hal ini tergambarkan dari realisasi nilai IKU pada periode 2018-2022 di Indonesia yang telah mencapai target rencana strategis (Renstra) KLHK sesuai pada Gambar 1.



Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), diolah.
Gambar 1. Indeks Kualitas Udara (IKU) di Indonesia Tahun 2018-2020

Berdasarkan Gambar 1, nilai IKU secara nasional selama periode 2018-2022 cenderung meningkat dan berada pada kategori “baik” dengan rentang 70-90. Namun, pada periode 2020-2022 terlihat bahwa kenaikan nilai IKU tidak terlalu tinggi, hanya sekitar 0,17-0,8 persen per tahunnya. Padahal pada periode tersebut, Indonesia masih berada pada masa pandemi *Corona Virus Disease* atau *COVID-19* dengan pemberlakuan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di beberapa kabupaten/kota, terutama pada Pulau Jawa dan Bali. Sayangnya, kebijakan tersebut dinilai masih belum mampu memperbaiki kualitas udara di pusat ibukota dan daerah sekitarnya. Hal ini tergambarkan dari kecenderungan meningkatnya konsentrasi polutan pada tahun 2022 (Paramartha & Faris, 2022)

Walaupun nilai IKU secara nasional berada pada kategori “baik”, tetapi lain halnya dengan IKU pada tingkat provinsi, terutama di pusat ibukota dan sekitarnya. Berdasarkan laporan kinerja tahunan KLHK, diketahui Provinsi DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Barat merupakan provinsi dengan IKU tiga terbawah di Indonesia selama periode 2020-2022. Hal ini tentunya perlu menjadi perhatian dalam perbaikan kualitas udara di ketiga provinsi tersebut. Berdasarkan penelitian di Amerika Serikat, wilayah pusat pemukiman dan perekonomian cenderung memiliki tingkat emisi karbon yang tinggi, begitu pula dengan wilayah sekitarnya yang berdekatan (Fann et al., 2009).

Permasalahan buruknya kualitas udara pada ketiga provinsi tersebut diduga dari letak geografis Provinsi DKI Jakarta sebagai ibukota Indonesia yang berbatasan langsung dengan Provinsi Banten dan Jawa Barat. Terdapat beberapa kabupaten/kota Provinsi Jawa Barat dan Banten yang berdekatan dengan DKI Jakarta, yaitu Kota Bekasi, Kabupaten Bekasi, Kota Tangerang, Kabupaten Tangerang, Depok, Kabupaten Bogor, dan Kota Bogor. Beberapa kabupaten/kota yang disebutkan sebelumnya termasuk ke dalam wilayah fungsional yang memiliki keterhubungan terhadap DKI Jakarta dikenal dengan Jabodetabek, yaitu wilayah yang meliputi DKI Jakarta sebagai kawasan inti dan kabupaten/kota sekitarnya sebagai kawasan penyangga. Adapun kabupaten/kota yang berdekatan langsung dengan kawasan inti dapat memperoleh efek *spill over* (Damayanti, 2017).

Salah satu dampak negatif dari efek *spill over* adalah kualitas lingkungan semakin memburuk seiring berjalannya waktu yang tergambarkan dari peningkatan jumlah emisi karbon akibat mobilitas penduduk dan aktivitas industri (Li et al., 2019). Permasalahan tersebut juga dirasakan pada kabupaten/kota yang berdekatan langsung dengan kawasan inti, seperti wilayah Jabodetabek. Rendahnya kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek dapat terlihat dari laporan kinerja tahunan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) pada periode 2020-2022 yang mengindikasikan nilai IKU tidak mengalami perubahan dan cenderung stagnan sesuai pada Lampiran 1.

Permasalahan rendahnya kualitas udara perlu penanganan lebih lanjut oleh pemerintah daerah, serta Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) setempat. Hal ini karena kualitas udara dipengaruhi oleh konsentrasi pencemar udara. Menurut Dwangga (2018), penyebab pencemaran udara terbagi menjadi dua faktor, yaitu faktor alam dan manusia. Untuk faktor alam, dapat dipengaruhi perubahan cuaca yang tidak menentu dan bencana alam. Sementara itu, faktor manusia ditinjau dari segala aktivitas yang telah dilakukan oleh manusia secara sadar, seperti pembakaran sampah, emisi gas kendaraan bermotor, pembuangan limbah industri, serta alih fungsi lahan permukiman.

Aktivitas manusia berhubungan erat dengan perekonomian, yaitu aktivitas untuk pemenuhan keberlangsungan hidup manusia yang lambat laun dapat mengubah struktur tata ruang perkotaan (Muamar et al., 2017). Rendahnya kualitas udara di Indonesia dapat ditinjau dari perspektif pertumbuhan ekonomi (Sipayung, 2023). Hal tersebut terlihat dari pertumbuhan ekonomi di Provinsi DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten pada tahun 2020 cenderung menurun dibanding tahun 2019, tetapi pada tahun berikutnya mulai mengalami peningkatan (BPS RI, 2020). Begitu pula dengan pola pertumbuhan ekonomi di kabupaten/kota wilayah Jabodetabek cenderung meningkat seiring berangsur pulihnya aktivitas penduduk setelah adanya pandemi *COVID-19*. Meskipun demikian, tingginya pertumbuhan ekonomi sebagai penyebab peningkatan polusi udara. Dampak signifikan dari tingginya pertumbuhan ekonomi terhadap kenaikan emisi polutan lebih terlihat pada wilayah metropolitan (Jiang et al., 2020). Selain itu, dampak pertumbuhan ekonomi terhadap penurunan kualitas udara ditinjau melalui tingginya *Carbon Footprint* (Santi & Sasana, 2021).

Berdasarkan laporan Kementerian Perindustrian RI, sektor industri pengolahan masih menjadi penyumbang terbesar terhadap produk domestik bruto (PDB) di Indonesia. Hal ini sejalan dengan perkembangan jumlah industri pengolahan, terutama wilayah Jabodetabek yang cenderung meningkat tiap tahunnya selama periode 2020-2022 (BPS RI, 2022). Meskipun demikian, peningkatan tersebut berdampak negatif terhadap lingkungan, karena hasil pembakaran tidak sempurna dari sektor industri merupakan salah satu penyumbang terbesar terhadap polusi udara di kota besar dan sekitarnya (Fahmi, 2019). Selain itu, industri merupakan salah satu sumber pencemar tidak bergerak, sehingga lingkungan sekitarnya menerima dampak lebih signifikan, seperti penurunan kualitas udara (Arief, 2016).

Perkembangan ekonomi dan industrialisasi juga tidak terlepas dari aglomerasi (Damayanti, 2017). Aglomerasi merupakan salah satu indikator untuk mengetahui konsentrasi dan karakteristik aktivitas ekonomi di suatu wilayah (Kurniawan & Sugiyanto, 2013). Salah satu bentuk aglomerasi biasanya dapat ditemui di daerah perkotaan, terutama di Provinsi DKI Jakarta sebagai kawasan inti yang dapat menyebar ke daerah yang berdekatan. Jadi, secara tidak langsung pembangunan

sektor industri di daerah sekitarnya akan semakin berkembang, terlihat dari intensitas kegiatan industri pengolahan di Jakarta Timur dan Jakarta Utara cenderung menurun. Sementara itu, kegiatan industri pada kabupaten/kota berdekatan, seperti Bogor, Tangerang, dan Bekasi (Botabek) justru mengalami peningkatan (Tilaar, 2010). Hal tersebut semakin diperkuat dengan fakta bahwa Provinsi DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten memiliki sektor basis berupa industri pengolahan (Alwandi & Muchlisoh, 2021). Sejalan dengan penelitian terdahulu, aglomerasi menimbulkan efek *spill over* yang berpengaruh terhadap peningkatan polusi udara kawasan inti dan sekitarnya di daerah perkotaan Tiongkok pada periode 2003-2016 (Han et al., 2022).

Selanjutnya, pertumbuhan penduduk yang tinggi merupakan penyebab peningkatan alih fungsi lahan menjadi permukiman penduduk (Nurhayani et al., 2024). Kepadatan penduduk tidak terlepas oleh kedekatan wilayah, terutama pada daerah di sekitar kawasan inti. Jadi, peningkatan jumlah penduduk di kawasan inti mulai stagnan, kemudian lambat laun jumlah penduduk di daerah sekitarnya meningkat (Kurniati et al., 2022). Hal tersebut sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten sebagai provinsi dengan kepadatan penduduk tertinggi tiga teratas di Indonesia selama periode 2020-2022 (BPS RI, 2019). Sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa kepadatan penduduk berpengaruh negatif dan signifikan peningkatan konsentrasi PM 2.5 di daerah perkotaan (Kim et al., 2021). Selanjutnya, kepadatan penduduk juga memengaruhi penurunan nilai Indeks Kualitas Udara (IKU) di Provinsi Sumatera Selatan periode 2017-2022 (Anandari et al., 2024).

Kepadatan penduduk juga beriringan dengan kepadatan lalu lintas. Hal ini tergambar dari jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta dan sekitarnya yang tiap tahunnya cenderung meningkat selama periode 2020-2022. Pendekatan rasio panjang jalan dengan jumlah kendaraan menggambarkan tingkat kemacetan, terutama di wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya yang bahkan satu km jalan melayani lebih dari 2000 kendaraan (Kementerian PUPR, 2016). Selain itu, pembakaran tidak sempurna kendaraan bermotor dapat langsung memengaruhi lingkungan sekitar, khususnya jalan raya. Jadi, semakin banyak jumlah kendaraan, semakin padat lalu lintas pada lokasi tertentu dalam satu waktu, sehingga konsentrasi emisi pencemar udara ikut meningkat (Sasmita et al., 2022).

Sudah banyak upaya oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah, ataupun KLHK, seperti pengendalian emisi kendaraan bermotor, penghijauan kota, pengendalian sumber industri dan pembangkit listrik, serta perluasan jaringan pemantauan ambien udara (J. N. Saly & Metriska, 2023). Namun demikian, upaya tersebut masih belum mengatasi buruknya kualitas udara di Ibukota dan sekitarnya, tergambar dari kualitas udara Jabodetabek hingga tahun 2022 masih belum mencapai target sesuai rencana strategis yang ditetapkan DLHK. Banyak riset yang menganalisis determinan kualitas udara yang ditinjau berbagai faktor, seperti dari sisi

ekonomi (Jiang et al. (2020); Muamar et al. (2017)), industrialisasi (Han et al., 2022), kependudukan (Kim et al. (2021); (Anastasya & Suwandana, 2022)), dan transportasi (Sasmita et al., 2022). Sayangnya, masih terbatas penelitian yang berfokus di kabupaten/kota Jabodetabek pada periode tahun terbaru. Berdasarkan uraian latar belakang dan penelitian terdahulu, maka penelitian ini akan menganalisis perkembangan kualitas udara di Jabodetabek dan pengaruh pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, kepadatan penduduk, serta transportasi menggunakan metode regresi panel terhadap kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek yang berfokus pada tahun 2020-2022. Namun demikian, penelitian ini tidak mengikutsertakan Kepulauan Seribu sebagai unit analisis karena daratannya yang tidak berdekatan langsung dengan wilayah Jabodetabek.

TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas Udara

Semakin tingginya konsentrasi polutan dapat menurunkan kualitas lingkungan, terutama kualitas udara. Rendahnya kualitas udara dalam jangka panjang dapat mengganggu kehidupan manusia. Hal ini karena buruknya kualitas udara yang menyebabkan beberapa gangguan kesehatan serius, seperti infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), penyakit kardiovaskular, dan kesehatan mental (depresi dan stres) (Anandari et al., 2024).

Hubungan Pertumbuhan Ekonomi dan Kualitas Udara

Hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan hidup tergambarkan melalui *Environmental Kuznets Curve* (EKC), berupa fungsi berbentuk huruf "U" yang menjelaskan bahwa pada tahap awal masih memprioritaskan pertumbuhan ekonomi untuk meningkatkan produksi secara terus-menerus dengan mengesampingkan aspek lingkungan (Grossman & Krueger, 1991). Peningkatan produksi juga berdampak terhadap penggunaan sumber daya alam yang berujung eksplorasi secara masif. Secara tidak langsung berpengaruh terhadap meningkatnya pencemaran lingkungan, termasuk polutan udara (Putri et al., 2020).

Hubungan Industrialisasi dan Kualitas Udara

Pada Kurva kuznet juga tergambarkan perkembangan industri yang semakin cepat dapat menyebabkan degradasi lingkungan (Panayotou, 2020). Pada teori kluster dijelaskan bahwa pemusatan industri di satu wilayah dan sekitarnya dapat membentuk aglomerasi industri, sehingga mengubah struktur tata kelola kota (Krugman, 1991). Jadi, aglomerasi industri mengakibatkan perubahan wilayah, seperti perpindahan tenaga kerja terpusat di satu lokasi yang memicu berkembangnya alih fungsi lahan menjadi permukiman penduduk (Prihanto, 2010). Semakin tinggi tingkat aglomerasi industri, semakin tinggi pula tingkat pencemaran

udaranya. Selain itu, tingkat konsentrasi polutan di suatu wilayah juga dipengaruhi kedekatan wilayah (Xiao et al., 2021).

Hubungan Kepadatan Penduduk dan Kualitas Udara

Pertumbuhan penduduk yang tidak terbendung menyebabkan pemenuhan kebutuhan hidup semakin tinggi, tetapi pertumbuhan tersebut tidak sejalan dengan sumber daya alam yang tersedia. Jadi, hal tersebut dapat berujung pada degradasi lingkungan (Malthus, 2017). Parameter kependudukan yang ditinjau dari kepadatan penduduk berpengaruh terhadap parameter lingkungan hidup, khususnya ketersediaan udara bersih (Nurhayani et al., 2024). Semakin tinggi kepadatan penduduk, semakin buruk kualitas udaranya yang ditunjukkan melalui pekatnya konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) (Borck & Schrauth, 2021).

Hubungan Transportasi dan Kualitas Udara

Teori poros menjelaskan bahwa transportasi memiliki peran signifikan terhadap perubahan struktur keruangan atau tata kelola di suatu daerah, khususnya daerah perkotaan dan sekitarnya yang mengganggu keseimbangan lingkungan akibat terkonsentrasinya segala aktivitas di sekitar jalur transportasi (Yunus & Haris, 2005). Konsentrasi polutan udara didominasi dari gas buang kendaraan bermotor dari pembakaran tidak sempurna dapat langsung memengaruhi lingkungan sekitar, khususnya jalan raya. Semakin banyak jumlah kendaraan yang melewati arus jalan, semakin padat lalu lintas pada lokasi tertentu dalam satu waktu, sehingga konsentrasi emisi pencemar udara juga ikut meningkat (Sasmita et al., 2022).

METODOLOGI

Cakupan Penelitian

Penelitian ini mencakup 13 kabupaten/kota di Jabodetabek yang terfokus tahun 2020-2022. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), serta Korps lalu lintas Polri sesuai pada Tabel 1. Untuk variabel dependen pada penelitian ini menggunakan indeks kualitas udara (IKU). Selanjutnya, beberapa variabel independen yang digunakan, yaitu PDRB per kapita untuk menggambarkan pertumbuhan ekonomi, industrialisasi yang tergambarkan dari aglomerasi industri menggunakan indeks Hoover Balassa (IHB) dengan perhitungan proporsi PDRB ADHK sektor industri pengolahan di kabupaten/kota Jabodetabek terhadap provinsi, kepadatan penduduk, dan transportasi melalui rasio jalan raya. Skala pengukuran untuk variabel pertumbuhan ekonomi dan transportasi diubah menjadi kategori berdasarkan nilai median. Hal tersebut bertujuan untuk membandingkan kualitas udara tiap kabupaten/kota Jabodetabek dengan pertumbuhan ekonomi atau transportasi berkategori “tinggi” dan “rendah”.

Tabel 1. Operasional Variabel

Variabel Penelitian	Operasional Variabel	Satuan	Sumber
(1)	(2)	(3)	(4)
Kualitas Udara	Indeks Kualitas Udara (IKU)		Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)
Pertumbuhan Ekonomi	Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga konstan (ADHK) per kapita	juta Rupiah/jiwa	Badan Pusat Statistik (BPS)
Aglomerasi Industri	Pendekatan Indeks Hoover Balassa : Proporsi PDRB ADHK sektor industri pengolahan di kabupaten/kota Jabodetabek terhadap provinsi		Badan Pusat Statistik (BPS)
Kepadatan Penduduk	Jumlah penduduk per luas wilayah daratan administratif	jiwa/ha	Badan Pusat Statistik (BPS)
Transportasi	Rasio jalan raya dengan jumlah kendaraan bermotor	kendaraan/km ²	Korps Lalu Lintas POLRI

Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan model regresi data panel untuk menganalisis pengaruh pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, kepadatan penduduk, dan transportasi terhadap kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek tahun 2020-2022. Adapun tahapan analisis menggunakan regresi data panel sebagai berikut:

1. Identifikasi variabel penyusun model regresi dan pemeriksaan asumsi nonmultikolinearitas

Untuk mengetahui kekuatan hubungan linier variabel bebas penyusun model kualitas udara dan hubungan linier antarvariabel bebasnya dilakukan pemeriksaan dengan *scatter plot* dan matriks korelasi Pearson.

2. Kesesuaian model regresi *Random Effects Model* (REM) untuk penentuan model kualitas udara

Pada penelitian ini menggunakan *Random Effects Model* (REM) dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$IKU_{it} = \alpha + \beta_1 PE_{it} + \beta_2 AGLO_{it} + \beta_3 KPEND_{it} + \beta_4 TRANS_{it} + (\mu_i + v_{it}) \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1), *IKU* adalah nilai indeks kualitas udara, *PE* adalah pertumbuhan ekonomi (kategorik), *AGLO* menyatakan aglomerasi industri, *KPEND* adalah kepadatan penduduk (jiwa/ha), dan *TRANS* menyatakan rasio panjang jalan (kategorik). Subskrip *it* menggambarkan kabupaten/kota di Jabodetabek ($i = 13$) selama periode tahun 2020-2022 (t). Selanjutnya, pada model tersebut terdiri dari efek individu (μ_i) dan *error* keseluruhan (v_{it}), dengan asumsi (v_{it}) mengikuti distribusi normal dan tidak saling berkorelasi.

Penggunaan model REM tersebut ditentukan dari dua tahap uji, yaitu uji Chow dan uji Hausman untuk menetapkan antara model *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) dan REM pada tingkat signifikansi lima persen. Dengan hipotesis uji Chow sebagai berikut (Badi H. Baltagi, 2005):

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{N-1}$ (Model terbaik CEM)

H_1 : Minimal terdapat satu $\mu_i \neq 0$ (Model terbaik FEM)

Sementara itu, hipotesis uji Hausman sebagai berikut (Greene, 2003):

$H_0 : E(v_{it}|X_{it}) = 0$ (Model terbaik REM)

$H_1 : E(v_{it}|X_{it}) \neq 0$ (Model terbaik FEM)

3. Pemeriksaan asumsi model regresi

Estimasi parameter model REM menggunakan *Generalized Least Square* (GLS) yang mampu mengatasi masalah autokorelasi dan heteroskedastisitas. Jadi, asumsi yang harus terpenuhi pada model REM hanya *error* mengikuti distribusi normal (Greene, 2003). Pada penelitian ini pengujian asumsi normalitas menggunakan uji Jarque-Bera.

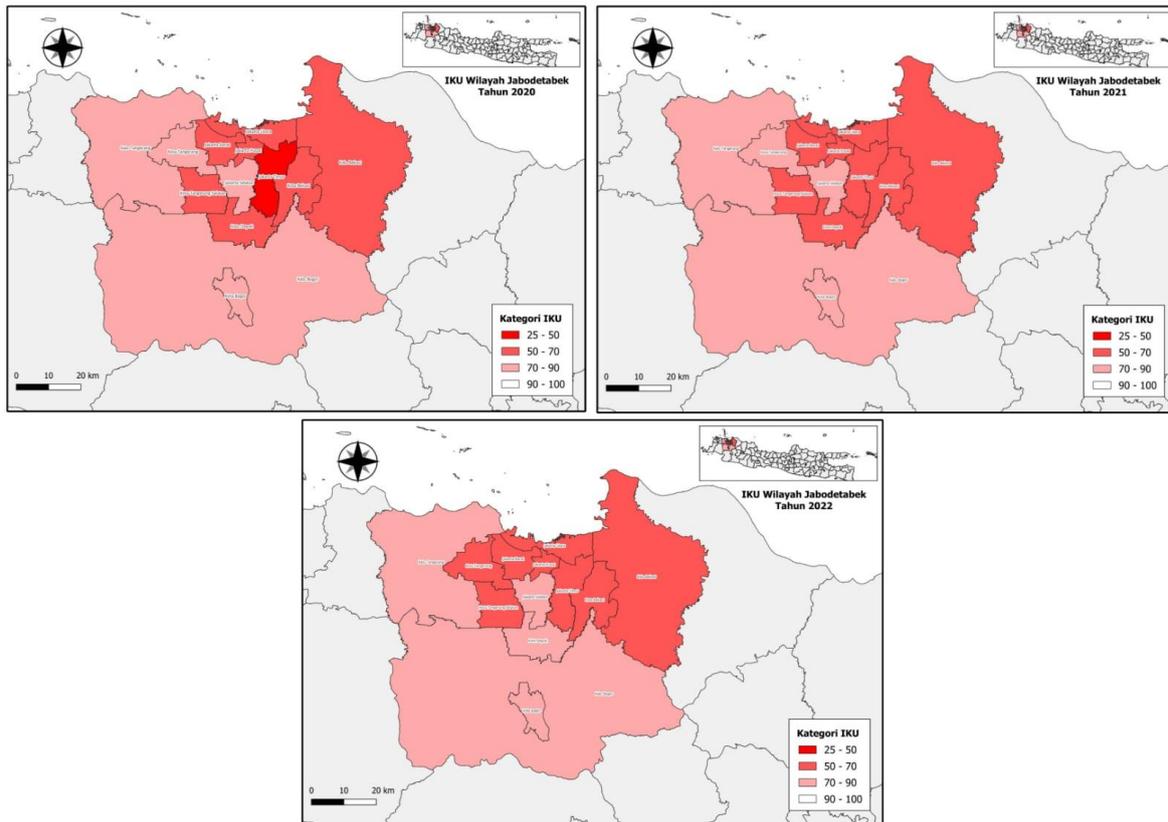
4. Pemeriksaan keberartian model kualitas udara

Setelah uji normalitas, tahapan selanjutnya adalah uji keberartian model kualitas udara, yaitu meliputi uji F untuk menguji secara simultan pengaruh semua variabel independen (*PE*, *AGLO*, *KPEND*, *TRANS*) terhadap *IKU*, serta uji t untuk menguji secara parsial variabel independen mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependennya (*IKU*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Kualitas Udara di Wilayah Jabodetabek Tahun 2020-2022

Kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek tergambarkan dari indeks kualitas udara (*IKU*) yang telah dirumuskan oleh KLHK. Untuk perkembangan nilai *IKU* di Jabodetabek selama periode 2020-2022 cenderung stagnan pada kategori 'sedang' dengan rentang nilai *IKU* 50-70 dan hanya beberapa kabupaten/kota yang mengalami perubahan kategori sesuai yang tertera pada Gambar 2.



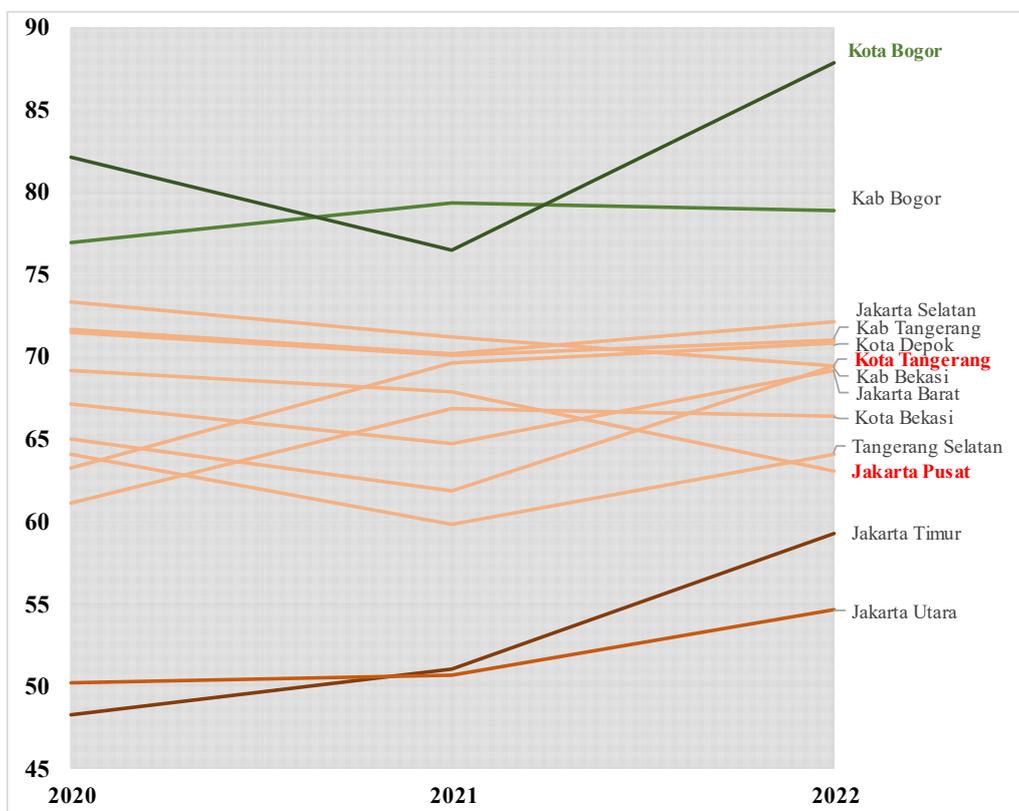
Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), diolah.
Gambar 2. Peta Tematik IKU di Kabupaten/Kota Jabodetabek Tahun 2020-2022

Berdasarkan Gambar 2, terlihat kabupaten/kota di Jabodetabek memiliki nilai IKU cenderung berada pada kategori “sedang” dengan rentang 50-70. Terdapat beberapa kabupaten/kota yang mengalami perubahan kategori kualitas udara menjadi lebih baik, seperti nilai IKU untuk Jakarta Timur pada tahun 2021 yang berubah dari kategori “cukup” menjadi kategori “sedang”. Selain itu, nilai IKU Kota Depok tahun 2022 juga berubah dari kategori “sedang” menjadi kategori “baik”. Hal tersebut berbanding terbalik dengan Kota Tangerang pada tahun 2022 terjadi penurunan nilai IKU dari kategori “baik” menjadi kategori “sedang”.

Secara spesifik, perbandingan nilai IKU untuk kabupaten/kota Jabodetabek selama tahun 2020-2022 pada Gambar 3. Dengan nilai IKU Kota Bogor tertinggi di Jabodetabek. Sejalan dengan pencapaian DLHK Kota Bogor dalam meningkatkan kualitas udara, seperti pengawasan pengelolaan industri, pengujian emisi kendaraan, pembangunan taman tematik, aksi penanaman pohon, penegakan hukum lingkungan, dan himbauan penggunaan kendaraan listrik (DLHK Kota Bogor, 2022). Selain itu, Jakarta Timur merupakan salah satu kota di DKI Jakarta dengan perkembangan kualitas udara yang semakin baik tiap tahunnya. Berdasarkan laporan akhir DLHK Provinsi DKI Jakarta, tingkat konsentrasi *particulate matter* (PM), NO₂, dan CO mengalami penurunan signifikan, terutama pada hari bebas kendaraan bermotor (HBKB). Penurunan tersebut sejalan dengan beberapa kebijakan yang telah

dilakukan dalam rangka upaya memperbaiki buruknya kualitas udara di wilayah pada penduduk dan transportasi, seperti penerapan sistem plat ganjil-genap dan uji emisi karbon. Selanjutnya, Kota Depok juga mengalami perbaikan kualitas udara tiap tahunnya. Perbaikan kualitas udara tidak terlepas dari kesadaran masyarakat terkait polusi udara, seperti tidak membakar sampah dan rajin perawatan bermotor agar tidak melebihi ambang batas emisi. Kenaikan nilai IKU juga sejalan dengan beberapa program yang telah diupayakan oleh DLHK Kota Depok, seperti pembinaan dan pengawasan pelaku industri, pemberian sosialisasi, serta edukasi kepada masyarakat dan pengendara bermotor kendaraan (Williandro, 2023).

Berbanding terbalik dengan perkembangan kualitas udara di Kota Tangerang dan Jakarta Pusat yang cenderung memburuk. Menurut Piotr Jakubowski selaku Co-Founder Nafas Indonesia, sumber polusi udara dibagi menjadi dua jenis, yaitu *hyperlocal* dan lintas batas. Salah satu penyebab tingginya pencemaran udara di Kota Tangerang karena mobilitas kendaraan dan masifnya pembangunan industri yang tergolong jenis *hyperlocal*, yaitu berasal dari daerah pencemar itu sendiri (Salsabilla, 2023). Sementara itu, salah satu faktor penunjang buruknya kualitas udara di DKI Jakarta, khususnya Jakarta Pusat adalah pencemaran lintas batas yang berasal dari hasil pembakaran pembangkit listrik tenaga uap batu bara di Provinsi Banten dan Jawa Barat (Myllyvirta et al., 2020).



Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), diolah.
Gambar 3 Perkembangan IKU di Kabupaten/Kota Jabodetabek Tahun 2020-2022

Hubungan Antarvariabel Penyusun Model Kualitas Udara

Berdasarkan Lampiran 2, terlihat *scatter plot* untuk variabel aglomerasi industri dan kepadatan penduduk cenderung menunjukkan arah menurun terhadap IKU, menandakan bahwa korelasi negatif. Selain itu, terlihat pula terdapat perbedaan nilai IKU untuk kabupaten/kota Jabodetabek dengan PDRB per kapita dan transportasi kategori “tinggi” dan kategori “rendah”.

Pemilihan Model Terbaik

Untuk pemilihan model terbaik melalui uji Chow dan uji Hausman. Hasil dari uji Chow didapatkan nilai *-value* sebesar 0,0000 lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ yang memberikan keputusan tolak H_0 , sehingga model FEM lebih baik dibanding model CEM. Selanjutnya, hasil uji Hausman didapatkan nilai *p - value* sebesar 0,0581 lebih besar dari $\alpha = 0,05$ dengan keputusan gagal tolak H_0 . Jadi, pada tingkat keyakinan 95 persen dapat dinyatakan bahwa model REM lebih baik sebagai model kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek tahun 2020-2022 dibandingkan dengan model FEM.

Pemeriksaan Asumsi Regresi

Untuk pengujian normalitas melalui uji Jarque-Bera. Hasilnya didapatkan nilai *p - value* lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga dengan tingkat keyakinan 95 persen dapat dikatakan bahwa distribusi *error* untuk model REM sudah mengikuti distribusi normal dan dapat lanjut pada tahap uji F dan uji t.

Model Kualitas Udara di Kabupaten/Kota Jabodetabek Tahun 2020-2022

Setelah dilakukan pemeriksaan asumsi regresi, didapatkan model estimasi terbaik adalah REM. Adapun hasil estimasi dan uji parameter model kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek selama periode tahun 2020-2022 untuk lebih lanjut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Estimasi dan Uji Parameter REM

Variabel	Koefisien	Standar Error	<i>p - value</i> (<i>t-statistic</i>)	Keputusan
C	82,67831	4,436634	0,0000	Tolak H_0
PE	-1,374191	2,839175	0,6315	Gagal Tolak H_0
AGLO	-7,042606	2,141968	0,0024	Tolak H_0
KPEND	-0,078283	0,031984	0,0197	Tolak H_0
TRANS	2,026616	1,861159	0,2747	Gagal Tolak H_0
<i>Prob (F-statistic)</i>			0,0063	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa nilai probabilitas F-statistik kurang dari tingkat signifikansi lima persen. Jadi, minimal terdapat satu variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap kualitas udara. Selanjutnya, pada tingkat

signifikansi lima persen, diketahui pula bahwa aglomerasi industri dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan negatif terhadap kualitas udara. Sementara itu, pertumbuhan ekonomi dan transportasi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek.

Pertumbuhan ekonomi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek. Jadi, dapat dikatakan tidak terdapat perbedaan kualitas udara antara kabupaten/kota dengan pendapatan per kapita berkategori "tinggi" terhadap pendapatan per kapita berkategori "rendah". Adapun kabupaten/kota dengan pendapatan per kapita di atas nilai median, seperti Provinsi DKI Jakarta, Kabupaten Bekasi, dan Kota Tangerang. Selanjutnya, kabupaten/kota kapita di bawah nilai median, seperti Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kota Bekasi, Kota Depok, Kabupaten Tangerang, dan Kota Tangerang Selatan. Dengan demikian, ketimpangan pendapatan per kapita yang terjadi di kabupaten/kota Jabodetabek tidak dapat menunjukkan perbedaan kualitas udara. Sejalan dengan penelitian terdahulu, bahwa pendapatan per kapita tidak berpengaruh signifikan terhadap indeks kualitas udara di Indonesia, terutama provinsi di Pulau Jawa dan Bali. Hal ini karena akibat dari konsekuensi tingginya efisien energi dan peningkatan jumlah investasi asing yang mendorong penggunaan teknologi lingkungan (Adry et al., 2023). Selain itu, rumah tangga dengan pendapatan tinggi lebih bertanggung jawab terhadap polusi yang dihasilkan, sejalan dengan perilaku konsumsi barang dan jasa yang lebih ramah lingkungan (Levinson & O'Brien, 2019). Pernyataan tersebut juga sejalan dengan kondisi di wilayah Jabodetabek, bahwa kabupaten/kota dengan pendapatan per kapita tertinggi, yaitu Jakarta Pusat memiliki nilai IKU tidak separah di Jakarta Timur.

Selanjutnya, aglomerasi industri berpengaruh signifikan negatif terhadap kualitas udara. Jadi, semakin tinggi konsentrasi atau pemusatan kawasan industri di suatu daerah, kualitas udara akan semakin rendah. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Xiao et al. (2021), semakin tinggi pemusatan kawasan industri, maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran udara di suatu daerah. Selain itu, pada penelitian Han et al. (2022) juga menjadi temuan bahwa aglomerasi industri dapat menimbulkan efek *spill over* yang berpengaruh terhadap peningkatan polusi udara kawasan inti (perkotaan) dan sekitarnya. Sesuai dengan teori klaster bahwa aglomerasi berhubungan erat dengan struktur tata kelola perkotaan. Jadi, perubahan struktur kelola keruangan akibat pemusatan segala kegiatan industri mengubah keseimbangan lingkungan. Hal ini juga diperkuat dengan jumlah industri besar dan sedang di kabupaten/kota Jabodetabek tiap tahunnya cenderung fluktuatif pada Lampiran 3. Kawasan industri lebih banyak di luar Provinsi DKI Jakarta dibandingkan kawasan inti (Provinsi DKI Jakarta), sehingga aglomerasi industri terindikasi sudah mengalami pergeseran dari kawasan inti ke kawasan penyangga.

Begitu pula dengan temuan pada kepadatan penduduk yang memiliki pengaruh signifikan negatif terhadap kualitas udara. Semakin tinggi tingkat kepadatan penduduk di suatu daerah, semakin rendah pula kualitas udaranya. Pernyataan tersebut didukung oleh hasil penelitian Borck & Schrauth (2021) yang menyatakan tingginya kepadatan penduduk memengaruhi kualitas udara yang ditunjukkan melalui peningkatan nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂). Selain itu, pertumbuhan penduduk memicu pembukaan lahan untuk membangun perumahan dan pendirian usaha secara besar-besaran, sehingga menurunkan ruang terbuka hijau (Sukono et al., 2019). Selanjutnya, peningkatan konsumsi energi total, energi listrik, dan bahan bakar juga faktor utama peningkatan pencemaran udara (Muzayanah et al., 2022).

Untuk sektor transportasi yang tergambarkan melalui rasio panjang jalan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara. Jadi, tidak terdapat perbedaan kualitas udara antara kabupaten/kota dengan rasio panjang jalan berkategori "tinggi" ataupun rasio panjang jalan berkategori "rendah". Terdapat beberapa kabupaten/kota dengan rasio panjang jalan di atas nilai median, seperti Provinsi DKI Jakarta, Kota Bekasi, dan Provinsi Banten. Selanjutnya, kabupaten/kota di bawah nilai median, seperti Kabupaten Bogor, Kabupaten Bekasi, Kota Bogor, dan Jakarta Selatan. Hal ini diperkuat dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kabupaten/kota Jabodetabek umumnya hanya meningkat di Provinsi DKI Jakarta dan kabupaten/kota yang berdekatan secara langsung, sedangkan kabupaten/kota lainnya terutama di Jawa Barat cenderung fluktuatif. Sejalan dengan penelitian Anantansyah Ayomi Anandari et al. (2024), rasio panjang jalan tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas udara, karena pendekatan nilai rasio panjang jalan masih belum mampu menggambarkan tingkat kepadatan lalu lintas. Sementara itu, dengan mengadopsi transportasi berkelanjutan, seperti pembangunan infrastruktur transportasi umum, pengurangan bahan bakar minyak, peralihan kendaraan listrik, serta pengurangan jumlah kendaraan pribadi melalui kebijakan "car free day" dan ganjil-genap mampu mengurangi tingkat pencemaran udara (Rahmawati & Pratama, 2023).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Perkembangan IKU di kabupaten/kota Jabodetabek selama rentang tahun 2020-2022 cenderung stagnan dan berada pada kategori "sedang" dengan nilai IKU pada rentang 50-70. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aglomerasi industri dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan negatif terhadap kualitas udara. Hal tersebut dapat ditinjau dari berpusatnya kawasan industri di Jakarta Timur, Kabupaten Bekasi, dan Kabupaten Tangerang, serta padatnya penduduk Provinsi DKI Jakarta, terutama di Jakarta Barat dan sekitarnya. Sementara itu, pertumbuhan

ekonomi dan transportasi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara di kabupaten/kota Jabodetabek selama periode 2020-2022.

Saran

Bagi pemerintah kabupaten/kota di Jabodetabek dapat lebih memerhatikan struktur tata kelola ruang kota. Jadi, diperlukan kebijakan ketat yang mengatur pengelolaan struktur tata kota, khususnya pada daerah sentra industri, seperti Jakarta Timur, Kabupaten Bekasi, Kota Bekasi, dan Kabupaten Tangerang. Selain itu, lembaga penegak hukum dan masyarakat juga perlu saling berkoordinasi dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Selanjutnya, untuk mengatasi kepadatan penduduk yang sudah tinggi di kabupaten/kota Jabodetabek, terutama Provinsi DKI Jakarta, pemerintah diharapkan mengkaji program pemerataan fasilitas umum dan pemberdayaan sumber daya, jadi tidak hanya berfokus di wilayah Jabodetabek, serta pemanfaatan lahan bisa berfokus membangun ruang terbuka hijau. Dalam rangka penyempurnaan penelitian lanjutan, pendekatan kualitas udara bisa menggunakan komponen sumber pencemar udara tertentu, seperti emisi karbon, *particulate matter* (PM), atau lainnya. Untuk aspek transportasi bisa menambahkan beberapa informasi pendukung berupa kecepatan kendaraan bermotor, lebar jalan raya efektif, dan dimensi jenis kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- Adry, M. R., Putri, D. Z., & Hernanda, T. A. P. (2023). Apakah Pertumbuhan Ekonomi mampu berjalan beriringan dengan Keberlanjutan Lingkungan? *Jurnal Ecogen*, 6(3), 351–368. <https://doi.org/10.24036/jmpe.v6i3.14870>
- Alwandi, M. A., & Muchlisoh, S. (2021). Karakteristik Pertumbuhan Ekonomi dan Sektor Basis Provinsi di Indonesia Pada Masa Pandemi COVID-19. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2020(1), 82–90. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.516>
- Anandari, A. A., Wadjdi, A. F., & Harsono, G. (2024). Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan dan Kesiapan Pertahanan Negara di Provinsi DKI Jakarta. *Journal on Education*, 6(2), 10868–10884. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i2.4880>
- Anastasya, N., & Suwandana, E. (2022). Efek Pertumbuhan Ekonomi, Kependudukan, dan Transportasi Terhadap Kualitas Udara Sumatera Selatan. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 5(2). <https://doi.org/10.46774/ppptk.v5i2.498>
- Muamar, A., Amar, A., & Fattah, V. (2017). Studi Perkembangan Aktivitas Perekonomian Pada Struktur Ruang Pusat Kota Palu. *Katalogis*, 5(4).
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data Third Edition* (3rd ed.). John Wiley & Sons Inc.

- Kurniawan, B. R. A., & Sugiyanto, F. X. (2013). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Share Sektor Industri dan Pertanian serta Tingkat Jumlah Orang yang Bekerja Terhadap Ketimpangan Wilayah Antarkabupaten/kota di Jawa Tengah Tahun 2002-2010. *Diponegoro Journal of Economics*, 2(1), 69–82. <https://doi.org/10.14710/djoe.1913>
- Borck, R., & Schrauth, P. (2021). Population Density and Urban Air Quality. *Regional Science and Urban Economics*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103596>
- BPS RI. (2019). *Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi (jiwa/km²) Tahun 2019-2021*.
- BPS RI. (2020). *[Seri 2010] Laju Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto Per Kapita Atas Dasar Harga Konstan 2010 (Persen) Tahun 2020-2022*.
- BPS RI. (2022). *Direktori Industri Manufaktur Indonesia*.
- Decy Arwini, N. P. (2020). Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kualitas Udara di Provinsi Bali. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 2(2), 20–30. <https://doi.org/10.47532/jiv.v2i2.86>
- DLHK Kota Bogor. (2022). *Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor*.
www.dinaslingkunganhidup.kotabogor.ko.kd.
- Elvirany V Pondaag, Fanley N Pangemanan, & Neni Kumayas. (2021). Peran Pemerintah Kecamatan dalam Pemberdayaan Masyarakat di Bidang Pelestarian Lingkungan Hidup (Studi di Kecamatan Tombatu Utara). *GOVERNANCE*, 1(2).
- Fahmi, M. H. (2019). *Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe*. UIN Ar-Raniry.
- Fann, N., Fulcher, C. M., & Hubbell, B. J. (2009). The Influence of Location, Source, and Emission Type in Estimates of The Human Health Benefits of Reducing a Ton of Air Pollution. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2(3), 169–176.
<https://doi.org/10.1007/s11869-009-0044-0>
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Yunus, H. S., & Haris, A. (2005). *Struktur Tata Ruang Kota* (5th ed.). Pustaka Belajar.
- Han, X., Dou, J., & Tang, C. (2022). Polycentricity, Agglomeration, and Industrial Air Pollution in the Chinese City-Regions. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.879395>
- Saly, J. N., & Metriska, C. (2023). Kebijakan Pemerintah dalam Pengendalian Pencemaran Udara di Indonesia Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(2), 1642–1648. <https://doi.org/10.31316/jk.v7i2.5405>
- Jiang, M., Kim, E., & Woo, Y. (2020). The Relationship between Economic Growth and Air Pollution—A Regional Comparison between China and South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2761.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17082761>

- Williandro, J. (2023, June 21). *Kualitas Udara di Depok Membaik, Ini Pejelasan DLHK*.
www.radardepok.com. <https://www.radardepok.com/metropolis/9469213339/kualitas-udara-di-depok-membaik-ini-pejelasan-dlhk>
- Kementerian PUPR. (2016). *Buku Induk Statistik Tahun 2016*.
- Kim, M.-J., Chang, Y.-S., & Kim, S.-M. (2021). Impact of Income, Density, and Population Size on PM2.5 Pollutions: A Scaling Analysis of 254 Large Cities in Six Developed Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9019. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179019>
- Krugman, P. (1991). Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499. <https://doi.org/10.1086/261763>
- Kurniati, S. A., Rahayu, P., & Istanabi, T. (2022). Peri-Urbanisasi dan Dinamika Perkembangan Kawasan Perkotaan Sekunder (Studi Kasus: BOSUKAWONOSRATEN). *Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, Dan Permukiman*, 4(2), 167–180. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v4i2.55247.167-180>
- Arief, L. M. (2016). *Pengolahan Limbah Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja*. CV ANDI OFFSET.
- Myllyvirta, L., Suarez, I., Uusivuori, E., & Thieriot, H. (2020). *Pencemaran Udara Lintas Batas di Provinsi Jakarta, Banten, dan Jawa Barat*.
- Levinson, A., & O'Brien, J. (2019). Environmental Engel Curves: Indirect Emissions of Common Air Pollutants. *The Review of Economics and Statistics*, 101(1), 121–133. https://doi.org/10.1162/rest_a_00736
- Li, L., Hong, X., & Peng, K. (2019). A Spatial Panel Analysis of Carbon Emissions, Economic Growth and High-Technology Industry in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2018.09.010>
- Damayanti, L. (2017). Analisis Dampak Aglomerasi Terhadap Ketimpangan Regional Pulau Jawa. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 5(2).
- Dwangga, M. (2018). Intensitas Polusi Udara Untuk Penunjang Penataan Ruang Kota Pelaihari Kabupaten Tanah Laut. *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 4(2), 69–77. <https://doi.org/10.33506/mt.v4i2.1461>
- Muzayanah, I. F. U., Lean, H. H., Hartono, D., Indraswari, K. D., & Partama, R. (2022). Population Density and Energy Consumption: A study in Indonesian Provinces. *Heliyon*, 8(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10634>
- Nurhayani, Rabiatal, A., Ringkat, G. H. F., & Barella, Y. (2024). Dinamika Kependudukan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Dewantara: Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*, 3(2), 236–244. <https://doi.org/10.30640/dewantara.v3i2.2637>
- Nurhayani Nurhayani, Rabiatal Alya, Glenn Hosea Fernando Ringkat, & Yusawinur Barella. (2024). Dinamika Kependudukan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan.

Dewantara: Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora, 3(2), 236–244.

<https://doi.org/10.30640/dewantara.v3i2.2637>

Panayotou, T. (2020). Economic Growth and the Environment. In *The Environment in Anthropology (Second Edition)* (pp. 140–148). New York University Press.

<https://doi.org/10.18574/nyu/9781479862689.003.0018>

Paramartha, D. Y., & Faris, M. (2022). *Cerita Big Data untuk Indonesia Edisi Juni 2022*.

Putri, S. F., Herman Cahyo Diartho, & Nanik Istiyani. (2020). Hubungan Pembangunan Ekonomi Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 2(2), 58–70. <https://doi.org/10.14710/jdep.2.2.58-70>

Salsabilla, R. (2023, August 15). *Tangsel dan Tangerang Jadi Sarang Polusi, dari Mana Sumbernya?* [Www.Cncbindonesia.Com](http://www.Cncbindonesia.Com).

<https://www.cncbindonesia.com/lifestyle/20230815153952-33-463163/tangsel-tangerang-jadi-sarang-polusi-dari-mana-sumbernya>

Santi, R., & Sasana, H. (2021). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk, Foreign Direct Investment (FDI), Energy Use/Consumption dan Krisis Ekonomi Terhadap Kualitas Lingkungan Ditinjau Dari Tingkat Carbon Footprint di Asean 8. *Diponegoro Journal of Economics*, 10(2). <https://doi.org/10.14710/djoe.31595>

Sasmita, A., Reza, M., Elystia, S., & Syarah Adriana. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan dan Volume Kendaraan Terhadap Emisi dan Konsentrasi Karbon Monoksida di Jalan Jenderal Sudirman, Kota Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), 269–279.

<https://doi.org/10.24002/jts.v16i4.5452>

Sipayung, R. S. G. S. (2023, September 14). *Peningkatan Polusi Udara di Indonesia: Perspektif Ekonomi Berdasarkan Teori Freakonomics*. www.setkab.go.id.

<https://www.radardepok.com/metropolis/9469213339/kualitas-udara-di-depok-membaik-ini-pejelasan-dlhc>

Rahmawati, S., & Pratama, I. N. (2023). Pengaruh Penggunaan Transportasi Berkelanjutan Terhadap Kualitas Udara dan Kesejahteraan Masyarakat. *Journal of Environmental Policy and Technology*, 1(2), 90–99. <https://doi.org/10.31764/jepotec.v1i2.17349>

Tilaar, S. (2010). Tinjauan Sebaran Lokasi Aglomerasi Industri di Indonesia. *TEKNO*, 8(52). <https://doi.org/10.35793/jts.v8i52.4136>

Sukono, Albra, W., Zulham, T., Majid, I., Saputra, J., Subartini, B., & Thalia, F. (2019). The Effect of Gross Domestic Product and Population Growth on CO2 Emissions in Indonesia: An Application of the Ant Colony Optimisation Algorithm and Cobb-Douglas Model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 313–319. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8011>

Prihanto, T. (2010). Perubahan Spasial dan Sosial-Budaya Sebagai Dampak Megaurban di Daerah Pinggiran Kota Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(2). <https://doi.org/10.15294/jtsp.v12i2.1346>

Malthus, T. R. (2017). *An Essay on the Principle of Population*. Macat Library.
<https://doi.org/10.4324/9781912281176>

Xiao, C., Zhou, J., Wang, X., & Zhang, S. (2021). Industrial Agglomeration and Air Pollution: A New Perspective from Enterprises in Atmospheric Pollution Transmission Channel Cities (APTCC) of Beijing-Tianjin-Hebei and its Surrounding Areas, China. *PLOS ONE*, 16(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255036>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Indeks Kualitas Udara (IKU) di Kabupaten/Kota Jabodetabek Tahun 2020-2022

Kabupaten/Kota	2020	2021	2022
Kepulauan Seribu	93.70 (Sangat Baik)	94.65 (Sangat Baik)	90.22 (Sangat Baik)
Kota Jakarta Utara	50.17 (Sedang)	50.62 (Sedang)	54.60 (Sedang)
Kota Jakarta Timur	48.24 (Buruk)	50.97 (Sedang)	59.29 (Sedang)
Kota Jakarta Pusat	69.16 (Sedang)	67.9 (Sedang)	63.09 (Sedang)
Kota Jakarta Barat	67.16 (Sedang)	64.75 (Sedang)	69.21 (Sedang)
Kota Jakarta Selatan	71.70 (Baik)	70.20 (Baik)	72.12 (Baik)
Kabupaten Tangerang	71.46 (Baik)	70.14 (Baik)	71.06 (Baik)
Kabupaten Bogor	76.97 (Baik)	79.34 (Baik)	78.91 (Baik)
Kabupaten Bekasi	65.02 (Sedang)	61.89 (Sedang)	69.43 (Sedang)
Kota Tangerang	73.32 (Baik)	71.21 (Baik)	69.43 (Sedang)
Kota Tangerang Selatan	64.11 (Sedang)	59.84 (Sedang)	64.11 (Sedang)
Kota Depok	63.28 (Sedang)	69.63 (Sedang)	70.82 (Baik)
Kota Bogor	82.12 (Baik)	76.51 (Baik)	87.87 (Baik)
Kota Bekasi	61.16 (Sedang)	66.88 (Sedang)	66.40 (Sedang)

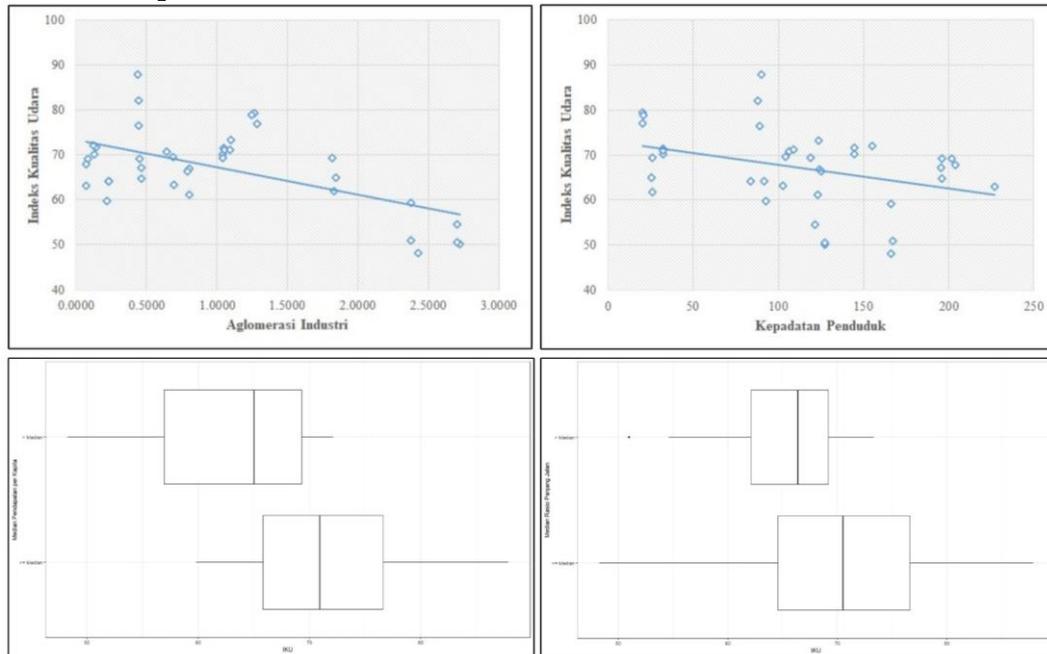
Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Keterangan:

1. Sangat Buruk : $0 < IKU \leq 25$
2. Buruk : $25 < IKU \leq 50$

3. Sedang : $50 < IKU \leq 70$
4. Baik : $70 < IKU \leq 90$
5. Sangat Baik : $90 < IKU \leq 100$

Lampiran 2. Scatter Plot Hubungan Variabel Independen terhadap Variabel Dependen



Lampiran 3. Jumlah Industri Besar-Sedang dan Kawasan Industri di Kabupaten/Kota Jabodetabek Tahun 2020-2022

Kabupaten/kota	Jumlah IBS	Nama Kawasan Industri
Jakarta Selatan	311	Bhumyamca Sekawan, Kawasan Industri Bukit Indah
	343	
	361	
Jakarta Timur	560	Jakarta Industrial Estate Pulogadung, Kawasan Industri Ciracas.
	447	
	428	
Jakarta Pusat	291	
	280	
	313	
Jakarta Barat	778	
	713	
	754	
Jakarta Utara	574	Kawasan Berikat Nusantara, Cakung Remaja Development.
	547	
	559	

Kabupaten/kota	Jumlah IBS	Nama Kawasan Industri
Kabupaten Bogor	1331	Cibinong Center Industrial, Kawasan Industri Sentul,
	1124	
	957	
Kabupaten Bekasi	2276	Kawasan Industri Bekasi International, Kawasan Industri Lippo Cikarang, Greenland International Industrial, Hacaca Business Park, Kawasan Industri Terpadu Indonesia China, Kawasan Industri Marunca, Kawarawang International Industrial.
	1905	
	1853	
Kota Bogor	118	
	82	
	92	
Kota Bekasi	464	East Jakarta Industrial Park, Kawasan Industri Gobel, Kawasan Industri Marunda, Kawasan Industri Jabadeka, MM2100 Industrial Town BFIE, MM2100 Industrial Town MMID.
	440	
	514	
Kota Depok	185	Kawasan Industri Cimanggis
	138	
	135	
Kabupaten Tangerang	1515	Kawasan Industri dan Pergudangan Cikupamas, Kawasan Industri Kencana Alam, Kawasan Industri Pasar Kemis, Kawasan Industri Millennium, Kawasan Industri Royal Kosambi, Kawasan Pergudangan dan Industri Kosambi Permai, Griya Idola Industrial Park, Kawasan Industri Sumber Rezeki, Laksana Business Park.
	1600	
	1827	
Kota Tangerang	833	
	1035	
	865	
Kota Tangerang Selatan	187	Kawasan Industri dan Pergudangan Taman Tekno BSD
	157	
	180	

Sumber: Kementerian Perindustrian RI dan Direktori Manufaktur BPS 2020-2022