



## **Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Kota Makassar Periode 2019 – 2023**

**Meisya Putri Indrayani Asdar<sup>1</sup> dan Sri Suryani<sup>2\*</sup>**

*<sup>1,2</sup>Laboratorium Material dan Energi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia.*

*Email: [meimei56901@gmail.com](mailto:meimei56901@gmail.com)*

*\*Corresponding Author*

---

### **Abstrak**

Karbon monoksida (CO) adalah gas berbahaya yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan aktivitas industri, dengan konsentrasi yang meningkat di udara. Makassar, sebagai pusat ekonomi dan urbanisasi, menghadapi tantangan besar terkait kualitas udara. Upaya untuk mengurangi emisi CO ini penting untuk meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat di Kota Makassar. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi fluktuasi tren konsentrasi CO di Kota Makassar selama periode 2019 hingga 2023, untuk mengetahui apakah terjadi peningkatan, penurunan, atau pola tertentu serta melihat faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO yang dianalisis berdasarkan data tahunan terdapat peningkatan signifikan emisi CO yang terkait dengan aktivitas transportasi, industri, dan urbanisasi. Analisis menunjukkan bahwa urbanisasi, jumlah kendaraan bermotor, dan pola cuaca mempengaruhi perubahan kadar CO. Konsentrasi CO di Makassar menunjukkan fluktuasi tahunan sebesar 1072,88% yang mana fluktuasi ini tergolong sangat tinggi terutama karena lonjakan besar konsentrasi CO di tahun 2022.

**Kata Kunci :** Karbon Monoksida (CO), Konsentrasi Karbon, Polusi Udara.

### **Abstract**

*Carbon monoxide (CO) is a hazardous gas produced by motor vehicles and industrial activities, with increasing concentrations in the air. Makassar, as a center of economy and urbanization, faces major challenges related to air quality. Efforts to reduce CO emissions are important to improve air quality and public health in Makassar City. The purpose of this study was to identify fluctuations in CO concentration trends in Makassar City during the period 2019 to 2023, to determine whether there was an increase, decrease, or a certain pattern and to see the factors that influenced it. The results showed that the CO concentration analyzed based on annual data showed a significant increase in CO emissions related to transportation, industrial, and urbanization activities. The analysis showed that urbanization, the number of motor vehicles, and weather patterns affected changes in CO levels. The CO concentration in Makassar showed an annual fluctuation of 1072.88%, which is considered very high, especially due to the large spike in CO concentration in 2022.*

**Keywords:** Air Pollution, Carbon Concentration, Carbon Monoxide (CO).

---

## 1. PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan salah satu masalah serius karena dapat menimbulkan resiko yang signifikan terhadap kesehatan hingga menjadi penyebab utama kematian di dunia dimana lalu lintas menjadi salah satu penyumbang utama polusi udara yang paling menonjol [1, 2]. Karbon Monoksida (CO) merupakan gas hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon tidak sempurna sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi CO secara cepat di udara [3, 4]. Karbon monoksida (CO) menjadi salah satu senyawa paling berbahaya karena tidak berbau dan tidak berwarna yang kebanyakan dihasilkan oleh kendaraan umum dan sektor industri [3, 5]. Meningkatnya penggunaan kendaraan umum di suatu perkotaan dapat menyebabkan peningkatan kadar CO di udara karena peningkatan kendaraan umum berbanding lurus dengan konsentrasi CO [6]. Karbon Monoksida (CO) memiliki konsentrasi latar belakang atmosfer rata-rata sekitar 100 bagian per miliar (ppb) [7]. Karbon monoksida yang bereaksi dengan oksigen dan radikal bebas di atmosfer akan berubah menjadi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), hal ini juga menjadi salah satu penyebab pemanasan global yang dihasilkan oleh emisi gas rumah kaca [8, 9].

Peningkatan emisi karbon secara terus-menerus menyebabkan kenaikan suhu yang mengakibatkan lebih banyak panas terperangkap di atmosfer, sehingga memicu perubahan siklus hidrologi serta peningkatan kelembaban atmosfer [10, 11]. Polusi udara yang disebabkan oleh konsentrasi CO ini sangat berdampak pada kondisi lingkungan dan iklim terlebih di wilayah perkotaan [12]. Peningkatan pesat wilayah perkotaan menjadi salah satu pemicu polusi udara yang dominan disebabkan transportasi jalan raya, sektor industri, pembakaran domestik dan sumber rumah tangga [13]. Makassar merupakan salah satu kota besar yang ada di provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Abidin dkk pada tahun 2023, Kota Makassar, sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi di Indonesia, menghadapi tantangan terkait kualitas udara. Peningkatan emisi yang terjadi berasal dari kegiatan penduduk seperti emisi hasil dari penggunaan bahan bakar kendaraan. Emisi yang dihasilkan dari aktivitas manusia ini memiliki potensi kerusakan lingkungan yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi emisi gas yang dihasilkan lebih besar daripada emisi yang dihasilkan secara alami [6]. Beberapa penelitian juga menunjukkan jumlah urbanisasi dan industrialisasi memberikan dampak negatif dan signifikan terhadap emisi CO sedangkan jumlah kendaraan bermotor dan ekspor dipengaruhi secara positif dan signifikan terhadap CO di Indonesia terutama daerah perkotaan [14].

Meningkatnya kualitas udara perkotaan saat ini menjadi isu paling mendesak yang dihadapi para pemerintah di seluruh dunia terutama peningkatan emisi CO. Dari segi energi, seperti industri, transportasi, listrik dan produsen minyak, emisi CO mengalami peningkatan setiap tahunnya yang mana hal ini menyebabkan peningkatan pemanasan global dan efek rumah kaca karena emisi CO menyebabkan perubahan global dan iklim di atmosfer dengan meningkatkan atau mengubah suhu laut dan daratan. Upaya untuk mengurangi emisi CO ini dapat memberikan dampak negatif terhadap ekonomi negara sebab dapat merugikan sektor transportasi [14, 15, 16].

Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2023, indeks kualitas udara yang terealisasi pada tahun 2022 sebesar

90,35% sedangkan potensi penurunan emisi gas rumah kaca dari sektor limbah terealisasi hanya sekitar 0,40%. Data ini menunjukkan peningkatan signifikan jumlah kendaraan bermotor dari tahun ke tahun. Hal ini berpotensi meningkatkan emisi CO di wilayah perkotaan [17]. Tingginya konsentrasi CO tidak hanya berdampak pada peningkatan polusi udara tapi juga pada beberapa masalah kesehatan seperti gangguan pernapasan maupun tingginya karboksihemoglobin dalam darah (COHb) yaitu adanya karbon monoksida yang mengikat hemoglobin dalam darah, umumnya jumlah karboksihemoglobin (COHb) dalam tubuh kurang dari 2% akan tetapi karena adanya afinitas CO yang kuat dengan hemoglobin sehingga terjadi peningkatan kadar karboksihemoglobin (COHb) yang signifikan yang menyebabkan gangguan pelepasan oksigen di tingkat jaringan perifer dan otak serta mengakibatkan stres hipoksia di tingkat sel [5, 17]. Adapun penurunan yang terjadi pada emisi CO di udara sebesar 17% dipengaruhi oleh pembatasan aktivitas (*Lockdown*) yang terjadi selama periode COVID 19. Pembatasan ini berdampak langsung pada mobilitas lingkungan perkotaan di berbagai aspek seperti tingkat emisi [17, 18].

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman konteks yang lebih luas termasuk faktor kuantitatif yang memengaruhi konsentrasi CO dari tahun ke tahun, dan menganalisis pola atau tren konsentrasi CO untuk memahami terjadinya peningkatan atau penurunan konsentrasi CO di kota Makassar dari tahun 2019 – 2023 serta melihat bagaimana konsentrasi CO mempengaruhi kualitas udara pada musim hujan dan musim kemarau di Makassar dan bagaimana dampaknya terhadap lingkungan serta kesehatan masyarakat.

## 2. METODE PENELITIAN

### a) Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu aplikasi *Microsoft Excel* untuk pengolahan dan visualisasi data. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota Makassar, berupa data konsentrasi Karbon Monoksida (CO) hasil pemantauan kualitas udara pada periode tahun 2019 hingga 2023. Informasi yang dilakukan pada data tersebut meliputi analisis tren/pola tahunan untuk melihat pola yang terjadi setiap tahunnya apakah terjadi fluktuasi yang signifikan dan memiliki pengaruh terhadap kehidupan masyarakat serta melihat faktor – faktor yang mempengaruhi konsentrasi karbon monoksida setiap tahunnya.

### b) Metode Pengambilan Data dari DLHD

- **Pengumpulan Data**

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota Makassar. Data yang dikumpulkan mencakup konsentrasi parameter kualitas udara di daerah Karebosi dan sekitarnya, dengan fokus khusus pada parameter Karbon Monoksida (CO). Data yang digunakan adalah data bulanan selama periode lima tahun terakhir, yaitu dari tahun 2019 hingga 2023.

- **Seleksi Data**

Data yang telah diperoleh kemudian diseleksi untuk memastikan kelengkapan data per bulan dan per tahun, konsistensi satuan dan format data dan kesesuaian lokasi pemantauan (khusus wilayah Karebosi dan sekitarnya). Jika terdapat kekosongan data atau anomali, dilakukan klarifikasi atau penyesuaian berdasarkan metode interpolasi sederhana.

- **Pengolahan Data**

Data konsentrasi CO yang telah tersusun kemudian diolah menggunakan aplikasi Microsoft Excel dengan tahapan pengolahan mencakup menghitung rata-rata bulanan dan tahunan, menyusun data dalam bentuk tabel tren waktu, mengelompokkan data berdasarkan musim (musim hujan dan musim kemarau) sesuai dengan pembagian musim di wilayah Sulawesi Selatan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap data untuk mengetahui pola atau tren tahunan konsentrasi CO dari tahun 2019 hingga 2023

**c) Analisis Tren Konsentrasi dan Tren Musiman Karbon Monoksida (CO)**

Parameter CO pada penelitian ini diperlukan untuk menganalisis perubahan konsentrasi yang terjadi selama periode 2019 – 2023. Analisis ini dilakukan dengan membuat visualisasi data pada *Microsoft Excel* meliputi grafik *colum* serta membuat *trenline* konsentrasi CO. Hal ini juga digunakan untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan konsentrasi CO selama beberapa tahun. Analisis yang dilakukan juga mempertimbangkan pola / tren musiman. Tren musiman pada penelitian ini dilihat dari pola konsentrasi CO pada bulan-bulan tertentu. Pola ini dianalisis untuk mengetahui apakah ada pola jangka panjang yang menyebabkan perubahan musim pada setiap tahunnya.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Analisis Tren Konsentrasi Karbon Monoksida**

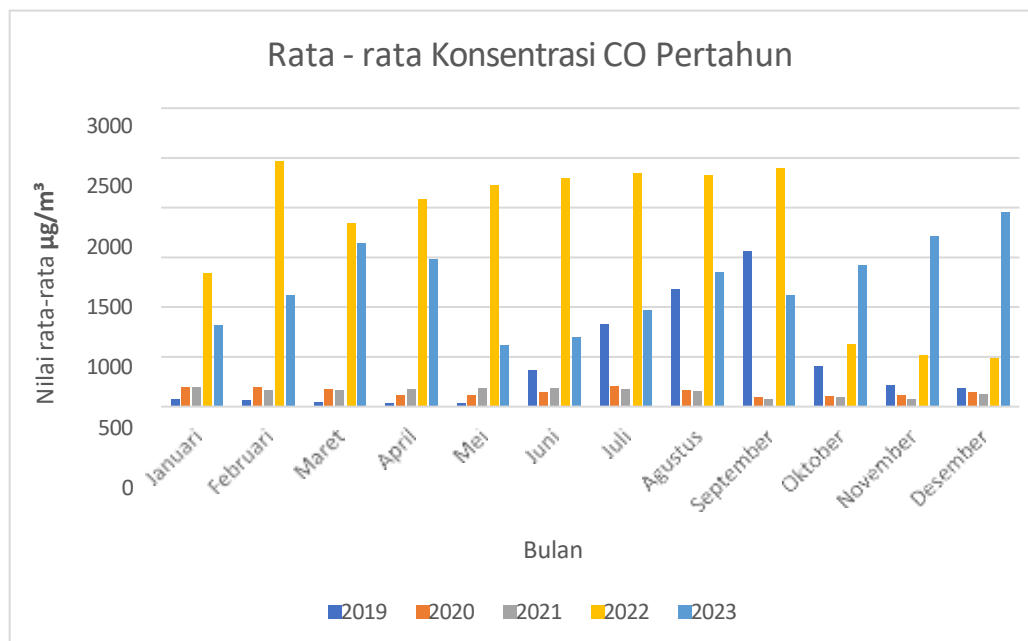
Analisis tren konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di setiap tahun menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya tingkat urbanisasi, jumlah kendaraan bermotor, dan perubahan pola cuaca. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Makassar berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kadar CO, terutama pada area yang padat lalu lintas seperti pusat Kota Makassar.

**Tabel 1.** Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Tahun 2019 - 2023

| <b>RATA - RATA KONSENTRASI CO PERTAHUN (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b> |             |             |             |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Bulan</b>                                                                     | <b>2019</b> | <b>2020</b> | <b>2021</b> | <b>2022</b> | <b>2023</b> |
| <b>Januari</b>                                                                   | 70,80       | 198,77      | 198,25      | 1340,67     | 823,96      |
| <b>Februari</b>                                                                  | 66,89       | 196,75      | 168,78      | 2469,75     | 1118,58     |
| <b>Maret</b>                                                                     | 48,90       | 177,38      | 169,41      | 1840,83     | 1638,12     |
| <b>April</b>                                                                     | 38,09       | 118,93      | 180,35      | 2083,93     | 1482,80     |
| <b>Mei</b>                                                                       | 38,87       | 112,38      | 186,83      | 2222,70     | 619,74      |
| <b>Juni</b>                                                                      | 367,77      | 145,54      | 183,16      | 2292,77     | 697,90      |
| <b>Juli</b>                                                                      | 826,51      | 212,00      | 176,19      | 2343,61     | 972,03      |
| <b>Agustus</b>                                                                   | 1179,77     | 168,06      | 154,80      | 2327,00     | 1350,00     |
| <b>Semptember</b>                                                                | 1563,45     | 94,61       | 73,87       | 2393,80     | 1126,51     |
| <b>Oktober</b>                                                                   | 406,12      | 107,09      | 93,06       | 624,27      | 1422,77     |
| <b>November</b>                                                                  | 222,19      | 118,35      | 70,54       | 516,67      | 1709,56     |
| <b>Desember</b>                                                                  | 185,22      | 142,03      | 129,90      | 483,48      | 1952,29     |
| <b>Mean</b>                                                                      | 417,88      | 149,32      | 148,76      | 1744,95     | 1242,85     |

Tabel 1 menunjukkan rata rata konsentrasi Karbon Monoksida (CO) mengalami fluktuasi yang signifikan. Penurunan drastis konsentrasi CO yang terjadi pada tahun 2020 dan 2021 disebabkan oleh kurangnya aktivitas transportasi akibat adanya Pandemi COVID 19 sehingga pemerintah menghimbau Masyarakat untuk *lockdown* demi menghindari penyebaran virus [18]. Sedangkan peningkatan CO pada tahun 2022 dan 2023 dapat terjadi karena normalisasi pasca pandemi dimana aktivitas masyarakat yang mulai padat, seperti transportasi, sektor industri, dan penggunaan bahan baku rumah tangga [19].

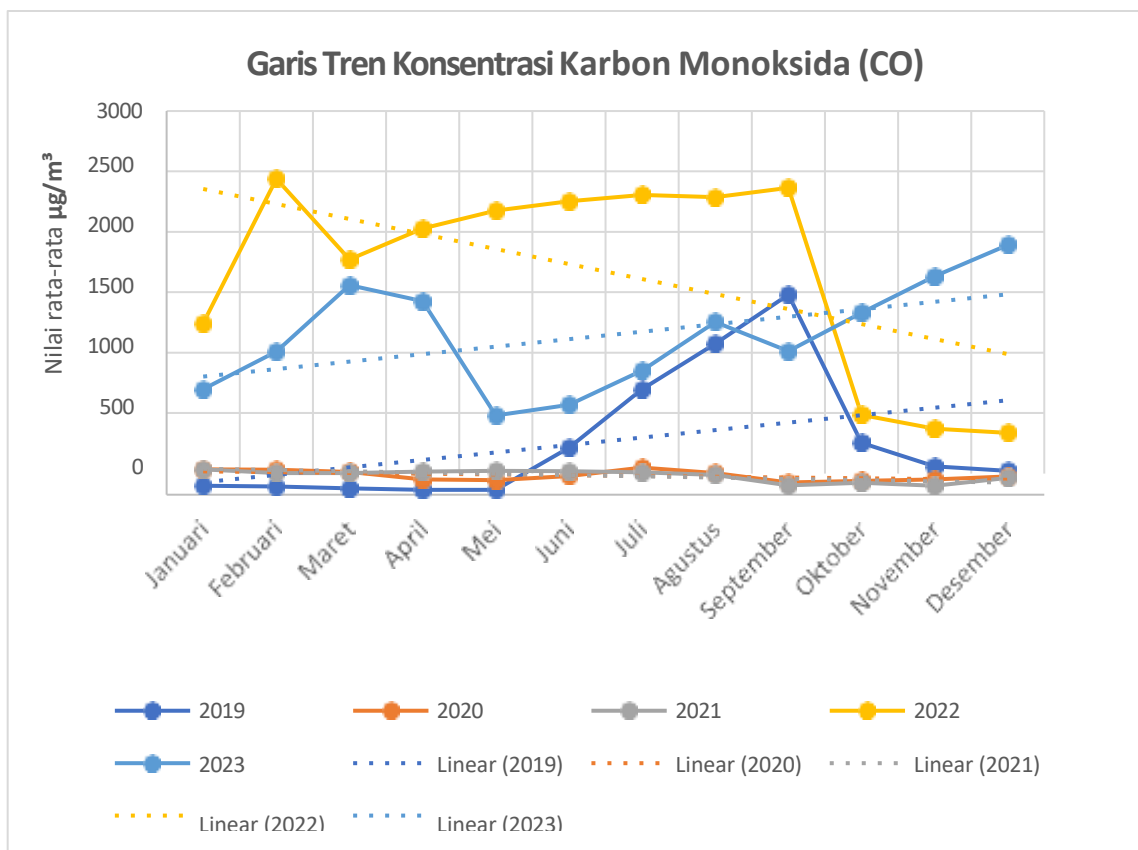
Berdasarkan Gambar 1, Konsentrasi CO pada tahun 2022 lebih tinggi dari tahun sebelumnya, terutama pada bulan februari yang mencapai  $2469,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hal ini bisa saja disebabkan oleh peningkatan aktivitas industri, lalu lintas kendaraan, atau kondisi atmosfer tertentu yang mempengaruhi dispersi polutan. Namun, tahun 2020 dan 2021 terlihat konsentrasi CO yang relatif rendah, hal ini dikarenakan pembatasan mobilitas selama pandemi COVID-19, yang mengurangi emisi dari sumber utama seperti industri dan transportasi [18]. Tahun 2023 menunjukkan pola yang lebih fluktuatif, tetapi cenderung lebih rendah daripada tahun sebelumnya yaitu tahun 2022.



**Gambar 1.** Grafik rata – rata konsentrasi CO pertahun

Pada tahun 2023 kualitas udara yang terjadi di kota makassar semakin memburuk pada bulan oktober, november, dan desember yang mengindikasikan pencemaran udara sedang. Hal ini bersumber dari pemantauan udara real-time oleh Kepala Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Makassar dimana data tersebut mengungkapkan jika kemarau panjang akibat fenomena El Nino turut memperparah kualitas udara makassar [20].

Garis tren pada gambar 2 menunjukkan dengan jelas apabila konsentrasi karbon monoksida (CO) mengalami fluktuasi yang berbeda tiap tahunnya. Dimana fluktuasi terendah dan cenderung datar terjadi pada tahun 2020 dan 2021 yang sejalan dengan periode pandemi COVID-19 sehingga konsentrasi CO stabil [21]. Sedangkan pada tahun 2019 dan 2023 terjadi peningkatan yang hampir sama seiring berjalannya waktu yaitu sekitar 58,309  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada tahun 2019 dan 58,467  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada tahun 2023. Tahun 2022 fluktuasi yang terlihat menyatakan tingginya konsentrasi CO dibandingkan dengan tahun tahun sebelumnya akan tetapi mengalami penurunan disetiap bulannya sebesar 117,38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Peningkatan yang terjadi pada tahun 2022 sangat berbahaya untuk stabilitas iklim global, tingginya tren yang terjadi memiliki peluang 50% bahwa pemanasan suhu global rata – rata mencapai 1,5° C dalam waktu 9 tahun [22].



**Gambar 2.** Garis tren konsentrasi karbon monoksida (CO) pertahun

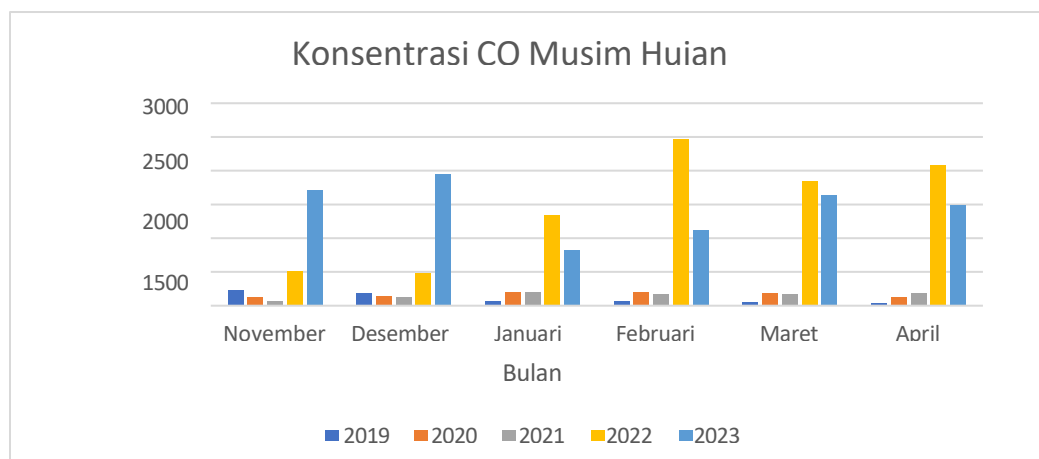
### 3.2 Analisis Tren Musiman pada Konsentrasi CO

Konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara dapat berubah-ubah tergantung pada musim. Kota Makassar memiliki dua musim utama, yaitu musim hujan dan musim kemarau, yang dapat memengaruhi penyebaran dan penumpukan gas CO. Melalui analisis tren musiman, penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kadar CO antara musim hujan dan musim kemarau, serta dampaknya terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat.

**Tabel 2.** Analisis Tren Konsentrasi CO pada Musim Hujan

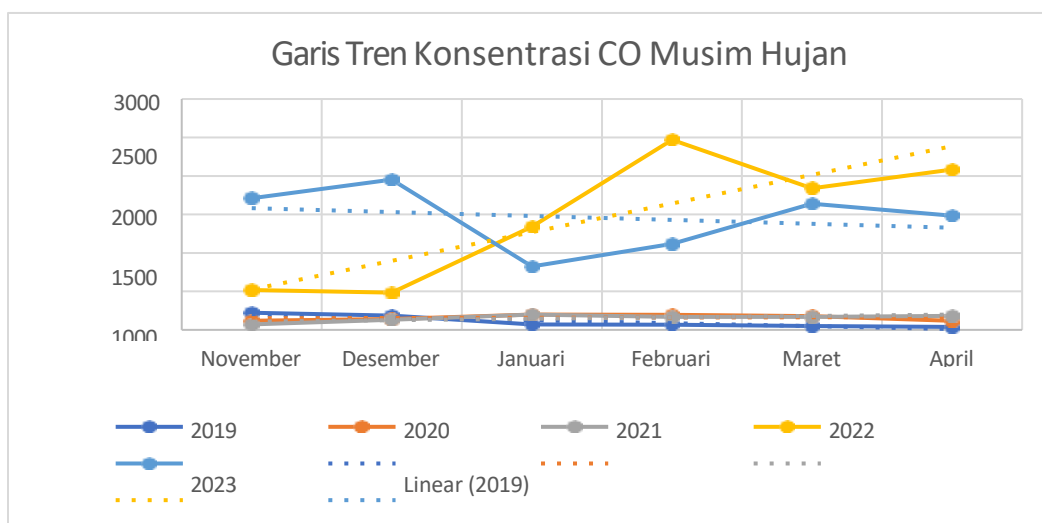
| TREN MUSIMAN (MUSIM HUJAN) |        |        |        |         |         |
|----------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Bulan                      | 2019   | 2020   | 2021   | 2022    | 2023    |
| November                   | 222,19 | 118,35 | 70,54  | 516,67  | 1709,56 |
| Desember                   | 185,22 | 142,03 | 129,90 | 483,48  | 1952,29 |
| Januari                    | 70,80  | 198,77 | 198,25 | 1340,67 | 823,96  |
| Februari                   | 66,89  | 196,75 | 168,78 | 2469,75 | 1118,58 |
| Maret                      | 48,90  | 177,38 | 169,41 | 1840,83 | 1638,12 |
| April                      | 38,09  | 118,93 | 180,35 | 2083,93 | 1482,80 |
| Mean                       | 105,34 | 158,70 | 152,87 | 1455,88 | 1454,21 |

Tabel 2 menunjukkan data konsentrasi CO pada tren musiman khususnya musim hujan di Kota Makassar mulai dari bulan November – April pada tahun 2019 hingga 2023. Berdasarkan data iklim dari BMKG, periode tersebut memang merupakan musim hujan di wilayah Sulawesi Selatan, termasuk Kota Makassar, dengan puncak curah hujan umumnya terjadi antara Desember hingga Februari [25]. Dari tabel tersebut dapat dilihat konsentrasi terendah terjadi pada tahun 2019 ( $105,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan konsentrasi tertinggi pada tahun 2022 ( $1455,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Penurunan konsentrasi yang terjadi pada tahun 2019 hampir sama dengan tahun 2020 dan 2021, hal ini kemungkinan besar disebabkan kurangnya mitigasi aktivitas transportasi dan industri selama masa pandemi COVID 19 [18]. Sementara peningkatan konsentrasi CO yang terjadi pada tahun 2022 dan 2023 tidak lain disebabkan karena normalisasi pasca pandemi COVID 19 dan kurangnya curah hujan [23].

**Gambar 3.** Konsentrasi karbon monoksida (CO) pada musim hujan



Pada tahun 2022 konsentrasi karbon monoksida dibulan februari mengalami peningkatan signifikan yang mencapai  $2469,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Peningkatan ini disebabkan kurangnya curah hujan dan tingginya aktivitas transportasi dan industri pasca pandemi COVID 19 sehingga peningkatan turbulensi atmosfer udara kurang stabil [23]. Berdasarkan data dari BMKG, wilayah Sulawesi Selatan termasuk Kota Makassar berada dalam periode musim hujan antara bulan November hingga April [25]. Namun, pada tahun 2022 tercatat adanya anomali iklim berupa penurunan curah hujan di beberapa wilayah, yang turut memengaruhi proses peluruhan polutan di udara. Fenomena serupa juga terjadi pada tahun 2023, di mana fluktuasi konsentrasi CO pada musim hujan masih tinggi, meskipun tidak melampaui nilai maksimum yang tercatat pada tahun 2022. Perubahan pola cuaca, termasuk kemungkinan terjadinya inversi suhu dan peningkatan kelembapan udara, turut berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi karbon monoksida selama musim hujan, karena kondisi tersebut menghambat pergerakan vertikal udara dan menyebabkan polutan terperangkap di lapisan bawah atmosfer.



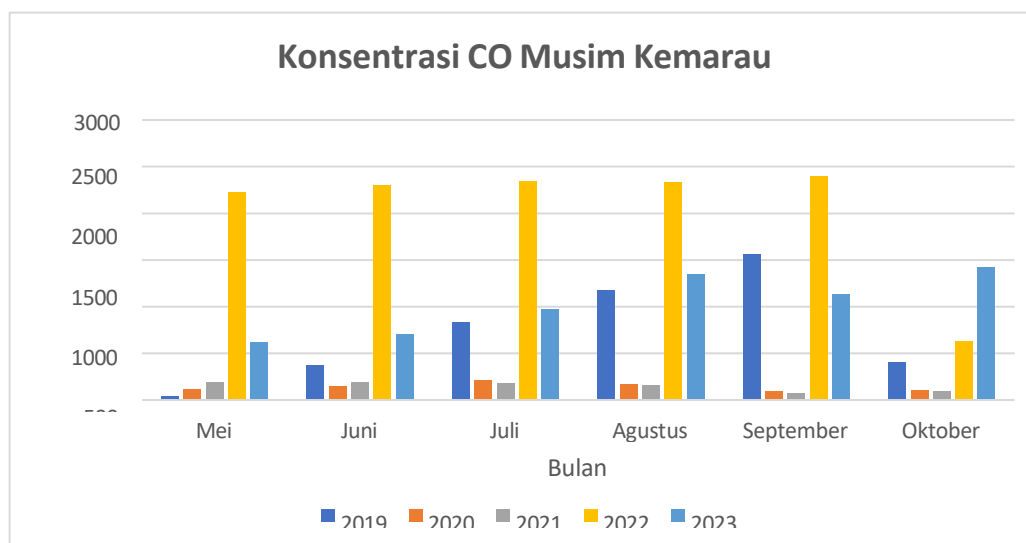
**Gambar 4.** Garis tren konsentrasi karbon monoksida pada musim hujan

Kecenderungan konsentrasi CO pada saat musim hujan menunjukkan secara signifikan bahwa curah hujan dan aktivitas masyarakat sekitar mempengaruhi kualitas udara. Fluktuasi yang sangat mencolok terlihat pada tren tahun 2022 yang menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi sebesar  $372,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  setiap bulannya dan 71 % variasi data dapat dijelaskan oleh model linier. Model linier ini hanya dapat diterapkan pada tahun 2019 dan 2022.

**Tabel 3.** Analisis Tren Konsentrasi CO pada Musim Kemarau

| TREN MUSIMAN (MUSIM KEMARAU) |         |        |        |         |         |
|------------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Bulan                        | 2019    | 2020   | 2021   | 2022    | 2023    |
| Mei                          | 38,87   | 112,38 | 186,83 | 2222,7  | 619,74  |
| Juni                         | 367,77  | 145,54 | 183,16 | 2292,77 | 697,90  |
| Juli                         | 826,51  | 212,00 | 176,19 | 2343,61 | 972,03  |
| Agustus                      | 1179,77 | 168,06 | 154,80 | 2327,00 | 1350,00 |
| September                    | 1563,45 | 94,61  | 73,87  | 2393,80 | 1126,51 |
| Oktober                      | 406,12  | 107,09 | 93,06  | 624,27  | 1422,77 |

Berdasarkan tabel 3 data konsentrasi CO pada musim kemarau di Kota Makassar pada tahun 2019 – 2023 dari bulan Mei hingga Oktober, konsentrasi CO cenderung lebih rendah terutama pada bulan Mei tahun 2019 hanya sebesar  $38,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan yang tertinggi tercatat pada bulan september 2022 yaitu sebesar  $2393,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Penurunan yang terjadi disebabkan karena perubahan pola cuaca, mobilitas yang terbatas dan kurangnya pengoperasian fasilitas industri akibat pandemi COVID 19 [12]. Sedangkan peningkatan yang terjadi pada tahun 2022 disebabkan oleh meningkatnya aktivitas masyarakat pasca pandemi [19].

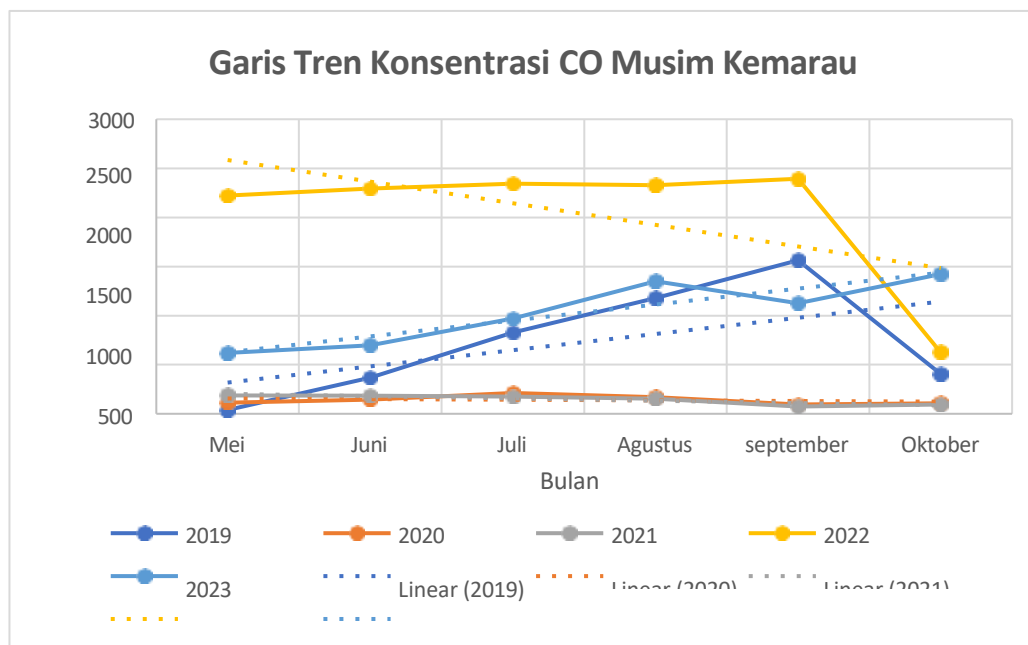
**Gambar 5.** Konsentrasi karbon monoksida (CO) pada musim kemarau

Konsentrasi CO pada gambar 5 menunjukkan fluktuasi yang beragam. Pada tahun 2022 sangat terlihat terjadi lonjakan yang signifikan dari tahun sebelumnya yang mana selain padatnya aktivitas masyarakat pasca pandemi, intensitas curah hujan yang kurang juga menyebabkan kurangnya pembuangan polutan sehingga memperpanjang keberadaannya diudara, peningkatan aktivitas industri juga menjadi salah satu penyebab tingginya emisi karbon monoksida diudara [23, 24]. Lonjakan serupa muncul pada bulan

Juli–September 2019, merupakan puncak musim kemarau di Makassar. Data dari BMKG dan iklim menunjukkan bahwa musim kemarau di Sulawesi Selatan, termasuk Kota Makassar berlangsung dari Mei hingga Oktober, dengan puncaknya pada bulan Agustus–September, serta Juli sudah memasuki fase awal kemarau [26, 27]. Kondisi ini juga disertai dengan suhu udara tinggi dan adanya 305 kasus kebakaran pada periode tersebut, sangat mungkin menyebabkan konsentrasi CO di atmosfer meningkat secara signifikan [12].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sartikasmawati Sinaga dkk pada tahun 2014, peningkatan konsentrasi karbon monoksida (CO) diudara disebabkan oleh jumlah transportasi dan faktor meteorologi seperti suhu udara yang memberikan dampak yang signifikan terhadap konsentrasi CO di udara. Musim kemarau yang berkepanjangan juga dapat meningkatkan resiko kebakaran hutan maupun lahan yang berkontribusi pada peningkatan CO diudara [12]. Pemantauan kualitas udara secara berkala selama musim kemarau sangat dianjurkan agar dapat diketahui langkah langkah mitigasi yang harus dilakukan untuk mengurangi emisi CO. kondisi atmosfer yang stabil dan minimnya curah hujan selama musim kemarau dapat menghambat dispersi polutan dan menyebabkan akumulasi di atmosfer.

Gambar 6 menunjukkan garis tren konsentrasi CO menggunakan pemodelan linier. Tren yang terlihat pada gambar 6 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi CO yang signifikan pada setiap tahun. Minimnya curah hujan, meningkatnya suhu udara dan tingginya jumlah penggunaan transportasi dan aktivitas industri menjadi hal utama dalam peningkatan konsentrasi CO di udara seperti yang terlihat pada tahun 2022 dan 2023 (fajar dan Munawar 2024). Pada beberapa tahun, pemodelan linier yang digunakan dalam garis tren ini kurang baik dalam menjelaskan variasi data misalnya pada tahun 2019, 2020, dan 2022. Akan tetapi pada tahun 2021 dan 2023 menunjukkan 79% dan 84% variasi data dapat dijelaskan menggunakan model ini.



**Gambar 6.** Garis tren konsentrasi karbon monoksida (CO) pada musim kemarau

#### 4. SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat fluktuasi yang signifikan dalam konsentrasi karbon monoksida (CO) di Kota Makassar selama periode 2019 hingga 2023. Secara rata-rata tahunan, terjadi peningkatan konsentrasi CO dari  $149,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada tahun 2020 menjadi  $1744,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada tahun 2022, yang berarti peningkatan sebesar 1068,68% dibandingkan tahun 2020. Sementara itu, pada tahun 2023, konsentrasi CO sedikit menurun menjadi  $1242,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , namun masih tergolong tinggi, yakni meningkat 732,2% dibandingkan tahun 2020. Sebaliknya, penurunan kadar CO terjadi pada tahun 2020 dan 2021, masing-masing mengalami penurunan dari tahun 2019 ke tahun 2020 sebesar 64.27% dan pada tahun 2021 hampir stagnan, hanya turun 0,37% dari tahun 2020. Peningkatan kadar CO yang signifikan pada tahun 2022 dan 2023 dapat dikaitkan dengan normalisasi aktivitas transportasi dan industri pasca pandemi COVID-19, sementara penurunan pada 2020–2021 bertepatan dengan masa pembatasan mobilitas akibat pandemi. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi Karbon Monoksida (CO) menunjukkan bahwa urbanisasi, jumlah kendaraan bermotor, dan perubahan pola cuaca berkontribusi signifikan terhadap perubahan kadar CO. Tingginya mobilitas di daerah perkotaan dan aktivitas industri berhubungan langsung dengan peningkatan konsentrasi CO. Konsentrasi CO yang tinggi berdampak negatif pada kualitas udara di Makassar, yang dapat memperburuk kondisi kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, langkah-langkah mitigasi perlu diambil untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kualitas udara.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terwujud berkat dukungan berbagai pihak yang tak ternilai. Apresiasi bantuan mendalam disampaikan kepada orang tua penulis atas kontribusi finansial yang diberikan. Kontribusi berharga Prof. Sri Suryani, DEA. selaku pembimbing, mengingat arahan beliau yang membantu kelancaran selama penelitian. Penulis juga menghaturkan ucapan terima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian berlangsung.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guo, L., Cheng, Z., & Tani, M. (2025). China Economic Review Air pollution and entrepreneurship. *China Economic Review*, 89 (February 2024), 102327. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2024.102327>.
- [2] Ngo, N. S., Zou, Z., Yang, Y., & Wei, E. (2024). The impact of urban form on the relationship between vehicle miles traveled and air pollution. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 28(August). <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101288>.
- [3] Sgobba, F., Sampaolo, A., Patimisco, P., Giglio, M., Menduni, G., Ranieri, A. C., Hoelzl, C., Rossmadl, H., Brehm, C., Mackowiak, V., Assante, D., Ranieri, E., & Spagnolo, V. (2022). Compact and portable quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy sensor for carbon monoxide environmental monitoring in urban areas. *Photoacoustics*, 25, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.pacs.2021.100318>.
- [4] Orina, F., Amukoye, E., Bowyer, C., Chakaya, J., Das, D., Devereux, G., Dobson, R., Dragosits, U., Gray, C., Kiplimo, R., Lesosky, M., Loh, M., Meme, H., Mortimer, K., Ndombi, A., Pearson, C., Price, H., Twigg, M., West, S., & Semple, S. (2024). Household carbon monoxide (CO) concentrations in a large African city: An unquantified public health burden? *Environmental Pollution*, 351(April), 124054. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124054>.
- [5] Kassa, B. D., Yigzaw, A. A., Kassie, Y. G., Kedimu, M. W., Mekuanint, Y. F., & Moges, N. (2023). Delayed neuropsychiatric sequelae due to long-term effects of carbon monoxide poisoning in Ethiopia: A case report. *Toxicology Reports*, 11(April), 36–39. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2023.06.009>.
- [6] Abidin, M. R., Umar, R., S. Tabbu, M. A., & Haris, H. (2023). Penyerapan Emisi Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Dalam Menganalisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Pada Kawasan Center Point Of Indonesia (CPI) Kota Makassar. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Geography*, 1(1), 18–25. <https://doi.org/10.61220/ijfag.v1i1.202303>.
- [7] Karppinen, T., Sundström, A. M., Lindqvist, H., Hatakka, J., & Tamminen, J. (2024). Satellite-based assessment of national carbon monoxide concentrations for air quality reporting in Finland. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 33, 101120. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101120>.
- [8] Suryani, Sri., Bannu., Tahir, D., & Heryanto. (2023). *Ilmu Lingkungan*. Makassar: Unhas Press.

- [9] Scafetta, N. (2024). by Google Frontiers of Geoscience “ Realistic ” global warming projection impacts and risks for the 21st century.
- [10] Zhang, L., Li, T., Wu, J., & Yang, H. (2023). Global estimates of gap-free and fine-scale CO<sub>2</sub> concentrations during 2014–2020 from satellite and reanalysis data. *Environment International*, 178(June). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108057>.
- [11] Wang, Y., & Li, G. K. (2025). The impact of co-adsorbed water on energy consumption and CO<sub>2</sub> productivity in direct air capture systems. *Separation and Purification Technology*, 354(P8), 129415. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.129415>.
- [12] Lu, T., Garcia, D. A., Garcia, A., & Liu, Y. (2023). Leveraging crowd-sourced environmental data to assess air pollution exposure disparity: A case of Los Angeles County. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 125(December), 103599. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103599>.
- [13] Manzueta, R., Kumar, P., Arino, A. H., & Gomez, C. M. (2024). Strategies to reduce air pollution emissions from urban residential buildings. *Science of The Total Environment*, 951(November), 175809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175809>.
- [14] Cahyo, H., Purnomo, S. D., Octisari, S. K., Surveyandini, M., Sundari, S., & Purwendah, E. K. (2023). Environment, Population, and Economy on CO<sub>2</sub> Emission in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(6), 295–303. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14938>.
- [15] Hewitt, C. N., Ashworth, K., & Rob, A. (2020). Menggunakan infrastruktur hijau untuk meningkatkan kualitas udara perkotaan ( *GI4AQ* ). 62–73.
- [16] Sari, E. G., & Sofwan, M. (2021). Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions Due to Motor Vehicle Movements in Pekanbaru City, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 6(4), 234–242. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2021.6.4.7692>.
- [17] Chen, J., Lin, P., Tang, P., Zhu, D., Ma, R., & Meng, J. (2024). Spatiotemporal heterogeneity of the association between short-term exposure to carbon monoxide and COVID-19 incidence: A multistage time-series study in the continental United States. *Heliyon*, 10(13). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33487>.
- [18] Li, D., & Lasenby, J. (2023b). Investigating impacts of COVID-19 on urban mobility and emissions. *Cities*, 135(February), 104246. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104246>.
- [19] Saligari, S., Nabukwangwa, W., Mwitari, J., Anderson de Cuevas, R., Clayton, S., Nyongesa, M., Puzzolo, E., Pope, D., & Nix, E. (2025). Whose pollution, whose problem? Understanding perceptions of air pollution and implications for clean cooking (for health) in Nairobi schools. *Health and Place*, 91(March 2024), 103398. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2024.103398>.
- [20] N. N. Kassa., (2023 September 7). Kualitas Udara Makassar Mulai Memburuk. *Sulawesi Bisnis*. <https://sulawesi.bisnis.com/read/20230907/539/1692690/kualitas-udara-makassar-mulai-memburuk>.
- [21] Sinaga, S., Sudarno., & Handayani, D, S. (2013). Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Pandanaran

- Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang. 1-8. <https://www.neliti.com/publications/144565/pengaruh-jumlah-kendaraan-dan-faktor-meteorologi>.
- [22] M. Jozwiak., (2022 November 18). Jumlah Emisi Karbon Tahun Ini Cetak Rekor Baru, Tugas Manusia Semakin Berat. *The Conversation*. <https://theconversation.com/jumlah-emisi-karbon-tahun-ini-cetak-rekor-baru-tugas-manusia-semakin-berat-194828>.
- [23] Fauzianto, F. S., & Ali, M. (2024). Analisis Komparatif Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Surabaya Pada Tahun 2023. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 3(2), 1–13. <https://doi.org/10.58192/ocean.v3i2.2085>.
- [24] Zhang, Z., Song, Y., Luo, P., Wu, P., Liu, X., & Wang, M. (2023). Elucidation of spatial disparities of factors that affect air pollutant concentrations in industrial regions at a continental level. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 117(February), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103221>.
- [25] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2023, 8 September). *Kapan musim hujan tiba? Ini prediksi lengkap BMKG*. Siaran Pers. Jakarta: BMKG. <https://www.bmkg.go.id>
- [26] Fathin, M. (2024). BMKG Prediksi Awal Musim Kemarau di Sulsel Mei 2024, Begini Peta Wilayahnya. *detikSulsel*. <https://www.detik.com/sulsel/berita/d-7840674/bmkg-prediksi-awal-musim-kemarau-di-sulsel-mei-2024>.
- [27] Idris, M. (2023). *BMKG: Musim Kemarau di Sulsel Dimulai Mei, Puncaknya Agustus–September*. *IDN Times Sulsel*. <https://sulsel.idntimes.com/news/sulawesi-selatan/bmkg-musim-kemarau-di-sulsel-dimulai-mei-puncaknya-agustus-september>.