

## PEMETAAN KEPADATAN LOKASI INDUSTRI DAN KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA DI UDARA SECARA SPASIO-TEMPORAL DI KABUPATEN LAMONGAN JAWA TIMUR

**Mahmud Zakariyah<sup>1\*</sup>, Yuswanti Ariani Wirahayu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Geografi, Universitas Negeri Malang, [mahmud.zakariyah.2107226@students.um.ac.id](mailto:mahmud.zakariyah.2107226@students.um.ac.id)

<sup>2</sup>Departemen Geografi, Universitas Negeri Malang, [yuswanti.ariani.fis@um.ac.id](mailto:yuswanti.ariani.fis@um.ac.id)

---

### ABSTRAK

---

**Abstrak:** Kegiatan industri yang berlangsung tidak hanya menghasilkan barang atau produk, melainkan juga menghasilkan polutan bagi udara, salah satunya gas karbon monoksida. Semakin padat lokasi kegiatan industri di suatu wilayah maka semakin tinggi konsentrasi karbon monoksida yang ada di udara. Kondisi tersebut kemungkinan terjadi di Kabupaten Lamongan yang sedang mengalami lonjakan terkait pembangunan dan penambahan kegiatan industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan kepadatan lokasi industri dan kondisi konsentrasi karbon monoksida di udara secara spasiotemporal di Kabupaten Lamongan dengan menggunakan SIG dan data spasio-temporal kualitas udara Sentinel-5P OFFL CO. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan keterkaitan kepadatan lokasi industri dan konsentrasi karbon monoksida di udara di Kabupaten Lamongan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lokasi dengan kepadatan industri tertinggi berada di wilayah utara yaitu Kecamatan Brondong dan Paciran. Dua kecamatan tersebut memiliki konsentrasi karbon monoksida tertinggi dari tahun 2019 hingga tahun 2023. Selain itu, pola kondisi temporalnya juga selaras dengan pola yang terjadi secara global yaitu mengalami penurunan dari kondisi sebelum pandemi covid-19 dan mengalami peningkatan setelah terjadi covid-19. Berdasarkan nilai korelasinya juga memiliki fluktuasi. Tahun 2019 memiliki korelasi pearson 0.54. Tahun 2020 memiliki korelasi pearson 0.25. Tahun 2021 memiliki korelasi pearson 0.13. Tahun 2022 memiliki korelasi pearson 0.01. Tahun 2023 memiliki korelasi pearson 0.67.

**Kata Kunci:** *Kepadatan Industri; Karbon monoksida ; Kualitas Udara; Sentinel 5P, SIG dan Penginderaan Jauh*

**Abstract:** *Industrial activities not only produce goods or products, but also emit pollutants into the atmosphere, one of which is carbon monoxide. The carbon monoxide concentration in the air increases as the density of industrial activities in a given area grows. This condition is likely to occur in Lamongan Regency, which experiencing rapid growth and increased industrial activity. The goal of this study is mapping the concentration of industrial location density and the condition of carbon monoxide concentrations in the air in Lamongan Regency using GIS and Sentinel-5P OFFL CO spatio-temporal air quality data. The study looked at the relationship between the density of industrial sites and carbon monoxide concentrations in the air in Lamongan Regency. The results show that the northern region, specifically Brondong and Paciran, has the highest industrial density. Between 2019 and 2023, the two sub-districts have the highest carbon monoxide concentrations. Furthermore, the pattern of temporal conditions is consistent with the global pattern, with a decrease prior to the covid-19 pandemic and an increase following the pandemic. It fluctuates according to the correlation value. 2019 has a Pearson correlation of 0.54. 2020 has a Pearson correlation of 0.25. 2021 has a pearson correlation of 0.13. 2022 has a Pearson correlation of 0.01.*

---

2023 has a pearson correlation of 0.67.

**Keywords:** *Industrial Density; Carbon Monoxide; Air Quality; Sentinel 5P; GIS and Remote Sensing*

---

**Article History:**

Received: 22-06-2024

Revised : 01-07-2024

Accepted: 05-08-2024

Online : 16-09-2024



*This is an open access article under the  
CC-BY-SA license*

## A. LATAR BELAKANG

Kegiatan industri merupakan suatu kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku, bahan mentah, barang setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya (Hutabarat, 2022; Sulistiani, 2019). Proses pengolahan dalam kegiatan industri dapat dilakukan secara mekanis, kimia, atau dengan tangan (Satriyani & Tanur, 2023). Tujuan utama dari kegiatan industri adalah untuk menghasilkan barang dan jasa yang dibutuhkan oleh masyarakat (Miftahus Surur, 2021; Marizka & Faidati, 2020). Kegiatan industri dapat berlangsung di berbagai tempat dengan skala produksi dan pemasaran yang berbeda-beda. Ada yang memiliki skala lokal, regional, hingga internasional yang bergantung pada lokasi geografis, sumber inovasi, pemasok bersama, faktor produksi, dan sebagainya (Yeung, 2021; Bergman et al., 2020).

Kondisi kegiatan industri di Kabupaten Lamongan mengalami lonjakan dalam beberapa tahun terakhir. Kondisi ini tidak terlepas dari pengaruh kebijakan pemerintah daerah setempat yang dapat dilihat dalam rencana tata ruang wilayah yang bersangkutan. Berdasarkan Peraturan Pemenrintah Daerah Kabupaten Lamongan Nomor 3 Tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lamongan telah disusun pembagian wilayah untuk pengembangan kawasan industri. Kawasan tersebut memiliki luas total 7.419 Ha dengan persebaran di lima lokasi yaitu Kecamatan Paciran, Brondong, Solokuro, Koridor jalan arteri primer (Kecamatan Deket, Lamongan, Sukodadi, Pucuk, dan Babat), dan koridor jalan kolektor primer (Kecamatan Tikung, Kembangbahu, Ngimbang, Sambeng, Kedungpring, Mantup, dan Modo). Kondisi ini mendorong tumbuhnya berbagai jenis industri di Kabupaten Lamongan karena menarik bagi banyak investor, karena harga beli tanah masih relatif murah di lokasi yang strategis, seperti yang terjadi di Desa Rejosari, Kecamatan Deket dalam koridor jalan arteri primer (Wulan Indah, 2018; Sujarwati, 2018).

Karbon monoksida merupakan salah satu output dari kegiatan industri (Zhong et al., 2017). Selain itu, juga menjadi salah satu indikator kualitas udara (Aydın Ulubey et al., 2021). Karbon monoksida dapat dapat didefinisikan sebagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau serta tidak berasa (Salma, 2024). Karbon monoksida dihasilkan melalui produk samping bahan bakar berbasis karbon yang

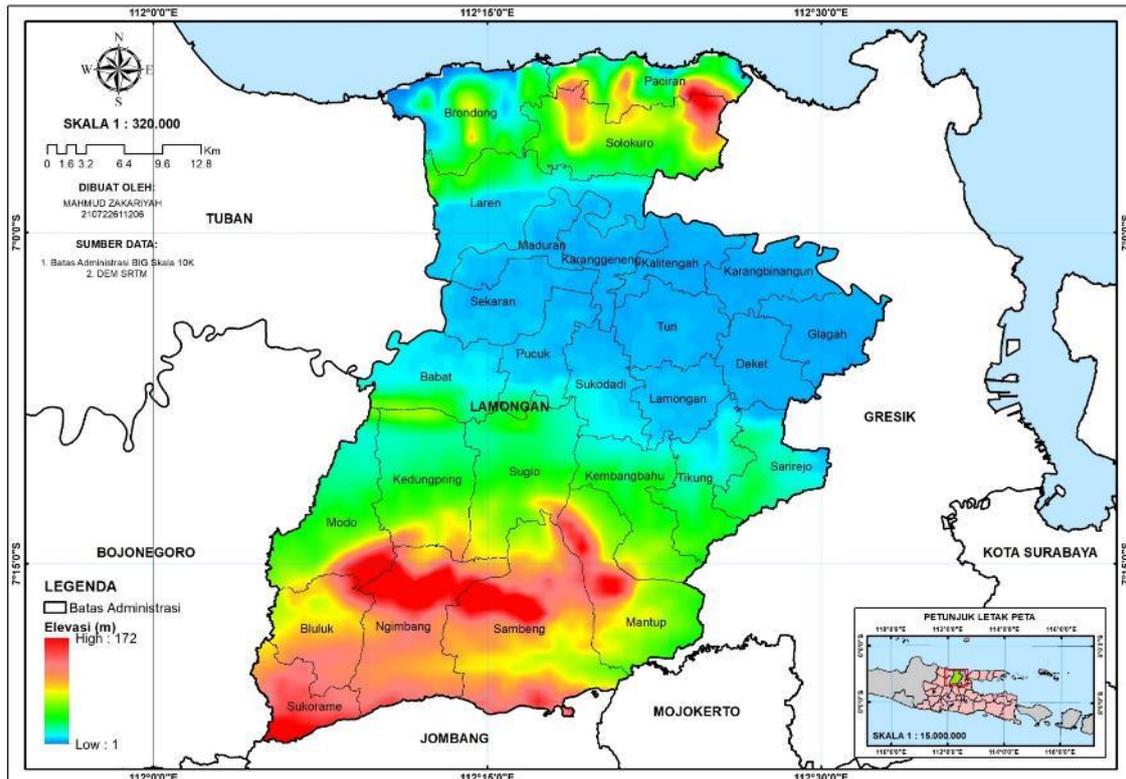
tidak melalui proses pembakaran sempurna seperti batu bara, bensin, gas alam, dan lain-lain (Rinaldi, 2023).

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas udara di suatu wilayah dengan menghubungkannya pada konsentrasi karbon monoksida di udara. Seperti yang telah dilakukan oleh Nakora et al (2020) dan Madan et al (2020). Penelitian Nakora et al (2020) hanya sebatas pada pengaplikasian *machine learning* untuk prediksi kualitas udara. Sedangkan Madan et al (2020) lebih berfokus pada penilaian kualitas udara di lokasi pemukiman. Melihat adanya hal tersebut, tentunya penelitian ini memiliki beberapa kebaruan yaitu menghubungkan kepadatan lokasi industri yang ada di suatu wilayah dengan kondisi polutan karbon monoksida di udara secara spasio temporal di Kabupaten Lamongan. Idealnya keberadaan kegiatan industri dengan konsentrasi karbon monoksida di udara menunjukkan adanya korelasi positif. Semakin tinggi nilai kepadatan lokasi industri maka akan semakin besar pula nilai konsentrasi karbon monoksidanya. Demikian pula sebaliknya, semakin rendah nilai kepadatan industrinya, maka akan semakin rendah juga nilai karbon monoksida nya (Yadav et al., 2017; Mohd Zizi et al., 2018).

Tujuan dari penelitian adalah untuk memetakan konsentrasi kepadatan lokasi industri dan kondisi konsentrasi karbon monoksida di udara secara spasiotemporal di Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Untuk memenuhi tujuan tersebut, maka digunakanlah teknologi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh, karena memiliki serangkaian keunggulan untuk merepresentasikan distribusi suatu fenomena di permukaan bumi.

## **B. METODE PELAKSANAAN**

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Lamongan, Jawa timur yang merupakan salah satu Kabupaten atau Kota yang berada di pesisir utara pulau Jawa. Kabupaten Lamongan memiliki lonjakan selama beberapa tahun terakhir terkait jumlah industri yang ada di tempat tersebut yang berkesesuaian dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi, contohnya pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami peningkatan 9.18% (BPS Lamongan, 2019). Kondisi ini tentunya berdampak pada peningkatan jumlah kegiatan industri dan tentunya berpengaruh terhadap kualitas udara, khususnya karbon monoksida. Adapun gambaran wilayah Kabupaten Lamongan secara keseluruhan yang menjadi lokasi penelitian ini ada pada gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi. Baik itu dari instansi lokal maupun internasional. Selain itu, juga berbentuk data *raster* dan data *vector*. Data *vector* yang digunakan yaitu data batas administrasi Badan Informasi Geospasial dengan skala 10 K, sebaran lokasi industri dari sistem informasi industri Kabupaten Lamongan, dan juga data carbon monoksida yang diperoleh dari data citra Sentinel-5P OFFL CO: Offline Carbon Monoxide.

Dalam penelitian ini kami menggunakan Sentinel-5P OFFL CO: Offline Carbon Monoxide yang merupakan salah satu produk yang memuat informasi tentang Karbon monoksida di bumi. Data kualitas udara yang dilihat dari jumlah kandungan unsur CO (Karbon Monoksida) dapat diamati melalui data Citra Sentinel 5P TROPOMI yang dapat diakses di katalog Google Earth Engine. Sentinel 5P sendiri merupakan satelit yang mengorbit bumi dalam jarak dekat dan rendah pada tahun 2015 hingga saat ini. Satelit ini memberikan informasi harian terkait kualitas udara, konsentrasi gas dan aerosol, tekanan iklim, dan lapisan ozon bumi. Sedangkan TROPOMI (*Tropospheric Monitoring Instrument*) merupakan instrumen pemantauan Troposfer yang berfungsi memantau konstituen utama atmosfer termasuk polusi udara, sifat ozon, dan aerosol di atmosfer bumi. Spektrometer TROPOMI terdiri dari pita spektral pada gelombang *ultraviolet* (UV), sinar tampak (VIS), Inframerah Dekat (NIR), dan Inframerah Gelombang Pendek (SWIR) (de Vries et al., 2016).

Informasi tentang Karbon monoksida (CO) diperoleh dengan menggunakan pemrosesan berbasis cloud di Google Earth Engine. Data yang siap dianalisis masih

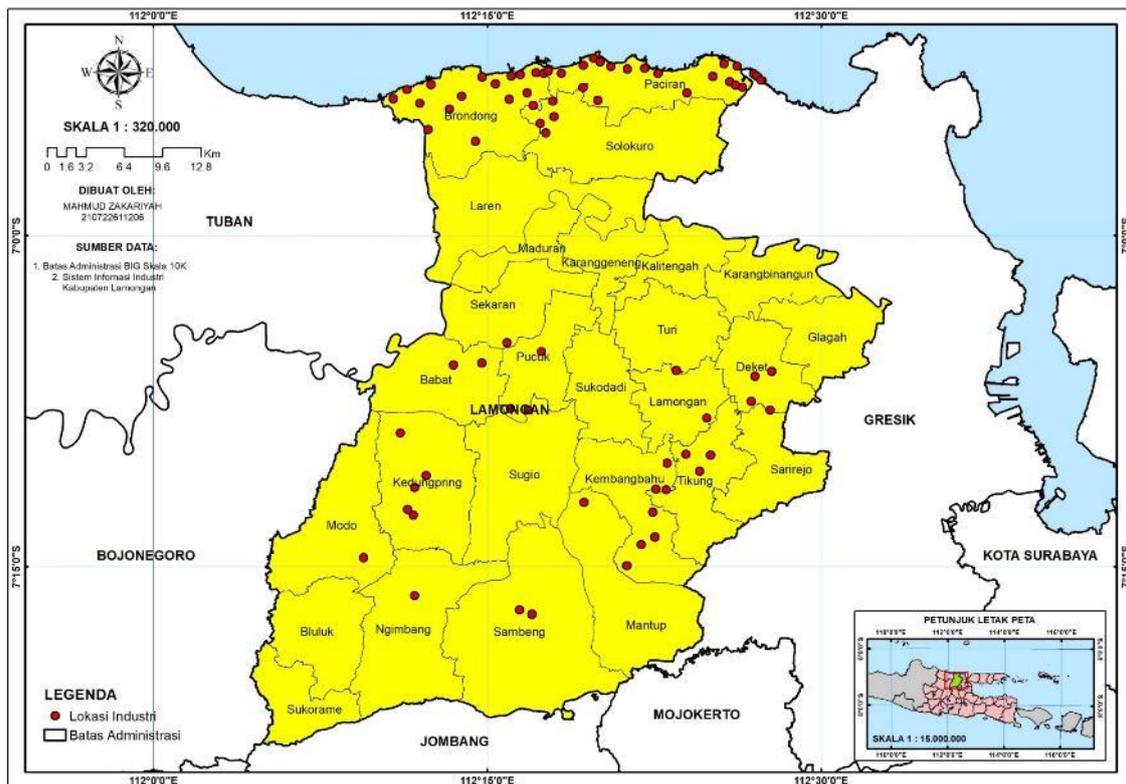
berada pada level 2 yang tersedia dalam bentuk granul dalam satu orbit rekaman sehingga memungkinkan untuk mengolah setiap data penyelesaian hingga level 3 (L3) sehingga menjadi data yang tidak teragregasi dalam satu granul. Resolusi spasial Sentinel-5P TROPOMI yang ditemukan di *Google Earth Engine* relatif tinggi jika dibandingkan dengan satelit pengamatan cuaca lainnya, yaitu sekitar 0.01 derajat atau sekitar 1.11 km dengan waktu kunjungan ulang harian sehingga memungkinkan untuk melakukan pengamatan setiap hari. Gambar Sentinel-5P TROPOMI mempunyai rentang spektral 2.3  $\mu\text{m}$  (SWIR), panjang dan rentang panjang gelombang TROPOMI memungkinkan pengamatan atmosfer utama yang meliputi ozon, nitrogen dioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, metana, formaldehida, aerosol dan awan (Indriyaningtyas et al., 2021).

Proses pengolahan dan analisis data menggunakan sistem informasi geografis yaitu *tools kernel density* untuk memetakan kepadatan lokasi industri dan zonal statistic untuk mengetahui nilai rata-rata kepadatan industri per wilayah administrasi. SIG memiliki kemampuan yang sangat kuat dan fleksibel yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Kemampuannya untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan, dan mempublikasikan data spasial, menjadikannya sebagai alat yang penting untuk pengambilan keputusan di berbagai bidang geospasial (Zhu, 2016). Beberapa penelitian juga menunjukkan keandalan sistem informasi geografis (SIG) untuk pemetaan kualitas udara di suatu lokasi industri atau lokasi lainnya (Shukla et al., 2020; Hernández-Paniagua et al., 2021; Mahato et al., 2020; Safarianzengir et al., 2020; Mamić, 2021; Kwiecień & Szopińska, 2020; Tabunschik et al., 2023).

### **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian menghasilkan beberapa temuan yang penting untuk dibahas guna mengetahui kondisi terkait sebaran lokasi industri dan kepadatan dari lokasi industri tersebut di Kabupaten Lamongan. Selain itu juga memberikan gambaran terkait kondisi spasio-temporal kualitas udara khususnya karbon monoksida di Kabupaten Lamongan dari tahun 2019 hingga 2023.

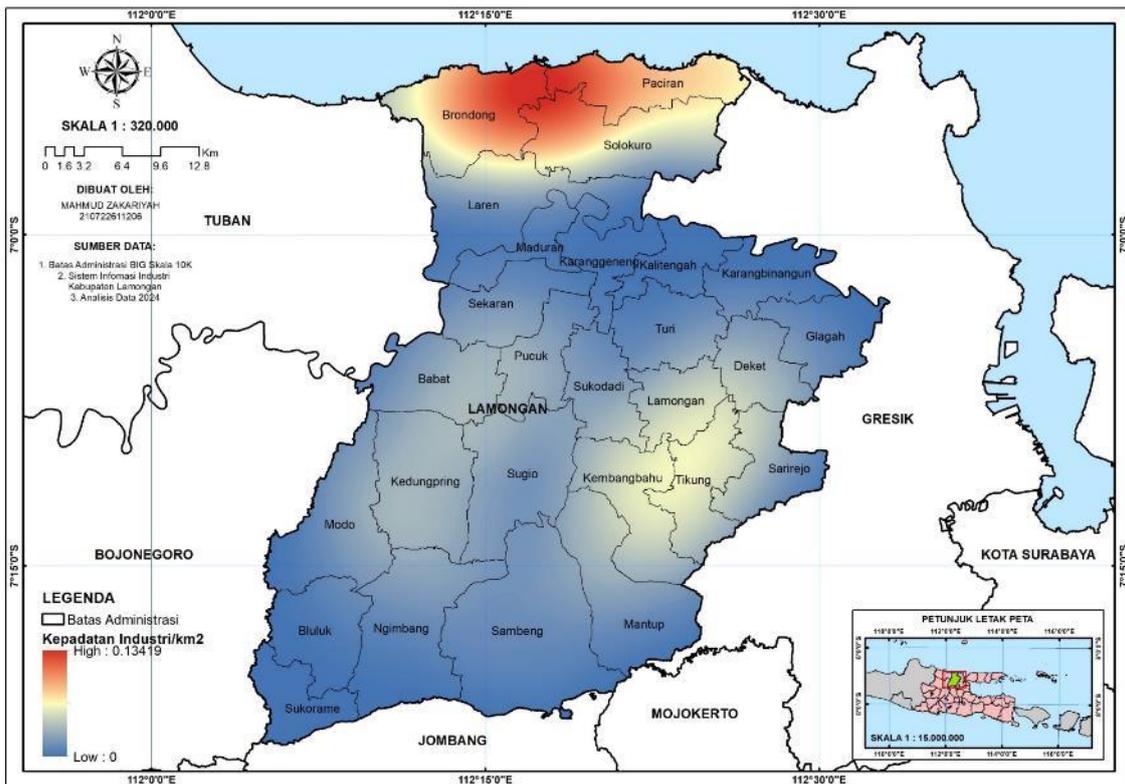
Berdasarkan data yang diperoleh dari sistem informasi industri Kabupaten Lamongan, tercatat terdapat 74 perusahaan yang mendirikan pabriknya di Kabupaten Lamongan. Sebaran lokasi industrinya dapat dilihat pada gambar 2. Pola persebaran yang ada cenderung memusat di jalur pantai utara yaitu di Kecamatan Brondong dan Kecamatan Paciran, selain itu persebrab lokasi lainnya juga cenderung mengikuti peta rencana polar uang yang telah dibuat, dimana lokasi pabrik tersebut juga terdapat di Kecamatan Solokuro, Koridor jalan arteri primer (Kecamatan Deket, Lamongan, Sukodadi, Kecamatan Pucuk, dan Babat), dan koridor jalan kolektor primer (Kecamatan Tikung, Kembangbahu, Ngimbang, Sambeng, Kedungpring, Mantup, dan Modo) yang merupakan Kawasan peruntukan industri.



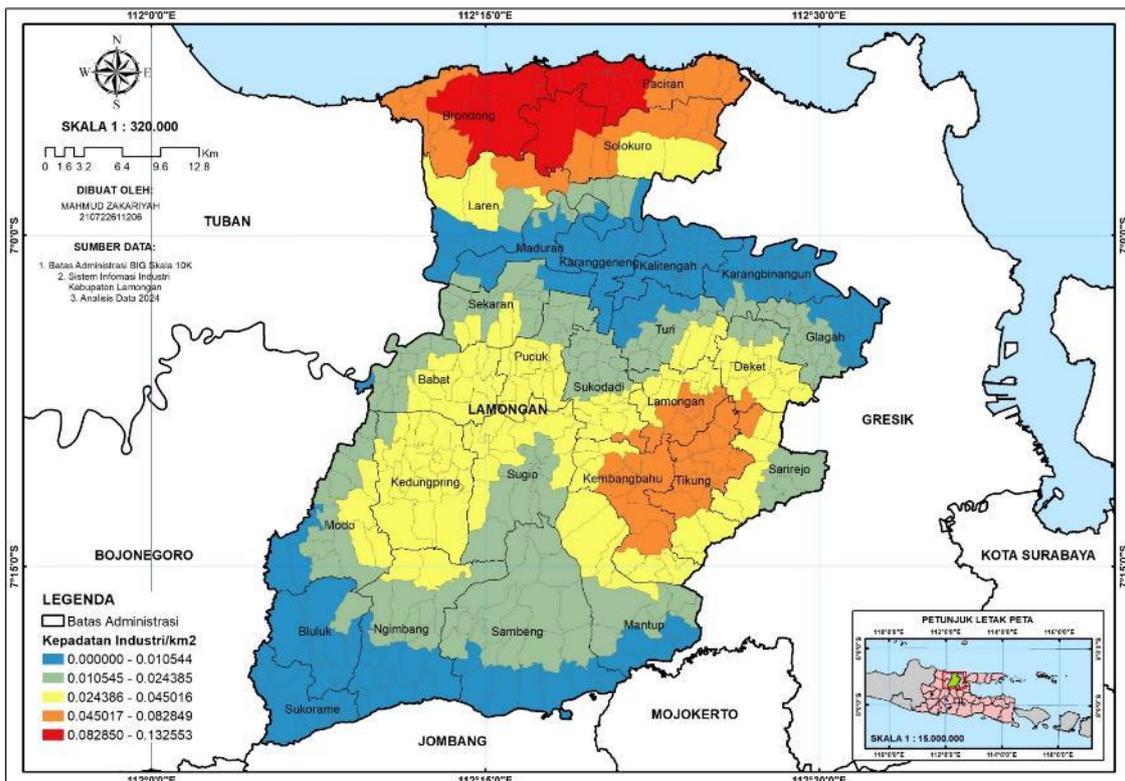
**Gambar 2.** Sebaran Lokasi Industri Kabupaten Lamongan

Setelah dilakukan analisis data titik sebaran lokasi industri menggunakan tools kernel density berbasis sistem informasi geografis terlihat distribusi spasial lokasi industri dengan menghitung kepadatan titik-titik data di setiap lokasi. Semakin banyak titik lokasi industri yang berdekatan maka nilai kepadatan yang dihasilkan juga semakin tinggi. Demikian pula sebaliknya, semakin sedikit titik lokasi industri yang berdekatan maka nilainya juga semakin rendah. Kondisi tersebut direpresentasikan dengan baik di Kabupaten Lamongan.

Berdasarkan gambar 3. terlihat distribusi spasial kepadatan lokasi industri di Kabupaten Lamongan, dimana yang paling tinggi kepadatannya terletak di Kecamatan Brondong dan Kecamatan Paciran, dan cenderung rendah di wilayah tengah, kemudian di wilayah tengah agak ke selatan memiliki tingkat kepadatan yang relatif sedang. Hal ini selaras dengan nilai pada zonal statistic data kepadatan lokasi dengan data batas administrasi pada level desa yang terlihat pada gambar 4. Dimana kepadatan lokasi industri yang tinggi juga terletak di Kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong. Kemudian sangat rendah di daerah dataran banjir sungai bengawan solo, dan kembali mengalami peningkatan di sisi tengah agak ke selatan yaitu antara Kecamatan Gresik dan Kecamatan Babat hingga antara Kecamatan Mantup dan Kecamatan Modo.



**Gambar 3.** Kepadatan Lokasi Industri Kabupaten Lamongan

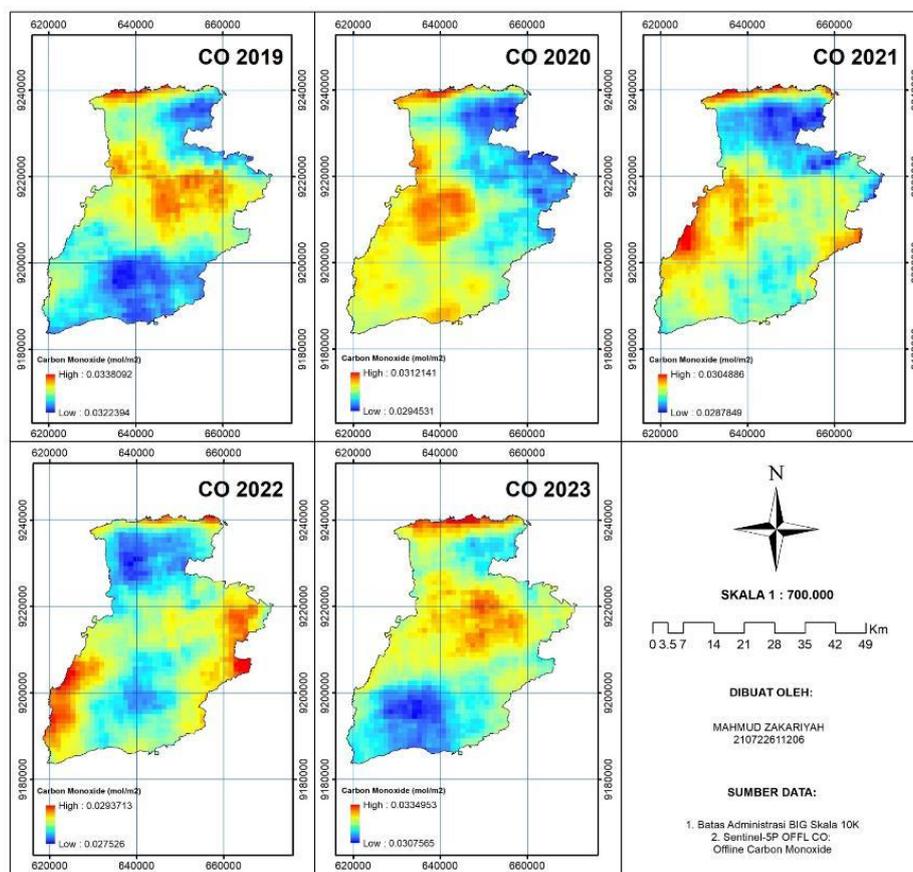


**Gambar 4.** Zonal Statistik (level desa) Kepadatan Lokasi Industri Kabupaten Lamongan

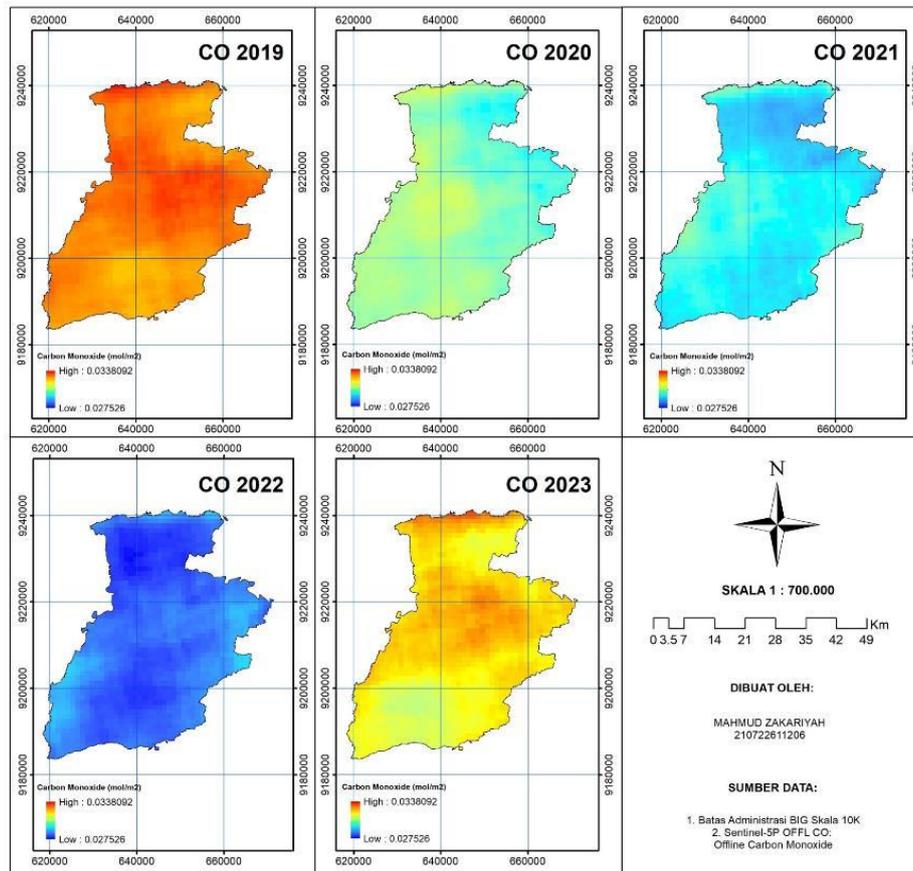
Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6, terlihat sebaran karbon monoksida terlihat pola distribusi dan dinamika perubahan konsentrasi karbon monoksida di Kabupaten Lamongan dari tahun 2019 hingga tahun 2023. Nilai konsentrasi tertinggi terjadi pada tahun 2019 dengan nilai maksimum 0.0338092 mol/m<sup>2</sup> dan

nilai terendahnya terjadi pada tahun 2022 dengan nilai konsentrasi minimum sebesar  $0.0293713 \text{ mol/m}^2$ . Nilai tertinggi yang ada, cenderung berada di sisi utara yang merupakan lokasi dengan kepadatan kegiatan industri tertinggi, Selain itu, juga memperlihatkan adanya pola penurunan konsentrasi maksimum dan minimum dari tahun 2019 hingga 2022. Lalu kemudian mengalami peningkatan pada tahun 2023. Pola penurunan ini menunjukkan kualitas udara yang semakin baik dan pola kenaikan ini menunjukkan kualitas udara yang semakin buruk kondisinya.

Apabila dikaitkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, batas konsentrasi tertinggi karbon monoksida agar dapat dikatakan baik kualitasnya adalah tidak lebih dari  $4000 \mu\text{g/m}^3$  atau setara dengan  $0.01428 \text{ mol/m}^2$ . Sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas udara di Kabupaten Lamongan dalam kondisi yang tidak sehat dengan tingkat keparahan sedang hingga berbahaya. Hal tersebut karena nilai karbon monoksida dari tahun 2019 hingga tahun 2023 memiliki rentang nilai antara  $7710.03 \mu\text{g/m}^3$  atau  $0.027526 \text{ mol/m}^2$  hingga  $94699.57 \mu\text{g/m}^3$  atau  $0.00338092 \text{ mol/m}^2$ . Dimana ambang batas tertinggi kandungan karbon monoksida di udara untuk dapat dikatakan sedang adalah tidak lebih dari  $8000 \mu\text{g/m}^3$ , tidak sehat dengan nilai tidak lebih dari  $15000 \mu\text{g/m}^3$ , sangat tidak sehat dengan nilai tidak lebih dari  $30000 \mu\text{g/m}^3$ , dan berbahaya dengan nilai tidak lebih dari  $45000 \mu\text{g/m}^3$  (KLHK, 2020).



**Gambar 5.** Sebaran Nilai Karbon Monoksida 2019 – 2023  
(Ungeneralized min max value symbology)



**Gambar 6.** Sebaran Nilai Karbon monoksida 2019 – 2023  
(Generalized min max value symbology)

Pola penurunan konsentrasi karbon monoksida yang terjadi dari tahun 2019 hingga 2022 tidak terlepas dari adanya pandemi covid 19, dimana terjadi pembatasan aktivitas di luar ruangan termasuk kegiatan industri. Selain itu, juga mayoritas perusahaan melakukan pembatasan bahkan penurunan target produksi karena kekurangan tenaga kerja akibat adanya pandemi, sehingga gas karbon monoksida yang dihasilkan juga tidak sebesar pada saat kondisi normal sebelum terjadi pandemi tahun 2019 ataupun setelah pandemi tahun 2023. Kondisi ini tidak hanya terjadi di Lamongan, melainkan juga terjadi di beberapa kota lain di dunia juga seperti Jakarta, New York, Mumbai, Roma, London, Madrid, Sao Paulo, Naples, Delhi, dan lain-lain (Indriyaningtyas et al., 2021; Zangari et al., 2020; Gope et al., 2021; Sannino et al., 2021). Jadi pola ini terjadi dalam skala global.

Pola fluktuasi karbon monoksida di Kabupaten Lamongan dari tahun 2019 hingga tahun 2023 memiliki korelasi positif. Semakin tinggi nilai kepadatan lokasi industri maka akan semakin besar pula nilai konsentrasi karbon monoksidanya (Yadaf et al., 2017; Zizi et al., 2015). Pada tahun 2019 memiliki nilai korelasi pearson sebesar 0.54. Pada tahun 2020 memiliki nilai korelasi pearson senilai 0.25. Pada tahun 2021 memiliki nilai korelasi pearson 0.13. Pada tahun 2022 memiliki nilai korelasi pearson 0.01. Kemudian pada tahun 2023 memiliki nilai korelasi pearson sebesar 0.67. Kondisi seperti ini juga tidak lepas dari anomali yang terjadi akibat pandemic covid 19, khususnya dari tahun 2020, 2021, dan 2022. Nilai konsentrasi karbon monoksida mengalami penurunan karena adanya pembatasan

aktivitas, termasuk kegiatan industri, sehingga nilainya cenderung rendah dan kurang berkesesuaian dengan nilai konsentrasi yang seharusnya dihasilkan. Meskipun demikian keterkaitan kepadatan lokasi industri dan konsentrasi karbon monoksida di udara pada wilayah Kabupaten Lamongan, masih menunjukkan keterkaitan pada kondisi aktivitas normal pada tahun 2019 dan tahun 2023. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Heatmap Korelasi Pearson Antara Kepadatan Lokasi Industri (KLI) dengan Konsentrasi Karbon monoksida

Karbon monoksida sangat berbahaya jika terhirup terus menerus oleh manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah gas yang dihasilkan dalam proses kegiatan industri sebelum dilepas ke udara secara benar. Cara lain untuk mengurangi peredaran karbon monoksida adalah dengan menanam pohon di sekitar lingkungan rumah dan kantor untuk membantu mengurangi polusi udara. Namun, cara terbaik untuk mengatasi penurunan kualitas udara adalah dengan melakukan tindakan pencegahan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi polusi udara semaksimal mungkin sebelum terjadi dan mengedepankan teknologi dan kebijakan yang ramah lingkungan.

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan industri di Kabupaten Lamongan memiliki kondisi yang cenderung memusat di bagian utara yaitu di Kecamatan Brondong dan Kecamatan Paciran. Kondisi ini berpengaruh terhadap tingginya kepadatan lokasi industri di lokasi tersebut dibandingkan dengan kecamatan lain. Demikian pula dengan kondisi konsentrasi karbon monoksida yang lebih tinggi karena aktivitas kegiatan industri yang semakin intens juga. Selain itu, secara keseluruhan kondisi karbon monoksida memiliki pola penurunan saat terjadi pandemi covid-19 dan pola kenaikan setelah pandemi covid 19. Kondisi ini selaras dengan kota-kota lain dan berlangsung dalam skala global. Sebelum menjadi semakin parah, perlu dilakukan

evaluasi untuk mencegah peningkatan polutan udara karbon monoksida melalui berbagai kebijakan yang ramah lingkungan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Ibu Yuswanti Ariani Wirahayu, rekan-rekan, dan Departemen Geografi, Universitas Negeri Malang yang telah kebersamai dalam proses penyusunan artikel penelitian ini. Berbagai saran dan masukan yang telah diberikan dan proses diskusi yang telah dilakukan sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

### DAFTAR RUJUKAN

- Aydın Ulubey, Aleksandr Gusev, Şükrü Dursun, Hüseyin Toros, & Majda Hadziç. (2021). Evaluation of Air Quality (Carbon Monoxide) in Megacity Istanbul. *Energy and Ecology*, 4(6).
- Bergman, E. M., Feser, E. J., Bergman, E. M., & Feser, E. J. (2020). *The Web Book of Regional Science Sponsored by Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications By Vienna University of Economics*. 1999.
- BPS Lamongan. (2019). *Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Lamongan (Persen), 2016 – 2018*.
- de Vries, J., Voors, R., Ordning, B., Dingjan, J., Veefkind, P., Ludewig, A., Kleipool, Q., Hoogeveen, R., & Aben, I. (2016). *TROPOMI on ESA's Sentinel 5p ready for launch and use* (K. Themistocleous, D. G. Hadjimitsis, S. Michaelides, & G. Papadavid (eds.); p. 96880B).
- Gope, S., Dawn, S., & Das, S. S. (2021). Effect of COVID-19 pandemic on air quality: a study based on Air Quality Index. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35564–35583.
- Hernández-Paniagua, I. Y., Valdez, S. I., Almanza, V., Rivera-Cárdenas, C., Grutter, M., Stremme, W., García-Reynoso, A., & Ruiz-Suárez, L. G. (2021). Impact of the COVID-19 Lockdown on Air Quality and Resulting Public Health Benefits in the Mexico City Metropolitan Area. *Frontiers in Public Health*, 9.
- Hutabarat, J. (2022). *Pengantar Teknik Industri*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Indriyaningtyas, S., Hasandy, L. R., & Dewantoro, B. E. B. (2021). DINAMIKA KONSENTRASI EMISI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) SELAMA PERIODE PSBB MENGGUNAKAN KOMPUTASI BERBASIS CLOUD PADA GOOGLE EARTH ENGINE Studi Kasus di Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. *Majalah Ilmiah Globe*, 23(1), 35.
- KLHK. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara*.
- Kwiecień, J., & Szopińska, K. (2020). Mapping Carbon Monoxide Pollution of Residential Areas in a Polish City. *Remote Sensing*, 12(18), 2885.
- Madan, T., Sagar, S., & Virmani, D. (2020). Air Quality Prediction using Machine Learning Algorithms-A Review. *Proceedings - IEEE 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICACCCN 2020, April*, 140–145.
- Mahato, S., Pal, S., & Ghosh, K. G. (2020). Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. *Science of The Total Environment*, 730, 139086.
- Mamić, L. (2021). CO level over the Republic of Croatia using SENTINEL-5P. *GIS Odyssey Journal*, 1(1), 61–82.
- Marizka, G., & Faidati, N. (2020). Analisis Dampak Lingkungan Aktivitas Produksi Industri Gula Bagi Kesehatan Masyarakat Di Desa Tirtonirmolo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Social Politics and Governance (JSPG)*, 2(2), 166–176.
- Miftahus Surur. (2021). Teori Produksi Imam al-Ghazali & Ibnu Khaldun Perspektif Maqashid al-Syari'ah. *Istidlal: Jurnal Ekonomi Dan Hukum Islam*, 5(1), 12–23.
- Mohd Zizi, N., Mohamed Noor, N., Izzah Mohamad Hashim, N., & Yusuf, S. Y. (2018). Spatial and Temporal Characteristics of Air Pollutants Concentrations in Industrial Area in

- Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 374(June), 012094.
- Nakora, N., Byamugisha, D., & Birungi, G. (2020). Indoor air quality in rural Southwestern Uganda: particulate matter, heavy metals and carbon monoxide in kitchens using charcoal fuel in Mbarara Municipality. *SN Applied Sciences*, 2(12), 2037.
- Rinaldi, M., & Rinaldi, M. (2023). *Variasi temperatur pirolisis terhadap nilai kalor sampah padat perkotaan (municipal solid waste)(studi kasus sampah TPA Antang)*.
- Safarianzengir, V., Sobhani, B., Yazdani, M. H., & Kianian, M. (2020). Monitoring, analysis and spatial and temporal zoning of air pollution (carbon monoxide) using Sentinel-5 satellite data for health management in Iran, located in the Middle East. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(6), 709–719.
- Salma, H. (2024). ANALISIS KUALITAS UDARA TERHADAP AKTIVITAS TRUK BATUBARA DI PROVINSI JAMBI. *JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan*, 2(1).
- Sannino, A., D'Emilio, M., Castellano, P., Amoruso, S., & Boselli, A. (2021). Analysis of Air Quality during the COVID-19 Pandemic Lockdown in Naples (Italy). *Aerosol and Air Quality Research*, 21(1), 200381.
- Satriyani, Y., & Tanur, E. (2023). Analisis Pengaruh Sektor Industri Pengolahan Terhadap Laju Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Kalimantan Utara Tahun 2020-2021. *Jurnal Ekonomika*, 14(02), 263–273.
- Shukla, K., Kumar, P., Mann, G. S., & Khare, M. (2020). Mapping spatial distribution of particulate matter using Kriging and Inverse Distance Weighting at supersites of megacity Delhi. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101997.
- Sujarwati, Y. S. (2018). *Analisis Elastisitas Pajak Dan Tax Effort Bea Perolehan Hak Atas Tanah Dan Bangunan (BPHTB) Sesudah Pengalihan Pajak Daerah (Studi Pada Kabupaten Gresik Dan Lamongan) (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya)*.
- Sulistiani, S. L. (2019). ANALISIS MAQASHID SYARIAH DALAM PENGEMBANGAN HUKUM INDUSTRI HALAL DI INDONESIA. *Law and Justice*, 3(2), 91–97.
- Tabunschik, V., Gorbunov, R., & Gorbunova, T. (2023). Unveiling Air Pollution in Crimean Mountain Rivers: Analysis of Sentinel-5 Satellite Images Using Google Earth Engine (GEE). *Remote Sensing*, 15(13), 3364.
- Wulan Indah, A. S. (2018). Dampak Alih Fungsi Lahan Pertanian Terhadap Harga Lahan Di Desa Rejosari Kecamatan Deket Kabupaten Lamongan. *Fakultas Ilmu Sosial Dan Hukum, Universitas Negeri Surabaya, LAHAN PERTANIAN*, 1–6.
- Yadav, R., Sahu, L. K., Beig, G., Tripathi, N., & Jaaffrey, S. N. A. (2017). Ambient particulate matter and carbon monoxide at an urban site of India: Influence of anthropogenic emissions and dust storms. *Environmental Pollution*, 225, 291–303.
- Yeung, H. W. (2021). Regional worlds: from related variety in regional diversification to strategic coupling in global production networks. *Regional Studies*, 55(6), 989–1010.
- Zangari, S., Hill, D. T., Charette, A. T., & Mirowsky, J. E. (2020). Air quality changes in New York City during the COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 742, 140496.
- Zhong, Q., Huang, Y., Shen, H., Chen, Y., Chen, H., Huang, T., Zeng, E. Y., & Tao, S. (2017). Global estimates of carbon monoxide emissions from 1960 to 2013. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 864–873.
- Zhu, X. (2016). *GIS for Environmental Applications - A Practical Approach*. Routledge.