

Kajian Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan Masyarakat akibat Gas Buangan CO Kendaraan Bermotor di Kawasan Universitas Gadjah Mada

Elsantika Meldacindya Nurmaya^{1*}, Sigit Heru Murti², Emilya Nurjani³

¹Magister Pengelolaan Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

³Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Penulis Korespondensi:

Email: elsantika@gmail.com

Info Artikel

Masuk: 4 Desember 2023

Revisi: 4 Juli 2024

Terbit: 28 Juli 2024

Keywords: DPSIR, Carbon Monoxide, Motor Vehicles, Air Pollution, Environmental Management Strategy

Kata kunci: DPSIR, Karbon Monoksida, Kendaraan Bermotor, Pencemaran Udara, Strategi Pengelolaan Lingkungan

Abstract

The Gadjah Mada University area is one of the leading educational centers in Indonesia which is a socio-economic center for the surrounding areas as well as a mobilization center for the academic community and the general public. The density of motorized vehicles can trigger environmental pollution, especially air pollution and the risk of public health problems. The aim of this research is to examine the concentration of Carbon Monoxide (CO) and its effect on air pollution in the UGM area, analyze the effect of CO on public health in the UGM area, and formulate air pollution control strategies. Determination of abiotic samples was carried out based on SNI 19-7119.9-2005 using a CO Meter, while for biotic and cultural aspects using the in-depth interview method. Next, an analysis was carried out using the DPSIR method to formulate an air pollution control strategy. The research results show that the average CO on Weekdays is 22 ppm and on holidays it is 17 ppm. This concentration is above the permitted quality standard (10 ppm). Based on the results of in-depth interviews, the influence of CO concentrations that are above quality standards can cause ARI, both mild and severe. Motor vehicle exhaust gas also triggers another disease, namely COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease). Control strategies that can be implemented are by testing motor vehicle emissions, regulating traffic during peak hours, limiting the number of cars/motorbikes entering the UGM area by implementing Vehicle Identity Card (KIK) signs, optimizing parking pockets, and suggest on the academic community to use public transportation provided by UGM.

Abstrak

Kawasan Universitas Gadjah Mada merupakan salah satu pusat pendidikan terkemuka di Indonesia yang menjadi sentra sosial ekonomi bagi sekitarnya serta pusat mobilisasi civitas akademika maupun masyarakat umum. Padatnya kendaraan bermotor dapat memicu pencemaran lingkungan terutama pencemaran udara dan risiko gangguan kesehatan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengkaji konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan

pengaruhnya terhadap pencemaran udara di kawasan UGM, menganalisis pengaruh CO terhadap kesehatan masyarakat di Kawasan UGM, serta merumuskan strategi pengendalian pencemaran udara. Penentuan sampel abiotik dilakukan berdasarkan SNI 19-7119.9-2005 menggunakan alat CO Meter, sedangkan pada aspek biotik dan kultural menggunakan metode in-depth interview. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode DPSIR untuk merumuskan strategi pengendalian pencemaran udara. Hasil penelitian menunjukkan rerata CO pada hari kerja sebesar 22 ppm dan hari libur sebesar 17 ppm. Konsentrasi tersebut berada di atas baku mutu yang diizinkan (10 ppm). Berdasarkan hasil in-depth interview, pengaruh konsentrasi CO yang berada di atas baku mutu dapat menyebabkan penyakit ISPA, baik ringan maupun berat. Gas buang kendaraan bermotor juga menjadi pemicu penyakit lain, yaitu PPOK (Penyakit paru Obstruktif Kronis). Strategi pengendalian yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengujian emisi kendaraan bermotor, mengatur lalu lintas saat jam sibuk, melakukan pembatasan jumlah kendaraan mobil/motor yang masuk Kawasan UGM dengan memberlakukan tanda Kartu Identitas Kendaraan (KIK), optimalisasi kantong parkir, serta menghimbau civitas akademika untuk menggunakan transportasi umum yang sudah disediakan oleh UGM.

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor memiliki banyak kelebihan dan dapat menjawab banyak kebutuhan masyarakat. Namun, kendaraan bermotor juga memiliki dampak buruk bagi lingkungan, salah satunya yaitu pencemaran udara (Somantri, 2014) dan gangguan kebisingan. Akhir-akhir ini, pencemaran udara menjadi salah satu masalah yang biasa terjadi di kota-kota besar. Pencemaran udara dapat terjadi akibat melonjaknya kepadatan lalu lintas di kota-kota besar di Indonesia, termasuk di Yogyakarta.

Kawasan Universitas Gadjah Mada (UGM) menjadi salah satu sumber pencemaran udara yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dan juga sumber polusi udara dari kebisingan lalu lintas. Kondisi ini tidak terlepas dari padatnya penduduk yang tinggal di sekitar kawasan UGM. Berdasarkan data BPS Kabupaten Sleman (2022), di kecamatan Depok tempat Kawasan UGM berada, pada tahun 2020 terdapat sebanyak 131.005 jiwa dan tahun 2021 sebanyak 131.242 jiwa. Adapun jumlah kendaraan bermotor di kecamatan Depok mencapai 60.550 unit pada tahun 2022 (Nurmaya, et al., 2023).

Sektor transportasi merupakan sumber utama dari pencemaran udara di pusat perkotaan. Emisi kendaraan bermotor menyumbangkan sekitar 70% penyebab polusi udara, dengan hampir 100% karbon monoksida (CO), 100% timbal (Pb), 70-89% hidrokarbon (HC), serta 34-73% nitrogen oksida (NO_x) ke udara. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, keempat zat pencemar tersebut merupakan parameter pencemaran udara yang didasarkan pada

baku mutu udara ambien. Bahan pencemar yang terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor juga dapat berupa sulfur (SO_x) (Haruna et al., 2019).

Karbon Monoksida (CO) merupakan suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau maupun berasa yang timbul akibat pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon. Umumnya, emisi CO meningkat saat terjadi kemacetan di jalan. Selain dari kendaraan bermotor, CO juga dihasilkan dari pesawat terbang, kereta api, pembakaran bahan bakar, pembakaran kayu, pembakaran sampah, dan juga aktivitas industri (Buanawati et al., 2017). Umumnya kadar CO maksimum ditemukan pada saat jam-jam sibuk di pagi dan malam hari. Variasi kadar CO dipengaruhi oleh cuaca, topografi jalan, dan bangunan disekitarnya (Pratiwi & Zaenab, 2020). Kendaraan bermotor menjadi salah satu penyumbang pencemaran udara akibat gas buangnya. Gas buang kendaraan bermotor yang paling banyak dihasilkan adalah Karbon Monoksida (CO), yaitu sebesar 71% (Wardhana, 2004).

Regulasi yang mengatur baku mutu udara ambien nasional yaitu Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pencemaran Udara, sedangkan baku mutu udara yang digunakan pada penelitian ini yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Lampiran VII dengan rincian waktu pengukuran 1 jam memiliki baku mutu 10 ppm sedangkan waktu pengukuran 8 jam memiliki baku mutu 4 ppm.

Pada penelitian ini, kerangka analisis pendekatan DPSIR (*Driving Pressure State Impact Response*) digunakan sebagai metode pendekatan untuk merumuskan strategi pengendalian lingkungan akibat pencemaran udara. Model DPSIR digunakan untuk menemukan hubungan sebab-akibat antara sistem lingkungan dan sistem manusia. Metode ini dapat memberikan pemahaman akan suatu sistem secara menyeluruh dan membantu dalam fasilitasi proses intervensi dan penyusunan kebijakan. Saat ini DPSIR sangat diterima oleh kalangan *stakeholders* di bidang lingkungan. Hal tersebut dikarenakan DPSIR mempunyai tingkat fleksibilitas yang tinggi jika ditinjau dari metodologi ilmiah. DPSIR diketahui telah dapat diterapkan untuk menganalisis hubungan sebab akibat dan/atau interaksi komponen lingkungan fisik, kimia, biologi, sosial, ekonomi, budaya, dan kesehatan yang kompleks (Hendriarianti et al., 2022). Implementasi sederhana analisis DPSIR ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Implementasi Sederhana Analisis DPSIR
(Sumber: Hendriarianti et al., 2022)

Pencemaran udara yang terjadi memang tidak dapat dihindari terutama jika dilihat dari kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor sebagai salah satu sarana mobilitas. Akan tetapi, tingkat pencemaran tersebut dapat dikendalikan dengan menekankan kepada pengaturan penggunaan kendaraan bermotor. Bertambahnya penduduk di Kabupaten Sleman juga berpengaruh terhadap peningkatan jumlah kendaraan bermotor, khususnya kendaraan pribadi. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu suatu kajian yang dapat menjelaskan berapa tingkat pencemaran udara yang terjadi di sekitar Kawasan UGM yang disebabkan oleh banyaknya mobilitas kendaraan bermotor dan juga bagaimana pengaruh tingkat pencemaran udara tersebut kepada kesehatan masyarakat terutama yang tinggal di sekitar kawasan UGM

METODE PENELITIAN

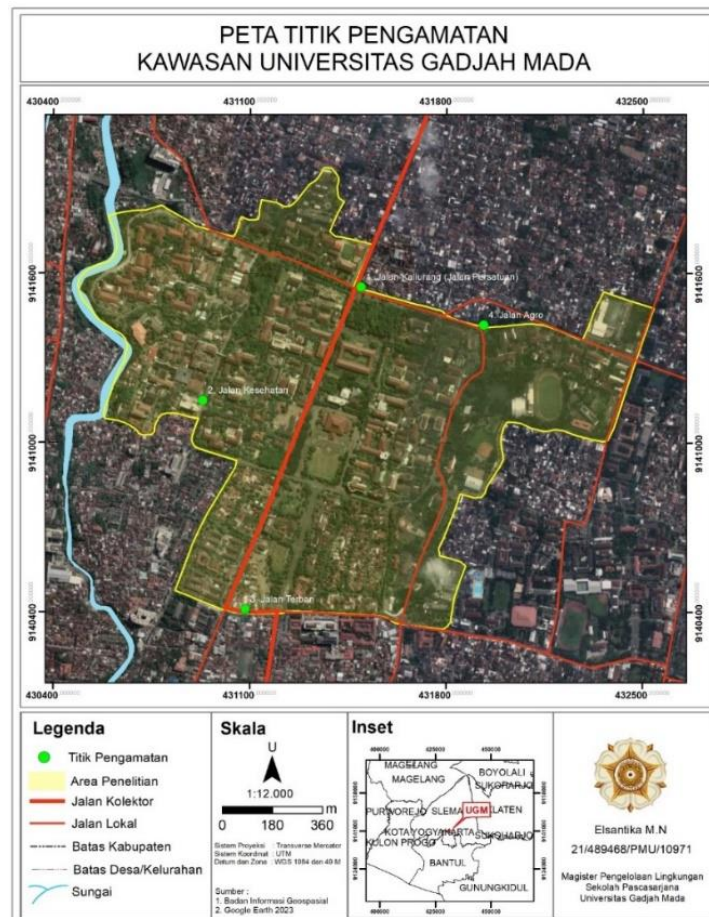
A. Material dan Instrumen

Data dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan. Adapun data sekunder dikumpulkan untuk menyelesaikan masalah selain masalah yang sedang dihadapi. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) abiotik, meliputi arah dan kecepatan angin, suhu, konsentrasi CO; (2) biotik, meliputi pedagang kaki lima, tukang parkir/satpam, tukang permak jeans, penduduk/masyarakat sekitar, mahasiswa/dosen/tenaga pendidik, dan dokter. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) abiotik, meliputi kondisi geografis, batas wilayah, panjang jalan, luas kawasan, rekaman CCTV jumlah kendaraan bermotor selama 24 jam; (2) biotik, meliputi persebaran tanaman pohon di sekitar

kawasan UGM; (3) kultur, meliputi jumlah dan data mahasiswa/dosen/tenaga pendidik, pedagang kaki lima, tukang permak jeans. Kemudian, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) CO meter, (2) GPS (*Global Positioning System*), (3) *Count meter*, (4) kamera, (5) kuesioner, (6) anemometer, dan (7) meteran.

B. Metode Pengukuran kualitas udara

Kawasan Universitas Gadjah Mada terletak di Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengukuran kualitas udara dilakukan pada 4 titik pengukuran yang disajikan dalam bentuk peta pada Gambar 2. Penempatan titik pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan pada pertimbangan untuk mencapai tujuan penelitian. Mengacu pada SNI Nomor 19-7119.9-2005, pengukuran kualitas udara dilakukan pada jarak 1 meter dari pinggir jalan dan pada ketinggian 1,5 meter dari permukaan jalan.



Gambar 2. Peta Titik Pengukuran di Kawasan UGM

Waktu penelitian dilakukan pada perwakilan hari kerja (*Weekdays*) dan akhir pekan (*Weekend*) yang ditentukan dengan hari puncak dari pengumpulan data kendaraan

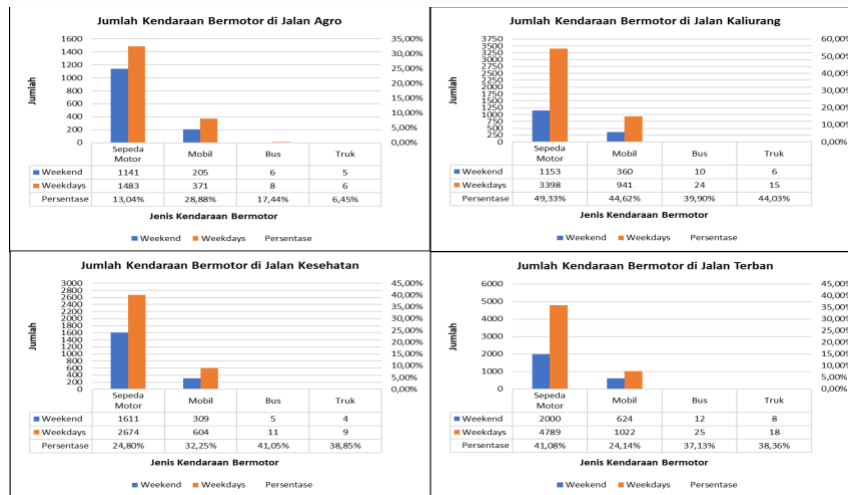
bermotor tertinggi yang melewati Kawasan UGM. Pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali (triplo), sehingga dapat diperoleh data yang digunakan untuk menganalisa kesehatan masyarakat akibat pencemaran udara dari gas buangan CO dan penyusunan strategi pengendalian pencemaran udara.

Selain itu, pada penelitian ini dilakukan modifikasi waktu pengukuran berdasarkan data sekunder pra-penelitian terkait jumlah kendaraan bermotor yang melewati ruas Jalan Kaliurang. Berdasarkan hasil pra lapangan pemantauan lalu lintas kendaraan di kawasan UGM, pemilihan waktu pengukuran dilakukan pada pagi (07.00 – 08.00), siang (11.00 – 12.00), sore (16.00 – 17.00), dan malam (20.00 – 21.00). Pengambilan sampel pada 4 (empat) waktu pengukuran tersebut bertujuan untuk mengestimasi nilai konsentrasi CO pada saat jam puncak volume lalu lintas kendaraan bermotor, sehingga dapat diketahui perbandingan nilai konsentrasi CO pada setiap waktu pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aktivitas Kendaraan Bermotor di Kawasan Universitas Gadjah Mada

Grafik perbandingan jumlah kendaraan pada akhir pekan dan hari kerja di Kawasan UGM dapat dilihat pada Gambar 3.



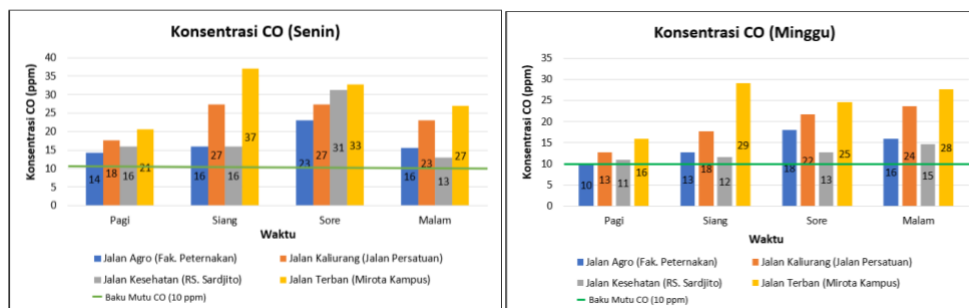
Gambar 3. Perbandingan Jumlah Kendaraan di Kawasan Universitas Gadjah Mada

Pada titik pengukuran pertama, yaitu di Jalan Agro, persentase jumlah sepeda motor 13,04%, mobil 28,8%, bus 17,44%, dan truk 6,45%. Kemudian persentase di Jalan Kaliurang, yaitu sepeda motor 49,33%; mobil 44,62%; bus 39,90%, dan truk 44,03%. Rincian persentase kendaraan di Jalan Kesehatan, yaitu sepeda motor 24,80%, mobil

32,35%, bus 41,05%, dan truk 38,85%. Lalu pada titik pengukuran keempat, yaitu di Jalan Terban, persentase sepeda motor 41,08%, mobil 24,14%, bus 37,13%, dan truk 38,36%.

B. Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Kawasan Universitas Gadjah Mada

Berdasarkan data pengamatan yang telah diperoleh, waktu pengukuran dapat mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi CO, seperti yang yang dapat dilihat pada Gambar 4. Rerata konsentrasi CO pada pagi hari saat hari kerja cenderung lebih tinggi dibanding pada akhir pekan. Kondisi ini disebabkan aktivitas pagi hari yang didominasi oleh kegiatan perkuliahan civitas akademika dan jam berangkat kerja masyarakat umum, dengan angka konsentrasi CO sebesar 17 ppm. Konsentrasi CO maksimum di Kawasan Universitas Gadjah Mada sebesar 37 ppm dan konsentrasi CO minimum sebesar 10 ppm. Hal ini sejalan dengan penelitian Latifa (2019) yang menyatakan bahwa CO memiliki waktu tinggal 2 – 4 bulan di atmosfer.



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi CO dan Waktu Pengukuran pada *Weekdays* dan *Weekend*

Rerata konsentrasi CO pengukuran per hari (8 jam) di Kawasan Universitas Gadjah Mada pada *Weekdays* (Senin) dan *Weekend* (Minggu) berturut-turut 22 ppm dan 17 ppm (Tabel 1). Rerata konsentrasi CO pada hari Senin dan Minggu melebihi batas baku mutu menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (10 ppm). Konsentrasi CO di Kawasan Universitas Gadjah Mada melebihi baku mutu dikarenakan pada minggu pertama pengukuran bertepatan dengan Seleksi Nasional Berdasarkan Tes (SNBT) 2023, sehingga terjadi kenaikan jumlah kendaraan bermotor yang berdampak pada naiknya konsentrasi CO di area penelitian.

Konsentrasi CO di Jalan Agro cenderung rendah dibandingkan titik pengamatan yang lain pada perwakilan hari kerja (Senin) maupun akhir pekan (Minggu). Hal ini dikarenakan jalan tersebut bukan merupakan jalan utama untuk mobilitas civitas akademika maupun masyarakat umum. Konsentrasi CO pada Jalan Agro memiliki nilai

minimal sebesar 10 ppm dan nilai maksimal sebesar 23 ppm, sedangkan konsentrasi CO paling tinggi terjadi pada hari kerja (Senin) pada siang hari sebesar 37 ppm.

Tabel 1. Konsentrasi Karbon Monoksida Pada Masing-Masing Titik Pengukuran

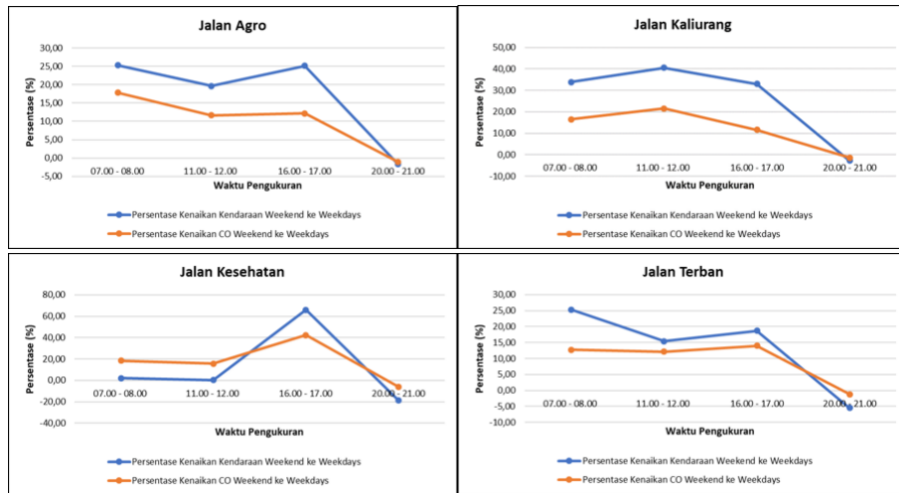
| Titik ke- | Lokasi | Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) (ppm) | | | | | | | | Baku Mutu (ppm) |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | Weekdays (Senin) | | | | Weekend (Minggu) | | | | |
| | | Pagi | Siang | Sore | Malam | Pagi | Siang | Sore | Malam | |
| 1 | Jalan Agro (Fakultas Peternakan) | 14 | 16 | 23 | 16 | 10 | 13 | 18 | 16 | 10 |
| 2 | Jalan Kaliurang (Jalan Persatuan) | 18 | 27 | 27 | 23 | 13 | 18 | 22 | 24 | |
| 3 | Jalan Kesehatan (RS Sardjito) | 16 | 16 | 31 | 13 | 11 | 12 | 13 | 15 | |
| 4 | Jalan Terban (Mirota Kampus) | 21 | 37 | 33 | 27 | 16 | 29 | 25 | 28 | |
| Rerata per Waktu Pengukuran | | 17** | 24** | 29** | 20** | 12** | 18** | 19** | 21** | |
| Max | | 21 | 37 | 33 | 27 | 16 | 29 | 25 | 28 | |
| Min | | 14 | 16 | 23 | 13 | 10 | 12 | 13 | 15 | |
| Rerata Per Hari (8 jam) | | 22 | | | | 17 | | | | |

**Melebihi Baku Muru menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Konsentrasi CO pada hari kerja (*Weekdays*) hampir sama rata dari siang hingga malam hari. Hal ini dikarenakan siang hari merupakan jam istirahat makan siang, sore hari merupakan jam padat pulang kerja, dan malam hari merupakan jam operasional Pedagang Kaki Lima (PKL) di sekitar Kawasan Universitas Gadjah Mada. Adapun konsentrasi CO pada akhir pekan (*Weekend*) puncaknya berada pada sore hari. Hal ini disebabkan karena arus balik setelah menjalani libur akhir pekan yang ditandai dengan padatnya kendaraan bermotor pada waktu tersebut.

C. Hubungan Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi Karbon Monoksida

Widayani (2004) menyatakan bahwa 63,8% sumber pencemar berasal dari transportasi dan CO merupakan bahan pencemar terbesar yang dihasilkan kendaraan bermotor. Saat jumlah kendaraan tinggi, nilai CO tinggi. Hal ini terjadi pada hari kerja dan akhir pekan. Berdasarkan hasil pengamatan (Gambar 5), nilai paling tinggi berada pada titik pengukuran 4, yaitu Jalan Terban. Sesuai penjelasan sebelumnya, Jalan Terban memiliki arus lalu lintas paling padat jika dibandingkan titik pengukuran lainnya.



Gambar 5. Persentase Jumlah Kendaraan terhadap Karbon Monoksida di Kawasan Universitas Gadjah Mada

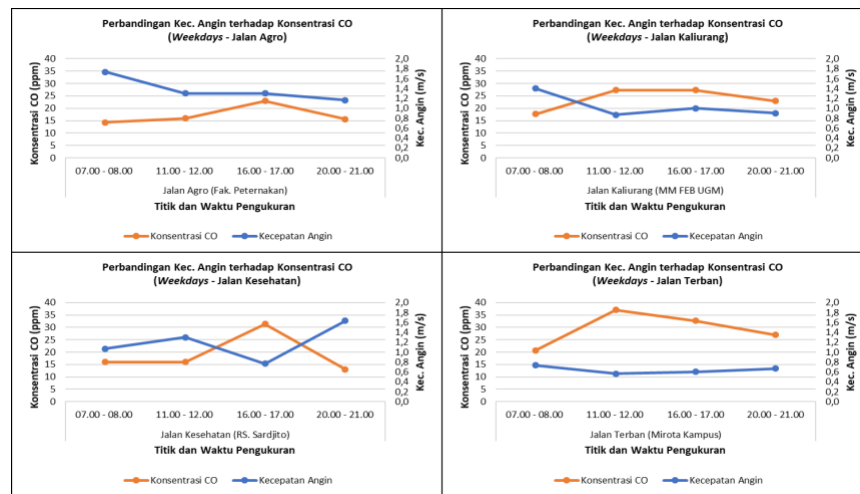
Berdasarkan Gambar 5, terdapat kecenderungan konsentrasi CO meningkat seiring pertambahan jumlah kendaraan. Penelitian Wirosoedarmo et al. (2020) dan Hazizah (2017) menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara nilai CO dengan jumlah kendaraan. Pada penelitian ini terdapat hasil perbandingan yang bernilai negatif yang disebut juga sebagai penurunan persentase pengukuran *Weekend* ke *Weekdays*. Hal tersebut terjadi pada waktu pengukuran malam hari (20.00 – 21.00). Penurunan persentase dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor yang lebih tinggi pada malam hari saat akhir pekan.

Persentase tertinggi jumlah kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO di Kawasan UGM bervariasi pada masing-masing titik pengukuran. Persentase ini berbeda dengan jumlah kendaraan yang telah dibahas sebelumnya. Perhitungan persentase dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada akhir pekan ke hari kerja. Pada Jalan Agro, persentase tertinggi terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00, Jalan Kaliurang pada pukul 11.00 – 12.00, Jalan Kesehatan pada pukul 16.00 – 17.00, sedangkan Jalan Terban pada pukul 07.00 – 08.00. Kenaikan jumlah kendaraan pada akhir pekan ke hari kerja dipengaruhi oleh banyak hal, seperti adanya aturan jam besuk pasien di Rumah Sakit Sardjito, aktivitas akhir pekan masyarakat seperti *jogging* di pagi atau sore hari, adanya pedagang kaki lima di sepanjang Jalan Kaliurang saat malam hari, serta aktivitas awal pekan yang didominasi oleh civitas akademika maupun masyarakat sekitar kawasan studi.

Adanya kepadatan kendaraan pada jam sibuk menyebabkan terjadinya kemacetan lalu lintas yang merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran udara (Sasmita et al., 2022). Besarnya gas buang dihasilkan dari kendaraan bermotor bergantung pada kecepatan kendaraan, jenis kendaraan, volume lalu lintas, kualitas jalan dan perkerasan, dan persimpangan (Meneguzzet et al., 2017). Volume dan kecepatan rata-rata kendaraan memberikan pengaruh terhadap emisi yang dihasilkan (Jung et al., 2017). Kecepatan kendaraan yang semakin tinggi saat kendaraan tersebut dioperasikan, menghasilkan jumlah CO yang semakin kecil. Begitupun sebaliknya, bila kecepatan kendaraan rendah, maka konsentrasi CO akan semakin tinggi (Muziansyah, 2015; Octradha et al., 2017).

D. Hubungan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi Karbon Monoksida

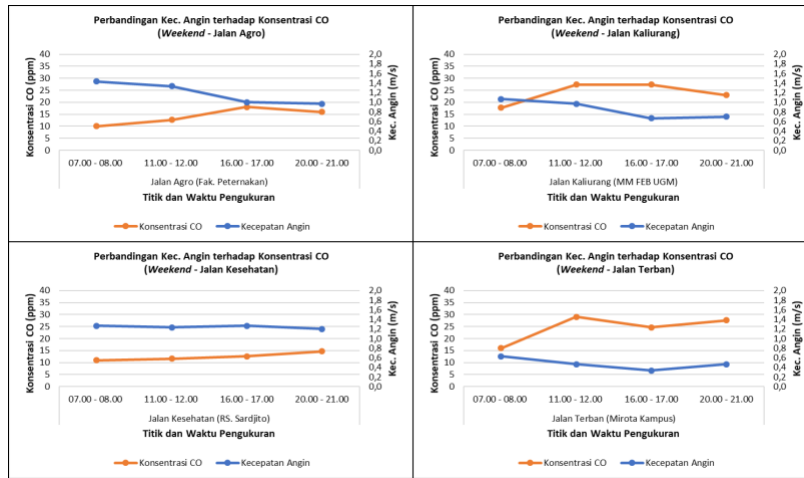
Dapat diketahui bahwa pada *Weekdays* (Senin) dan *Weekend* (Minggu) hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi CO (Gambar 6 dan Gambar 7) menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori. Hal ini dapat terjadi karena sampling udara dilakukan pada kondisi cuaca yang cerah dengan bantuan alat yang memadai.



Gambar 6. Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Konsentrasi CO Pada *Weekdays*

Faktor meteorologi sangat penting dalam memperkirakan dan menilai dampak polusi terhadap kualitas udara dan iklim. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara, yaitu arah dan kecepatan angin serta kelembaban dan suhu udara (Yulianti et al., 2013). Salah satu faktor iklim atau faktor meteorologis yang dapat mempengaruhi konsentrasi CO di udara adalah kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin tinggi pula pendispersian polutan pencemaran udara sehingga konsentrasi pencemar akan semakin kecil. Sebaliknya, rendahnya kecepatan angin menyebabkan

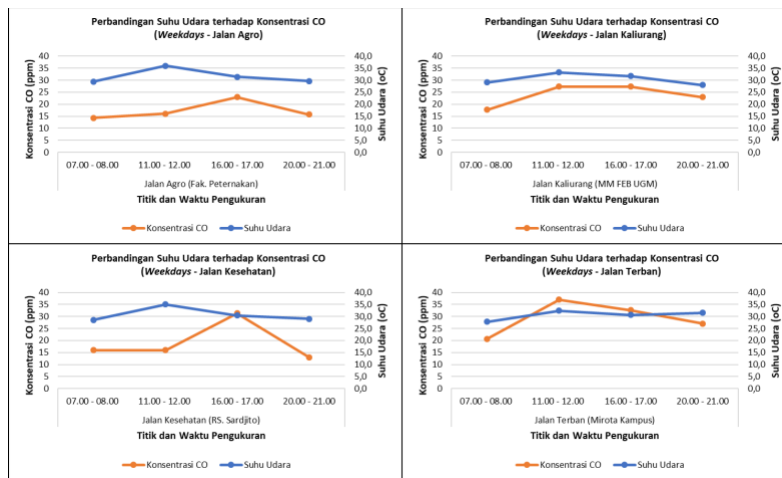
pendispersian polutan pencemaran udara rendah, sehingga mengakibatkan konsentrasi pencemar di udara semakin tinggi (Sutiawan, 2016; Wirosodarmo et al., 2020).



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Konsentrasi CO Pada *Weekend*

E. Hubungan Suhu Udara dengan Konsentrasi Karbon Monoksida

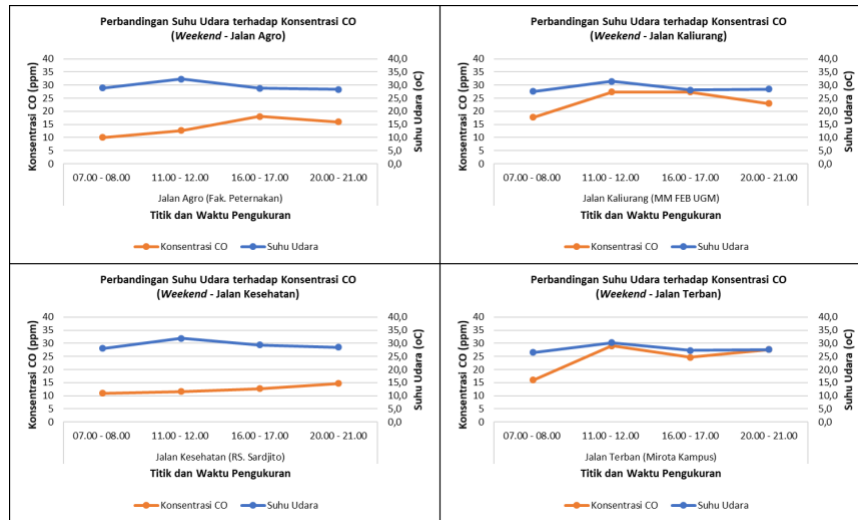
Selain kecepatan angin, konsentrasi CO juga dipengaruhi oleh suhu udara. Suhu udara berbanding terbalik dengan konsentrasi pencemar. Gambar 8 dan 9 menunjukkan grafik hubungan Suhu Udara terhadap Konsentrasi CO pada weekdays dan weekends di lokasi penelitian.



Gambar 8. Grafik Hubungan Suhu Udara terhadap Konsentrasi CO pada *Weekdays*

Semakin tinggi suhu udara, semakin rendah jumlah konsentrasi CO yang terbentuk (Sinaga et al., 2013). Hal ini disebabkan suhu udara tinggi membuat densitas udara di permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada udara di atasnya, sehingga terjadi aliran

konveksi ke atas yang membawa berbagai polutan dan menyebabkan konsentrasi polutan menjadi lebih rendah (Tobing & Istirokhatun, 2013).



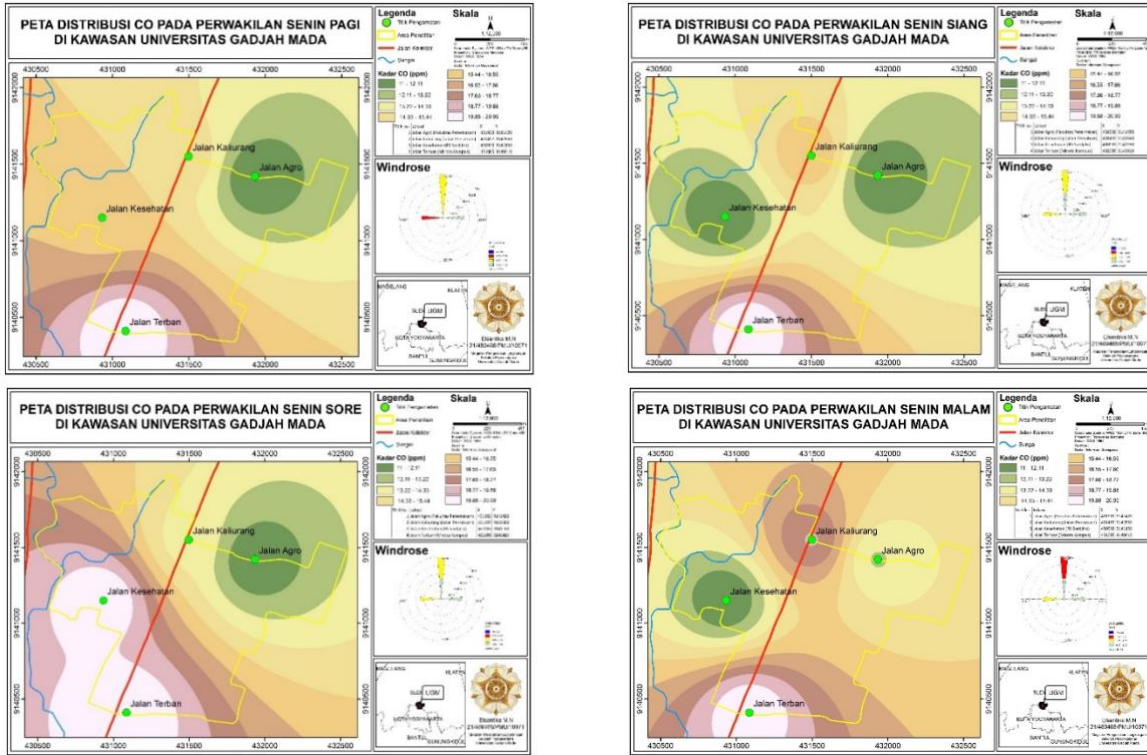
Gambar 9. Grafik Hubungan Suhu Udara terhadap Konsentrasi CO pada *Weekend*

Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi CO cenderung tinggi saat suhu rendah. Suhu yang rendah akan menyebabkan kelembaban di daerah tersebut tinggi. Konsentrasi CO tetap bisa memiliki nilai yang tinggi meskipun nilai suhu cenderung lebih rendah. Hal ini dapat karena pengaruh suhu terhadap konsentrasi CO yang tidak terlalu signifikan (Sutiawan, 2016). Konsentrasi CO dipengaruhi oleh variabel lain yang juga diukur dalam penelitian ini seperti jumlah kendaraan bermotor dan kecepatan angin.

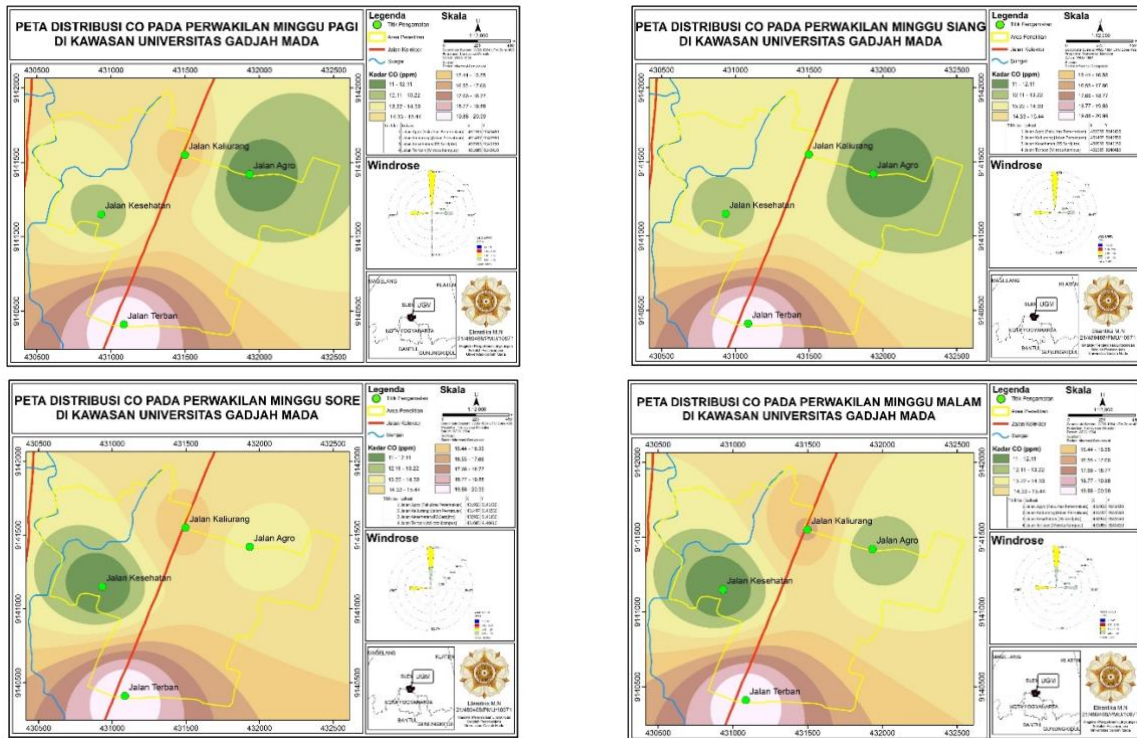
Kadar gas CO yang berada di udara berkorelasi positif dengan kepadatan lalu lintas (Akhadi, 2009). Pada kondisi normal ketika tidak ada faktor antropogenik (aktivitas manusia), suhu udara menunjukkan hubungan yang cenderung konsisten berbanding lurus terhadap konsentrasi gas CO. Namun ketika terdapat faktor antropogenik, maka hubungan antara suhu udara terhadap gas CO menjadi tidak konsisten. Rata-rata suhu udara di Kawasan Universitas Gadjah mada pada hari kerja dan akhir pekan sebesar 30,9°C dan 29°C. Nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata suhu udara di Kabupaten Sleman pada tahun 2021, yaitu 27,9°C.

F. Analisis Spasial Pencemaran Udara di Kawasan Universitas Gadjah Mada

Analisis spasial pencemaran udara di Kawasan Universitas Gadjah Mada terbagi menjadi 2, yaitu *Weekdays* (Senin) dan *Weekend* (Minggu) yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Peta Distribusi CO Pada Weekdays (Senin) di Kawasan Universitas Gadjah Mada (Sumber: Pengolahan Data, 2023)



Gambar 11. Peta Distribusi CO Pada Weekend (Minggu) di Kawasan Universitas Gadjah Mada (Sumber: Pengolahan Data, 2023)

G. Analisis Pengaruh Karbon Monoksida (CO) terhadap Kesehatan Masyarakat

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan mengenai konsentrasi CO, diperoleh hasil sebesar 22 ppm pada hari kerja dan 17 ppm pada akhir pekan. Nilai tersebut berada di atas ambang baku mutu yang ditetapkan. Hasil pengukuran konsentrasi CO berkaitan dengan lalu lintas kendaraan bermotor di Kawasan UGM. Mengacu hasil tersebut, peneliti melakukan wawancara mendalam (*indepth interview*) dengan masyarakat yang terdampak langsung, yaitu penjual jasa permax jeans dan pedagang kaki lima yang telah bekerja lebih dari 5 tahun (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil wawancara dengan narasumber (13 Juni 2023)

| No | Narasumber | Jawaban |
|----|---------------------------|---|
| 1 | Pedagang kaki lima | "Udara di sekitar UGM terasa panas dan terasa sekali polusinya, ditambah lagi karena tempat saya bekerja berada di pinggir jalan. Terkait pernafasan, sejauh ini saya tidak terlalu bermasalah karena sering menggunakan masker". |
| 2 | Penjual jasa permax jeans | "Udara disini cukup panas, kondisinya juga gerah jadi sering merasa tidak nyaman dan beberapa kali saya merasakan batuk" |

Bila dilihat dari segi pengetahuan lingkungan hidup yang ditentukan berdasarkan pro kontra kebijakan *Sunday Morning (Sunmor)* yang dilaksanakan setiap hari minggu, baik narasumber PKL maupun permax jeans menyatakan pendapat yang setuju atau pro dengan diberlakukannya kembali *Sunmor* di Kawasan UGM. Semenjak adanya pandemi Covid-19, *Sunmor* di Kawasan UGM dipindahkan ke Kawasan Stadion Maguwoharjo yang letaknya cukup jauh dari pusat kota. Hal ini menjadi perhatian serius terutama bagi masyarakat yang mencari nafkah di sekitar kampus UGM. Adanya *Sunmor* membawa banyak dampak positif, seperti semakin ramainya pembeli barang atau jasa dagangan, sehingga pendapatan mereka meningkat. Para narasumber juga berharap bila *Sunmor* dikembalikan ke Kawasan UGM sebaiknya diberlakukan *Car Free Day (CFD)* di sepanjang area *Sunmor*.

H. Dampak Tingkat Konsentrasi CO terhadap Lingkungan sekitar Kawasan Universitas Gadjah Mada

Berkaitan dengan kondisi udara di Kawasan UGM yang dipengaruhi oleh gas buang CO dari kendaraan bermotor, dilakukan juga wawancara dengan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman (Kepala Bidang Pengendalian Lingkungan Hidup), Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta (Pelaksana Pemantauan Kualitas Udara), dan Pusat Keamanan Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (P4KL) UGM (Kepala Subbidang Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan). Narasumber *indepth interview*

dari DLH Sleman dipilih karena UGM merupakan bagian administrasi Kabupaten Sleman. Kemudian DLH Kota Yogyakarta dipilih karena berbatasan langsung dengan Kawasan UGM, serta wawancara juga dilakukan dengan pihak birokrasi UGM mengingat penelitian dilakukan di Kawasan UGM, sehingga diharapkan dapat menghasilkan arah kebijakan dan strategi yang representatif dan komprehensif.

Berdasarkan hasil interview (Tabel 2) dengan para pakar dari pemerintah daerah yang diwakilkan oleh Dinas Lingkungan Hidup, baik DLH Kabupaten Sleman maupun DLH Kota Yogyakarta, disepakati bahwa kualitas lingkungan di kawasan pendidikan seharusnya memiliki kualitas yang baik. Pernyataan-pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat dari pihak UGM itu sendiri. Menurut Kepala Subbidang Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (PK4L), Kawasan UGM memang sudah dilengkapi dengan beberapa Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dapat membantu mereduksi polusi udara.

Tabel 2. Hasil wawancara dengan narasumber (13-15 Juni 2023)

| No | Narasumber | Jawaban |
|----|----------------------|--|
| 1 | DLH Kabupaten Sleman | <i>“Kalau di lingkungan pendidikan dan dalam hal ini di Kawasan UGM, penataan lahannya sudah bagus namun untuk sektor transportasinya masih perlu pengkajian ulang. Akibat banyaknya civitas akademika dan masyarakat umum yang menggunakan kendaraan pribadi, sehingga berdampak pada kualitas udara di sana yang terasa cukup panas”</i> |
| 2 | DLH Kota Yogyakarta | <i>“Sebagai orang awam yang kebetulan alumni UGM, udara panas akibat kendaraan bermotor memang cukup mengganggu. Hal tersebut juga bisa berdampak saat sedang melakukan kegiatan luar ruangan, misalnya praktikum. Suasana belajar jadi tidak kondusif dan ingin cepat-cepat mencari tempat yang lebih sejuk dan nyaman”</i> |
| 3 | P4KL UGM | <i>“Sebetulnya UGM sudah menyediakan beberapa transportasi umum untuk menunjang mobilitas penggunanya. Transportasi yang disediakan seperti mobil listrik, motor listrik, sepeda, dan bus UGM. Namun, yang masih menjadi kendala yaitu fasilitas pemberhentian (halte) yang belum mencakup semua fakultas sehingga membuat enggan civitas untuk menaiki transportasi umum yang lebih ramah lingkungan”</i> |

Namun, maraknya penggunaan kendaraan bermotor terlebih kendaraan pribadi tidak dapat dipungkiri karena diikuti dengan jumlah civitas akademika dan jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya. Gedung UGM yang dipisahkan oleh Jalan Kaliurang (Jalan Persatuan) menjadi sisi barat dan sisi timur menjadi salah satu faktor tingginya penggunaan kendaraan bermotor. Hal ini juga dipengaruhi oleh masih minimnya fasilitas transportasi umum yang disediakan oleh UGM ataupun oleh pemerintah daerah Kabupaten Sleman.

I. Pengaruh Tingkat Konsentrasi CO terhadap Kesehatan Masyarakat di Kawasan Universitas Gadjah Mada

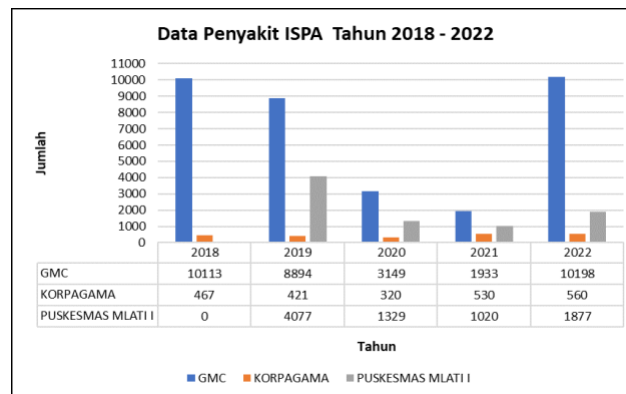
Karbon Monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dan bersifat toksik. Toksisitas gas CO berbahaya bagi manusia karena kemampuannya mengikat hemoglobin dalam darah 140 – 300 kali lebih kuat daripada kemampuan oksigen (Rivanda, 2015; Santoso & Darmiah, 2015; Wardhana, 2004). CO terbentuk dari hasil pembakaran tidak sempurna bahan-bahan karbon. Sumber utama CO (sekitar 80%) berasal dari asap kendaraan bermotor, asap tembakau/rokok, serta kegiatan memasak di dapur (Santoso & Darmiah, 2015). Menurut Gusrianti & Tarigan (2017), dampak CO bagi manusia adalah terjadinya ikatan antara CO dan hemoglobin membentuk COHb. Gejala yang langsung dirasakan oleh masyarakat yaitu berupa penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) dan gangguan paru-paru.

Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) merupakan infeksi yang mengganggu proses pernafasan seseorang. Infeksi ini umumnya disebabkan oleh virus yang menyerang hidung, trakea (pipa pernafasan) atau bahkan paru-paru. Penyakit ISPA merupakan penyakit yang mudah sekali menular (Sundari, 2019). Penyakit ISPA dapat disebabkan oleh buruknya kualitas udara di dalam rumah/gedung dan di luar gedung baik secara fisik, kimia, maupun biologi, tergantung pada patogen penyebabnya, faktor lingkungan, dan faktor pejamu (Suharti et al., 2013; WHO, 2007). Berdasarkan tingkat keparahannya, penyakit ISPA dibedakan menjadi 2, yaitu ISPA ringan dan ISPA berat (Depkes RI, 2005 dalam Simanjuntak et al., 2021).

Penyakit ISPA biasanya disebabkan oleh virus atau bakteri yang menyerang hidung atau trakea (saluran pernafasan) sehingga menyebabkan fungsi pernafasan menjadi terganggu (Bari et al., 2018). Salah satu faktor penyebab terjadinya penyakit ISPA yaitu kegiatan transportasi atau aktivitas kendaraan bermotor (Ludyaningrum, 2016). Namun, penyakit ISPA juga bisa terjadi akibat faktor lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini. Faktor-faktor tersebut bisa dari polusi udara dalam ruangan, asap rokok, polusi dari industri atau penggunaan bahan kimia sintesis (Sundari, 2019). Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil *indepth interview* yang dilakukan dengan narasumber ahli kesehatan yaitu dokter di beberapa fasilitas kesehatan di sekitar Kawasan UGM, yakni Gajah Mada Medical Center, Klinik Korpagama, dan Klinik Rumah Sehat UGM. Interview dilakukan pada tanggal 7 Juni 2023 (Gajah Mada Medical Center dan Klinik Korpagama) dan tanggal 13 Juni 2023 (Klinik Rumah Sehat UGM).

Bila terjadi peningkatan secara terus-menerus melebihi 5% (dalam udara karbon monoksida 40 ppm) maka akan terjadi keracunan dalam darah sehingga menjadi penghalang mengalirnya oksigen dalam darah manusia (Rambing et al., 2022; Wardoyo, 2016). Pembahasan tersebut diperkuat oleh pendapat pakar yang diketahui melalui proses *indepth interview* (wawancara mendalam). Berdasarkan hasil interview dengan narasumber, kondisi udara di sekitar Kawasan UGM terasa lebih panas dan mengakibatkan ketidaknyamanan ketika sedang beraktivitas di luar ruangan. Hal ini disebabkan oleh asap kendaraan bermotor yang berlalu lalang di sekitar Kawasan UGM, terutama saat pagi hingga sore hari.

Seperti yang sudah dijelaskan pada paragraf sebelumnya bahwa aktivitas kendaraan bermotor merupakan salah satu penyebab terjadinya penyakit ISPA. Pernyataan tersebut didukung dengan adanya data statistik dari fasilitas kesehatan yang menggambarkan penyakit ISPA pada tahun 2018 – 2022 di Kawasan UGM. Gambar 12 menunjukkan data penyakit ISPA bersumber dari Gajah Mada Medical Center, Klinik Korpagama, dan Puskesmas Mlati I Sleman.



Gambar 12. Data Penyakit ISPA Tahun 2018 -2022 di Fasilitas Kesehatan sekitar Kawasan Universitas Gadjah Mada

Pada ketiga fasilitas kesehatan tersebut, jumlah penyakit ISPA menunjukkan trend penurunan dari tahun 2018 – 2021 dan kembali mengalami kenaikan pada tahun 2022. Trend penyakit ISPA pada tahun 2018, 2019, dan 2022 mengalami kenaikan kecuali di Puskesmas Mlati I Sleman. Adapun pada tahun 2020 dan 2021 mengalami penurunan yang drastis di semua fasilitas kesehatan. Hal ini berkaitan dengan terjadinya pandemi COVID-19. Pandemi COVID-19 mengakibatkan masyarakat enggan untuk ke dokter karena mengalami ketakutan bila dianggap terkena COVID-19. Mengingat beberapa gejala klinis penyakit COVID-19 mirip dengan gejala penyakit ISPA, masyarakat banyak

yang mengurungkan niat untuk periksa ke fasilitas kesehatan yang berdampak pada penurunan jumlah penyakit ISPA pada tahun tersebut.

Lingkungan yang tidak bersih dapat menyebabkan timbulnya berbagai macam penyakit, termasuk penyakit ISPA. Penerapan gaya hidup sehat atau lebih dikenal sebagai Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) memberikan pandangan bahwa untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal maka diperlukan suatu perilaku dalam memberikan perhatian terhadap kebersihan yang dapat mempengaruhi kesehatan (Setianingsih et al., 2015). Menurut pandangan dokter yang bertindak sebagai narasumber pada penelitian ini, PHBS berkaitan dengan polutan gas buang kendaraan bermotor. *“Ada hubungan antara polutan dengan PHBS karena kita tidak hanya beraktivitas di dalam ruangan sehingga tetap perlu menerapkan gaya hidup sehat, misal memakai masker agar terhindar dari polutan dan mengurangi efek tertular penyakit lainnya”*. (Wawancara dengan Dokter Klinik Rumah Sehat UGM, 13 Juni 2023).

PHBS merupakan salah satu upaya atau strategi yang diberikan oleh dokter terkait pengaruh gas buang CO akibat kendaraan bermotor di Kawasan UGM. Menurut narasumber yang berprofesi sebagai tenaga medis, PHBS sudah dilakukan secara optimal oleh civitas akademika di UGM. Namun, masyarakat sekitar Kawasan UGM masih belum cukup peduli akan pentingnya PHBS terutama para pedagang di sekitar UGM. Narasumber menyarankan untuk dilakukan penyuluhan kepada masyarakat sekitar terkait pentingnya PHBS.

J. Strategi Pengendalian Pencemaran Udara

Penurunan kualitas udara atau bahkan pencemaran udara oleh kendaraan bermotor merupakan variabel bebas yang mempengaruhi seluruh aspek lingkungan, seperti abiotik, biotik, dan kultural. Oleh karena itu, perlu adanya upaya dan strategi pengelolaan lingkungan yang tepat yang berfokus terhadap cara mengatasi pencemaran udara di Kawasan UGM.

Pada penelitian ini, gas buang CO dari kendaraan bermotor dianalisis menggunakan metode DPSIR yang bertujuan untuk mengurai masalah udara di Kawasan UGM. Analisis DPSIR mampu menjelaskan secara tepat dan akurat mengenai situasi terkini dari isu lingkungan yang dibahas, tekanan terhadap lingkungan yang menyebabkan isu tersebut berdampak penting bagi lingkungan dan kehidupan, serta upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi dampak dari isu lingkungan tersebut

(Setiawan & Adnan, 2021). Hasil analisis DPSIR kualitas udara di Kawasan UGM dan matriks analisis DPSIR disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Matriks Analisis DPSIR di Kawasan UGM

| Unit Analisis | <i>Driving Force</i> (Faktor Pemicu) | <i>Pressure</i> (Tekanan) | <i>State</i> (Kondisi Eksisting) | <i>Impact</i> (Dampak) | <i>Response</i> (Tanggapan) |
|---------------------------------------|--|--|---|---|--|
| Pertumbuhan jumlah penduduk | Peningkatan jumlah mahasiswa dan pertumbuhan penduduk | <ul style="list-style-type: none"> Lahan terbangun meningkat Kepadatan kendaraan bermotor meningkat Konsumsi BBM meningkat Peningkatan jumlah industri dan jasa | <ul style="list-style-type: none"> Peningkatan konsentrasi gas buang Karbon Monoksida (CO) Pengukuran konsentrasi CO di Kawasan UGM pada hari kerja sebesar 22 ppm dan akhir pekan sebesar 17 ppm (nilai konsentrasi di atas baku mutu) Memicu terjadinya kebisingan | <ul style="list-style-type: none"> Penurunan kualitas udara ambien Peningkatan konsentrasi CO dapat mengganggu kesehatan Peningkatan suhu perkotaan (<i>Urban Heat Island</i>), penurunan kelembaban dan curah hujan pada kadar tertentu dapat menjadi kontributor perubahan iklim | <ul style="list-style-type: none"> Strategi pengelolaan kualitas udara Pengujian emisi kendaraan bermotor Peraturan institusi Penegakan hukum Partisipasi <i>stakeholders</i> dan masyarakat |
| Lalu lintas kendaraan bermotor | Aktivitas mobilitas civitas akademika maupun masyarakat umum | <ul style="list-style-type: none"> Adanya jalur pemisah (Jalan Kaliurang/Jalan Persatuan) bagian timur dan barat UGM Padatnya lalu lintas kendaraan bermotor di ruas Jalan Kaliurang | <ul style="list-style-type: none"> Civitas akademika maupun masyarakat umum yang melintas di UGM untuk keperluan "short cut" lintasan | <ul style="list-style-type: none"> Gangguan keselamatan lalu lintas (kecelakaan lalu lintas) | <ul style="list-style-type: none"> Pembuatan jalur khusus sepeda yang disediakan oleh UGM Penambahan tempat pemberhentian transportasi umum seperti motor listrik, mobil listrik, dan bus UGM Pembuatan kantong-kantong parkir di Kawasan UGM |

Upaya pengelolaan lingkungan untuk mengurangi pencemaran udara di Kawasan UGM dapat dilakukan dengan pengujian emisi kendaraan bermotor melalui kerjasama dengan pihak ketiga, seperti Dinas Perhubungan Provinsi DIY, Dinas Perhubungan Kabupaten Sleman, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman, dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. Pengujian emisi dapat dilakukan secara bergilir di setiap fakultas di UGM serta di ruas jalan utama, sehingga masyarakat umum dapat berpartisipasi. Selain itu, pihak UGM dan pihak ketiga juga perlu melakukan penyuluhan terkait bahaya gas buang kendaraan bermotor dan penyuluhan terkait kondisi kendaraan masing-masing. Diharapkan upaya tersebut dapat membantu mengatasi masalah pencemaran udara, sehingga kualitas udara di UGM menjadi lebih baik.

Sehubungan dengan pengujian emisi yang tidak hanya dilakukan di dalam Kawasan UGM, pengujian emisi yang dilakukan di ruas jalan umum dapat memicu terjadinya penumpukan kendaraan. Oleh sebab itu, diperlukan kerjasama dengan Dinas Perhubungan yang bertugas untuk mengatur lalu lintas saat kegiatan berlangsung. Pengaturan lalu lintas tidak hanya diperlukan saat pengujian emisi berlangsung, tetapi juga ketika jam sibuk dan ketika ada tamu yang berkunjung ke UGM. Upaya tersebut bertujuan untuk meminimalisir penumpukan kendaraan yang dapat berdampak menurunkan kualitas udara ambien dan berpengaruh pada kesehatan masyarakat.

KESIMPULAN

Pencemaran lingkungan yang terjadi di Kawasan Universitas Gadjah Mada akibat pencemaran udara oleh gas buang kendaraan bermotor ditandai dengan menurunnya kualitas udara yang dapat dilihat dari konsentrasi Karbon Monoksida (CO). Konsentrasi rerata CO di Kawasan UGM berada di atas ambang baku mutu yang telah ditetapkan oleh PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (10 ppm). Hasil *indepth interview* dengan para ahli dan masyarakat yang terdampak, didapatkan bahwa gas buang CO menyebabkan penyakit ISPA, baik ISPA ringan maupun berat dan PPOK (Penyakit Paru Obstruktif Kronis). Strategi pengelolaan yang dapat dilakukan adalah melakukan pengujian emisi kendaraan bermotor, pengaturan lalu lintas saat jam sibuk, pembatasan jumlah kendaraan mobil/motor masuk dengan memberlakukan tanda Kartu Identitas Kendaraan (KIK), dan optimalisasi kantong parkir motor dan mobil.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (2009). *Ekologi Energi, Mengenal Dampak Lingkungan dalam Pemanfaatan Sumber-Sumber Energi*, I ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Bari, M., Sitorus, S. H., & Ristian, U. (2018). Implementasi Metode Naïve Bayes Pada Aplikasi Prediksi Penyebaran Wabah Penyakit Ispa (Studi Kasus: Wilayah Kota Pontianak). *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 6(3).
- Buanawati, T. T., Huboyo, H. S., & Samadikun, B. P. (2017). *Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (Sox, Nox, Co, dan Pm) Kendaraan Pribadi Berdasarkan Metode International Vehicle Emission (Ive) di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang*. Doctoral Dissertation. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2022. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2022*. Sleman.

- Gusrianti, D., & Tarigan, A. P. M. (2017). Analisis Sebaran Karbon Monoksida dari Sumber Transportasi dari Jalan Sisingamangaraja dengan Metode Finite Length Line Source Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Dampak*, 14(1), 41-51.
- Haruna, H., Lahming, L., Amir, F., & Asrib, A. R. (2019). Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *UNM Environmental Journals*, 2(2), 57-61.
- Hendriarianti, E., Triwahyuni, A., & Ayudyaningtyas, A. T. (2022). Analisis Driving Force, Pressure, State dan Response Kualitas Air. *Prosiding SEMSINA*, 3(2), 278-285.
- Indonesia. (1999). Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Jakarta.
- Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Jung S, Kim J, Kim J, Hong D, & Park D. (2017). An estimation of vehicle kilometer traveled and on-road emissions using the traffic volume and travel speed on road links in Incheon City. *J Environ Sci (China)*, 54, 90-100.
- Latifa. A. (2019). Analisis Konsentrasi CO di Jalan terhadap Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Baku Mutu Udara Ambien. *Jurnal Tugas Akhir*. Jakarta: Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti.
- Ludyaningrum, R. M. (2016). Perilaku berkendara dan jarak tempuh dengan kejadian ISPA pada mahasiswa Universitas Airlangga Surabaya. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 4(3), 408-419.
- Meneguzzer, C. Massimiliano Gastaldi, Riccardo Rossi, Gregorio Gecchele, & Maria Vittoria Prati. (2017). Comparison of Exhaust Emissions at Intersections Under Traffic Signal Versus Roundabout Control Using an Instrumented Vehicle. *Transportation Research Procedia*, 25, 1597-1609.
- Muziansyah., D, Sulistyorini, R., and Sebayang, S. (2015). Model Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung). *Jurnal Universitas Lampung*, 3(1), 57-70.
- Nurmaya, E.M, Murti, S.H., & Nurjani, E. 2023. Kajian Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan Masyarakat akibat Gas Buangan CO Kendaraan Bermotor di Kawasan Universitas Gadjah Mada. Laporan Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Gadjah Mada. Sleman.
- Hazizah, S.A.N. (2017). Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Pada Ruang Parkir Ayani Mega Mall Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1).

- Octradha, K.A. Huboyo, H.S. & Samadikun, B.P. (2017). Estimasi Emisi Berdasarkan Kecepatan Kendaraan Di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 1-14.
- Pratiwi, A., & Zaenab, Z. (2020). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kepadatan Kendaraan Dengan Kandungan Karbon Monoksida (CO) Di Kota Makassar Tahun 2019. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 20(1), 35-41.
- Raming, V. V., Umboh, J. M., & Warouw, F. (2022). Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO). *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 11(3).
- Rivanda, A. (2015). Pengaruh Paparan Karbon Monoksida Terhadap Daya Konduksi Trakea. *Jurnal Majority*, 4(8), 153-160.
- Santoso, I., & Darmiah, D. (2015). Hubungan Pencemaran Karbon Monoksida dalam Rumah dengan Kejadian ISPA di Desa Sungai Alat Kabupaten Banjar. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 12(1), 238-242.
- Sasmita, A., Reza, M., Elystia, S., & Adriana, S. (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.
- Setianingsih, Y. A., Yustina, E. W., & Widyorini, E. (2015). Pelaksanaan Kebijakan Kawasan Tanpa Rokok (KTR) Sebagai Bagian Dari Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (PHBS) Di Lingkungan Pendidikan (Studi Kasus Pada STIKES Di Kota Semarang). *SOEPRA*, 1(1), 106-114.
- Simanjuntak, J., Santoso, E., & Marji, M. (2021). Klasifikasi Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dengan menerapkan Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(11), 5023-5029.
- Sinaga, S., Sudarno, S., & Handayani, D. S. (2013). Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di Jalan Pandanaran Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang. *Disertasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Suharti, N., Munir, E., Suryanto, D. and Agusnar, H. (2014). Hubungan antara Populasi Mikroorganisme Udara dengan Kejadian ISPA di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Terjun Medan. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 6(1).
- Sundari, S. N. (2019). Polusi udara kendaraan bermotor tidak berpengaruh terhadap penyakit ispa. *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 16(1), 697-706.

- Somantri, L. (2014). Zonasi Angkutan Umum Massal, Citra Quickbird Multispektral, Citra Quickbird Pan-Sharpned, Klasifikasi Berbasis Objek, Interpretasi Visual, dan Pemodelan Spasial. Disertasi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sutiawan, A. (2016). Hubungan Faktor Meteorologi terhadap Tingkat Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 4(1).
- Tobing, K. R. L., & Istirokhatun, T. (2013). Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO, NO₂, dan SO₂ Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, dan Ngesrep Timur V). *DIPOIPTEKS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Undip*, 1(1), 25-28.
- Wardhana, Wisnu, A. (2004). Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wardoyo. (2016). Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor dan Dampak Kesehatan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Widayani. 2004. Kajian Korelasi CO dan Pb dengan Model Gaussian. Laporan Tesis. Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro. Semarang.
- Wirosoedarmo, R., Suharto, B., & Proborini, D. E. (2020). Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin Terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(2), 57-64.
- Yulianti, S., Fitriyaningsih, Y., & Jati, D.R. (2013). Analisis Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1-10.