

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Geografi adalah ilmu yang mempelajari persamaan dan perbedaan fenomena geosfer dengan sudut pandang keruangan, lingkungan dan kompleks wilayah untuk kepentingan, proses dan keberhasilan pembangunan (Bintarto dan Surastopo Hadisumarno). Salah satu cabang dari ilmu geografi adalah klimatologi. Klimatologi didefinisikan sebagai ilmu yang mencari gambaran dan penjelasan sifat iklim dan kaitannya iklim dengan aktivitas manusia. Selain itu dapat juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari jenis iklim di muka bumi dan faktor penyebabnya (Tjasyono, 2004). Salah satu obyek kajian klimatologi adalah pencemaran udara.

Kota Surakarta merupakan salah satu wilayah perkotaan yang sekarang ini mengalami perkembangan yang pesat. Perkembangan Kota Surakarta dapat dilihat dari sektor perdagangan, industri, jasa, permukiman, pendidikan, maupun transportasi yang ditunjukkan dari tingkat kepadatan lalu lintasnya. Dengan seiring perkembangan wilayah tersebut memicu tingginya tingkat pertumbuhan penduduk dan terjadinya alih fungsi lahan tidak terbangun menjadi daerah terbangun seperti untuk permukiman, perkantoran, perhotelan, mall, sekolah, dan lain-lain. Dengan meningkatnya kepadatan penduduk dan kepadatan permukiman disertai dengan dampak aktivitas penduduk itu sendiri tanpa disadari menyebabkan timbulnya kerusakan lingkungan. Salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di daerah perkotaan yaitu padatnya penduduk serta kegiatan transportasi dan industri yang menjadi pemicu terjadinya pencemaran udara.

Faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran udara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) bisa secara alamiah (*natural sources*) maupun buatan atau kegiatan manusia (*anthropogenic sources*). Faktor secara alamiah berasal dari letusan gunung api, respirasi, dekomposisi bahan organik, dan sumber lainnya. Sementara faktor buatan dari kegiatan manusia yaitu transportasi, industri,

penggundulan dan pembakaran hutan, pembakaran sampah dan lainnya. Darsono (1995) menyebutkan bahwa pada tahun 1987 jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang berasal dari pembakaran hutan mencapai 33,0%. Negara maju yang berjumlah 24 buah dengan jumlah penduduk 15,6% menghasilkan 45% karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Sementara di Indonesia dengan penduduk 3,5% penduduk dunia menghasilkan 0,6% karbon dioksida dunia. Besarnya karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh negara maju menunjukkan besarnya sumberdaya alam yang diperlukan oleh negara tersebut.

Pencemaran udara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di Kota Surakarta dihasilkan terutama dari kegiatan transportasi. Hal ini ditunjukkan dari tingginya pengguna kendaraan bermotor roda dua maupun roda empat dan tingkat kemacetan di jalan. Berdasarkan Data Sarana Angkutan Umum dan Pribadi di Kota Surakarta dari tahun 2008 – 2012 hampir semua jenis kendaraan bermotor mengalami peningkatan terutama kendaraan pribadi yaitu jenis kendaraan roda dua dan roda empat. Untuk jenis kendaraan mobil barang dan mobil bus bukan umum ini juga mengalami peningkatan. Sedangkan untuk jenis kendaraan mobil bus umum mengalami penurunan di tahun 2009, 2010, dan 2011, sementara di tahun 2012 mulai mengalami kenaikan dengan adanya program pemerintah yang mengganti bus kota dengan memperbanyak armada BST (Batik Solo Trans). Jadi dalam kurun waktu lima tahun jumlah kendaraan bermotor di Kota Surakarta meningkat hampir dua kali lipat yaitu di tahun 2008 sebesar 240.041 unit dan di tahun 2012 sebesar 502.169 unit.

Tabel 1.1 Data Sarana Angkutan Umum dan Pribadi di Kota Surakarta

No	Jenis Kendaraan	Tahun				
		2008 (unit)	2009 (unit)	2010 (unit)	2011 (unit)	2012 (unit)
1.	Sepeda Motor (E)	192.498	208.309	223.683	269.760	426.571
2.	Mobil Penumpang (A1)	31.911	33.535	36.903	43.158	52.513
3.	Mobil Barang (C1 & C2)	13.778	14.049	15.081	18.013	20.826
4.	Mobil Bus					
	- Umum (B2)	737	720	713	629	729
	- Bukan Umum (B1)	338	362	346	432	503
5.	Kendaraan Khusus (D)	24	25	24	5	4
6.	Mobil Penumpang Umum (A2)	755	753	894	948	1.023
	<b>JUMLAH</b>	<b>240.041</b>	<b>257.753</b>	<b>277.644</b>	<b>332.945</b>	<b>502.169</b>

Sumber: Kantor Bersama Samsat Surakarta/ UP3AD Kota Surakarta, 2013

Penggunaan badan jalan sebagai lahan parkir kendaraan membuat lebar jalan menjadi sempit, sehingga laju kendaran lambat. Banyaknya persimpangan jalan dan lampu pengatur lalu lintas menyebabkan kemacetan dan menimbulkan pencemaran karbon dioksida CO<sub>2</sub> ditambah pertumbuhan penduduk yang cepat mempengaruhi tingkat kebutuhan ekonomi sehingga

memicu banyaknya lahan terbangun dan mengurangi adanya lahan terbuka hijau. Dengan tingginya konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) bisa menjadi salah satu penyumbang gas rumah kaca yang berpengaruh terhadap naiknya suhu udara bumi karena panas matahari tidak dapat dipantulkan kembali keluar atmosfer dan dalam waktu jangka panjang menyebabkan adanya pemanasan global dan perubahan iklim.

Saat ini, pemanasan global telah menjadi isu global yg semakin penting di dunia dan diketahui telah menyebabkan beberapa dampak negatif bagi kehidupan manusia. Sejauh ini, berbagai upaya telah mulai dilakukan oleh manusia untuk mengurangi dampak pemanasan global, seperti program penanaman kembali (reboisasi), penghematan energi, penggunaan energi baru dan terbarukan, dan pemanfaatan berbagai teknologi *carbon capture and storage* (CCS). Salah satu cara untuk mereduksi kadar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berlebihan adalah melakukan penghijauan dengan cara membuat hutan/taman kota.

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti bermaksud mengadakan penelitian. Adapun judul yang dipilih adalah “Kajian Pencemaran Udara  $\text{CO}_2$  di Kota Surakarta (Studi Kasus di Jalan Adi Soemarmo, Jalan Slamet Riyadi dan Jalan DR. Radjiman)”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah disebutkan di atas dapat dirumuskan :

1. Bagaimana distribusi konsentrasi  $\text{CO}_2$  di daerah penelitian ?
2. Bagaimana hubungan konsentrasi  $\text{CO}_2$  dengan suhu udara, kecepatan angin dan kepadatan kendaraan bermotor di daerah penelitian ?
3. Bagaimana perbandingan konsentrasi  $\text{CO}_2$  di jalan-jalan utama daerah penelitian ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Untuk menganalisis distribusi CO<sub>2</sub> di daerah penelitian.
2. Untuk menganalisis besarnya hubungan antara konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan suhu udara, kecepatan angin dan kepadatan kendaraan bermotor di daerah penelitian.
3. Untuk membandingkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di jalan-jalan utama daerah penelitian.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

1. Memberi informasi dan gambaran tentang pencemaran udara khususnya karbondioksida di Kota Surakarta.
2. Dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan acuan penelitian udara selanjutnya.

### **1.5. Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya**

#### **1.5.1. Telaah Pustaka**

##### **1.5.1.1. Angin**

Kartapoetra (2004) mendefinisikan angin merupakan gerakan atau perpindahan massa udara dari satu tempat ke tempat lain secara horizontal. Massa udara adalah udara dalam ukuran yang sangat besar yang mempunyai sifat fisik (temperatur dan kelembaban) yang seragam dalam arah yang horizontal. Gerakan angin berasal dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Perbedaan temperatur antara atmosfer di kutub dan di khatulistiwa serta antara atmosfer di atas benua dengan di atas lautan menyebabkan gerakan udara dalam skala yg sangat besar. Angin lokal terjadi akibat perbedaan temperatur setempat. Pada skala makro, pergerakan angin sangat dipengaruhi oleh temperatur atmosfer, tekanan pada permukaan tanah dan gerakan rotasi bumi.

Menurut Natalasa (2010) angin berperan penting terhadap pendistribusian, transportasi, dan dispersi bahan pencemar di udara. Kecepatan angin dapat menentukan lama waktu perjalanan partikel ke reseptor dan juga

laju dispersi bahan pencemar. Pergerakan angin yang cepat dapat meningkatkan abrasi bahan pencemar. Peubah arah dan kecepatan angin menunjukkan arah penyebaran dan fluktuasi konsentrasi pencemar di atmosfer (Tjasyono, 2004). Menurut Standar Baku Mutu Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/No. 1405/menkes/SK/XI/2002 kecepatan aliran udara berkisar antara  $0,15 - 0,25 \text{ ms}^{-1}$  atau lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara sebaliknya bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan di dalam ruangan.

#### **1.5.1.2. Efek Rumah Kaca**

Menurut Sihotang dan Assomadi (2010), efek rumah kaca adalah proses masuknya sinar matahari ke bumi dan akan dipantulkan kembali oleh permukaan bumi dimana sinar itu berubah menjadi energi panas yang berupa sinar inframerah selanjutnya energi panas terperangkap dalam atmosfer bumi akibat keberadaan gas gas rumah kaca yang mengakibatkan kenaikan suhu bumi. Gas rumah kaca gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan untuk dapat menyerap radiasi matahari yang dipantulkan oleh bumi sehingga menyebabkan kenaikan suhu di permukaan bumi. Menurut United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), ada 6 (enam) jenis gas yang digolongkan sebagai gas rumah kaca (GRK), yaitu :

1. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
2. Dinitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ )
3. Metana ( $\text{CH}_4$ )
4. Sulfur heksaflorida ( $\text{SF}_6$ )
5. Perflorokarbon ( $\text{PFC}_s$ )
6. Hidroflorokarbon ( $\text{HFC}_s$ )

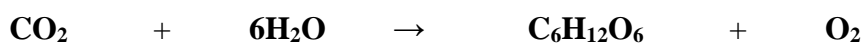
Sementara itu, dampak efek rumah kaca seperti perubahan iklim yang dicirikan oleh peningkatan suhu udara dan perubahan besaran dan distribusi curah hujan telah membawa dampak yang luas dalam banyak segi kehidupan manusia dan diperkirakan akan terus memburuk. Beberapa dampak dari efek rumah kaca terhadap kelangsungan hidup manusia :

- Berkurangnya produksi tanaman pertanian oleh kejadian kekeringan dan banjir
- Penurunan sumber daya air secara kualitatif maupun kuantitatif
- Meningkatnya risiko kebakaran hutan
- Meningkatnya risiko kehidupan manusia, epidami penyakit infeksi
- Meningkatnya erosi pantai dan kerusakan bangunan dan infrastruktur pantai
- Meningkatnya kerusakan ekosistem pantai seperti terumbu karang dan mangrove
- Menurunnya potensi pembangkit listrik tenaga di daerah rawan kekeringan
- Meningkatnya kejadian kekeringan dan kebanjiran jika emisi GRK tidak dapat dikurangi dan distabilkan. (Harmoni, 2009 dalam Putri, 2012).

### **1.5.1.3. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Menurut Sihotang dan Assomadi (2010), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O<sub>2</sub>) yang terikat secara kovalen dengan atom karbon (C) sebagai buangan dari sisa hasil pembakaran karbon yang sempurna. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) mempunyai sifat menyerap sinar panas matahari yaitu inframerah sehingga membuat suhu udara di permukaan bumi tinggi karenanya. Dalam proses terbentuknya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di udara, senyawa karbon (C) tereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>) menggunakan enersi sinar matahari kemudian terbentuklah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Bila pembakaran karbon sempurna akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) namun jika pembakaran karbon tidak sempurna karena kurangnya oksigen maka akan menghasilkan gas karbon monoksida (CO) yang bersifat racun.

Faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran udara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) bisa secara alamiah (*natural sources*) maupun buatan atau kegiatan manusia (*anthropogenic sources*). Faktor secara alamiah berasal dari letusan gunung api, respirasi, dekomposisi bahan organik, dan sumber lainnya. Sementara faktor buatan dari kegiatan manusia yaitu transportasi, industri, penggundulan dan pembakaran hutan, pembakaran sampah dan lainnya. Adapun jenis reaksi kimia yang dihasilkan dari gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), seperti siklus karbon pada tumbuhan hijau :



Namun, tanaman hijau juga menghasilkan gas karbon dioksida pada malam hari, karena pada malam hari tidak terdapat sinar matahari untuk proses fotosintesis. Sehingga tumbuhan hijau hanya bisa melakukan respirasi dengan menyerap O<sub>2</sub> dan mengeluarkan CO<sub>2</sub> seperti halnya respirasi pada makhluk hidup umumnya. Berbagai jenis reaksi kimia dapat menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), seperti pembakaran dari semua bahan bakar yang mengandung karbon seperti metana (gas alam), distilat minyak bumi, arang dan kayu akan menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).



Khamir mencerna gula dan menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) beserta etanol pada proses pembuatan anggur, bir, dan spiritus lainnya :



Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan sumber karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan semua tumbuhan hijau dan secara tidak langsung untuk semua organisme. Telah diketahui bahwa zat-zat yang membangun tubuh mengandung karbon, baik itu gula, protein atau lemak dan lainnya. Dengan demikian karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) masuk dan keluar ekosistem melalui siklus kehidupan. Menurut Prawiro, 1983 karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas yang sebenarnya tidak beracun bahkan diperlukan oleh tumbuhan untuk



fotosintesis namun jika jumlahnya melampaui banyak bisa mengganggu kesehatan pernafasan.

Menurut Institut Nasional untuk Kesehatan dan Keamanan Kerja Amerika Serikat (NIOSH) karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) meskipun tidak bersifat racun dan tidak berdampak langsung pada kesehatan manusia. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) bersifat beracun pada jantung dan menyebabkan menurunnya gaya kontraktil. Pada konsentrasi 3% berdasarkan volume di udara, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) bersifat narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi serta menurunkan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar 5% berdasarkan volume, menyebabkan stimulasi pusat pernafasan, pusing-pusing, kebingungan, dan kesulitan pernafasan yang diikuti sakit kepala dan sesak nafas. Pada konsentrasi 8%, menyebabkan sakit kepala, keringatan, penglihatan buram, tremor, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama 5-10 menit.

#### **1.5.1.4. Kendaraan Bermotor**

Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Peralatan teknik yang dimaksud adalah mesin kendaraan yang menggerakkan kendaraan agar fungsinya sebagai alat transportasi semakin mudah dan cepat sampai ke tujuan (PP No.41 Tahun 1993) dalam (Putri, 2012).

Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar udara yang banyak memberikan sumbangsih atas tingginya konsentrasi pencemaran udara. Menurut lembaga pers Dr. Soetomo (1996) dalam Natalasa (2010) menyatakan bahwa pencemaran udara terjadi oleh banyak sebab, diantaranya gas buang kendaraan bermotor. Gas tersebut mengandung unsur pencemar seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), nitrogen oksida (NO), hidrokarbon (HC) dan partikel yang terdiri dari asap, abu melayang, timah hitam (Pb), debu serta campuran gas dan partikel yang dioksidasi oleh matahari.

Semakin meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor saat ini sangat mempengaruhi kualitas udara di daerah tersebut. Banyaknya jumlah kendaraan bermotor yang turun ke jalan mengakibatkan kemacetan yang jika secara terus-menerus tanpa disadari bisa mengganggu laju kendaraan sehingga terjadilah pemborosan bahan bakar dan akan meningkatkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara yang dikeluarkan dari gas buang kendaraan bermotor tersebut.

#### **1.5.1.5. Suhu**

Tjasyono (2004) mendefinisikan suhu secara fisis sebagai tingkat gerakan molekul benda, makin cepat gerakan molekul maka makin tinggi suhunya. Panas bergerak dari sebuah benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda dengan suhu rendah. Suhu udara merupakan unsur cuaca yang bisa berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Seperti tempat yang terbuka, suhu udaranya berbeda dengan suhu udara yang berada di dalam gedung atau bangunan, demikian pula suhu di ladang yang berumput berbeda dengan suhu udara di ladang yang dibajak, atau jalan yang beraspal dan sebagainya.

Dalam menyatakan suhu udara dipakai tiga macam skala pengukuran suhu yaitu skala Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), dan Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ). Namun hanya ada dua skala yang sering dipakai dalam pengukuran suhu udara yaitu skala Celcius yang dipakai oleh sebagian besar negara di dunia dan skala Fahrenheit yang dipakai di negara Inggris. Skala Celcius ditetapkan titik didih air pada  $100^{\circ}$  dan titik lebur es pada  $0^{\circ}$ . Skala Fahrenheit menetapkan titik didih air pada  $212^{\circ}$  dan titik lebur es pada  $32^{\circ}$ . Kedua skala tersebut menunjukkan suhu yang sama pada  $-40^{\circ}$  (Tjasyono, 2004).

Suhu udara harian rata-rata didefinisikan sebagai rata-rata pengamatan selama 24 jam (satu hari) yang dilakukan tiap jam. Suhu bulanan rata-rata ialah jumlah dari suhu rata-rata dalam 1 bulan dibagi dengan jumlah hari dalam bulan tersebut. Adapun suhu tahunan rata-rata dihitung dari jumlah suhu harian rata-rata dalam 1 tahun dibagi dengan jumlah hari dalam 1 tahun (365 hari) (Tjasyono, 2004).

Keberadaan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sangat mempengaruhi tinggi rendahnya suhu di udara. Semakin banyak gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) terdispersi ke udara, maka suhu udara akan meningkat. Putri (2012) menyebutkan bahwa pada siang hari sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel padat yang melayang di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas cahaya jauh tegak lurus yakni pada saat tengah hari. Sedangkan suhu udara minimum pada saat menjelang matahari terbit. Standar Baku Mutu sesuai Keputusan Menteri Kesehatan No.261/No.1405/menkes/SK/XI/2002 bahwa suhu yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja 18 – 26°C.

### **1.5.2 Penelitian Sebelumnya**

Hendra Natalasa (2010) dalam penelitiannya yang berjudul ” Kajian Pencemaran Udara di Tugu Yogyakarta (studi kasus kandungan CO) ”. Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui seberapa besar kadar pencemaran CO di Perempatan Tugu dengan membandingkan baku mutu yang diizinkan.
2. Mengetahui besarnya hubungan antar faktor lingkungan yaitu : suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan frekuensi kendaraan bermotor dengan kadar CO pada Perempatan Tugu.
3. Mengetahui alternatif dan solusi yang digunakan untuk penurunan kadar CO.

Penelitian ini menggunakan metode observasi dan metode purposive sampling untuk pengambilan daerah penelitian. Analisis data dari penelitian menggunakan analisis deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah kadar CO pada pengukuran hari pertama tertinggi di waktu pagi (07.00 – 08.30) kadar CO sebesar 22,25 ppm, siang (11.00 – 12.30) kadar CO sebesar 14,75 ppm, dan sore (14.00 – 15.30) kadar CO sebesar 13,5 ppm, sedangkan pada pengukuran hari kedua tertinggi

di waktu sore (14.00 – 15.30) kadar CO sebesar 10 ppm, pagi (07.00 – 08.30) kadar CO sebesar 8,5 ppm, dan siang (11.00 – 12.30) kadar CO sebesar 7,25 ppm. Sedangkan tingkat pencemaran CO pada keempat titik di simpang empat Tugu yaitu sebelah tenggara, sebelah barat daya, sebelah barat laut, dan sebelah timur laut masih berada di bawah ambang batas baku mutu lingkungan udara ambient berdasarkan keputusan Gubernur No. 153 tahun 2002 tentang baku mutu udara ambient daerah di Propinsi DIY sebesar  $30.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (35 ppm).

Fahmia Nuhyari Putri (2012) dalam penelitiannya yang berjudul " Analisis Distribusi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Udara di Jalan Slamet Riyadi Kota Surakarta ". Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besar konsentrasi dan distribusi spasial karbon monoksida (CO) di lokasi penelitian.
2. Mengetahui distribusi spasial dan pengaruh kepadatan kendaraan bermotor terhadap peningkatan konsentrasi CO di lokasi penelitian.
3. Mengetahui distribusi spasial dan pengaruh peningkatan konsentrasi CO terhadap suhu udara di lokasi penelitian.
4. Mengetahui distribusi spasial dan pengaruh peningkatan konsentrasi CO terhadap kualitas udara di lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini menggunakan metode observasi dan metode purposive sampling untuk teknik pengambilan sample. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif berupa tabel dan gambar dan analisis grafik berupa peta dan grafik untuk menjelaskan distribusi spasial kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO dan suhu, kemudian analisis statistik korelasi dan regresi linier berganda digunakan untuk membuktikan hipotesis.

Hasil dari penelitian ini bahwa konsentrasi CO secara spasial menunjukkan kecenderungan garis yang menurun menuju ke pusat kota. Konsentrasi CO meningkat di titik 1 (Simpang Tiga Kleco), kemudian konsentrasinya turun ke arah titik 10 (Simpang Tiga Gladak). Pengaruh kepadatan kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO sangat kuat dan

signifikan dengan derajat kepercayaan 99%. Kendaraan bermotor memberikan kontribusi sebesar 64,6% terhadap fluktuasi konsentrasi CO, sedangkan sisanya sebesar 35,4% merupakan pengaruh dari variabel yang lain seperti padatnya bangunan dan laju angin. Pengaruh suhu udara terhadap konsentrasi CO kuat, namun berbanding terbalik. Suhu udara memberikan kontribusi sebesar 12,7% terhadap fluktuasi konsentrasi CO, sedangkan sisanya sebesar 87,3% dipengaruhi oleh variabel lain. Konsentrasi CO di Jalan Slamet Riyadi yang melebihi ambang batas baku mutu udara secara umum di segmen jalur dua arah, diantaranya titik 1 (Simpang Tiga Kleco) sebesar 33,33 ppm, titik 2 (Simpang Empat Purwosari Plaza) sebesar 25,33 ppm, dan titik 5 (Simpang Empat Gendengan) sebesar 17,17 ppm.

## 1.6. Kerangka Penelitian

Kota Surakarta merupakan salah satu wilayah perkotaan yang mengalami perkembangan pesat di berbagai sektor seperti perdagangan, jasa, permukiman, pendidikan, pemerintahan maupun transportasi. Seiring perkembangan wilayah perkotaan tersebut, maka pemenuhan lahan terbangun akan mengalami peningkatan pula. Terbentuknya lahan terbangun tersebut mempengaruhi kepadatan penduduk maupun kepadatan permukiman di wilayah Kota Surakarta, sehingga aktivitas setiap orang lebih banyak dan lebih bervariasi lagi seimbang dengan tingginya pemenuhan kebutuhan hidup (sandang, pangan, papan).

Dalam melakukan segala aktivitas, seseorang membutuhkan transportasi sebagai sarana dan prasarana utama dalam mencapai semua kebutuhan hidupnya. Namun kegiatan transportasi di wilayah perkotaan menjadi salah satu permasalahan lingkungan, yaitu menjadi sumber pemicu terjadinya pencemaran udara yang ditunjukkan dengan adanya tingkat kepadatan lalu lintasnya. Selain kegiatan transportasi sebagai sumber dari tingginya konsentrasi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di Kota Surakarta, kegiatan industri yang ada di wilayah Soloraya ikut berperan dalam menyumbang adanya konsentrasi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di Kota Surakarta.

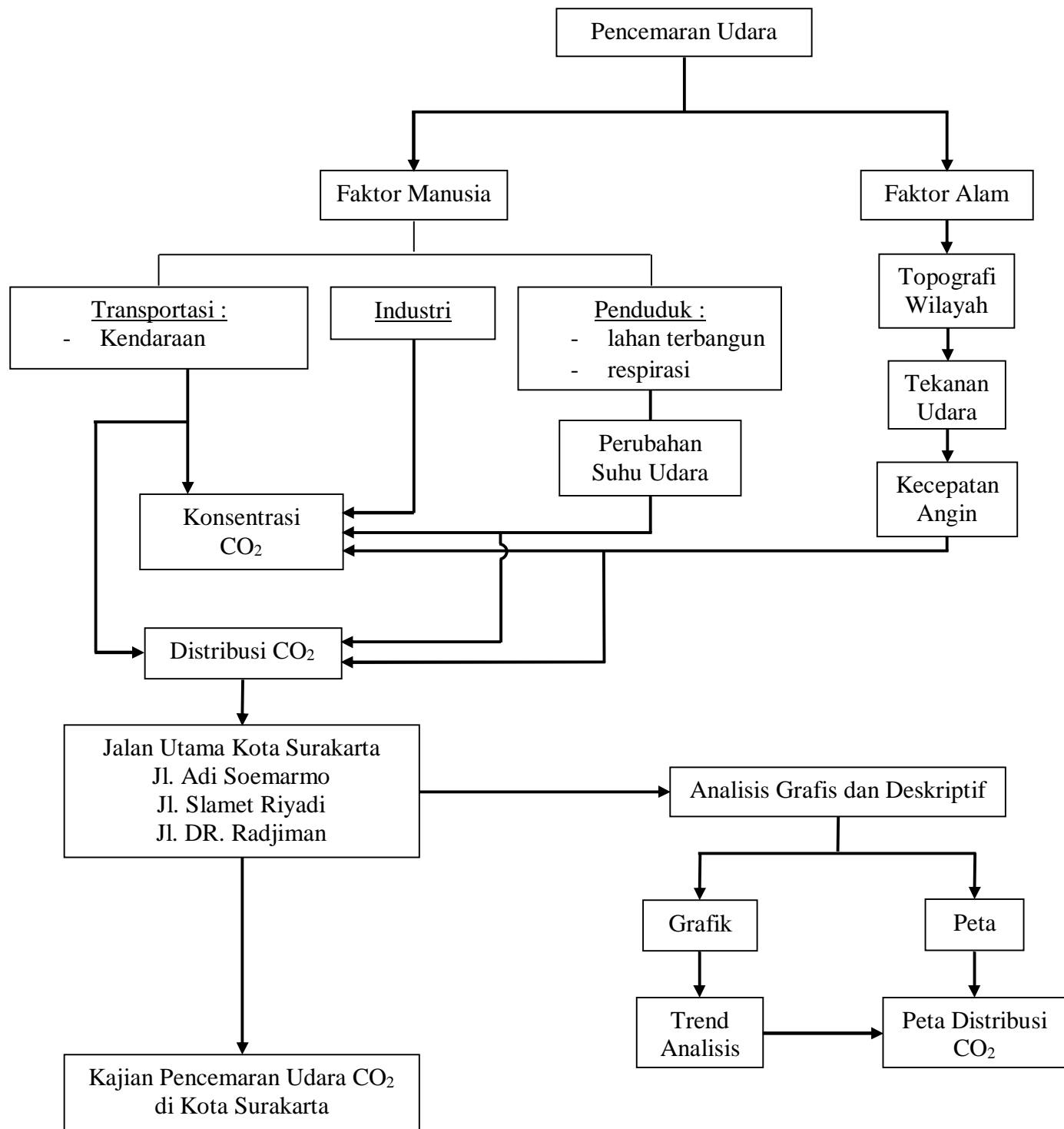
Tingginya konsentrasi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di Kota Surakarta selain dipengaruhi oleh faktor kendaraan bermotor juga ada beberapa faktor lain seperti kegiatan industri, pembakaran sampah rumah tangga, pembakaran kayu, pembakaran lilin maupun kegiatan pengaspalan jalan. Kendaraan bermotor dikatakan sebagai sumber penghasil karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), karena berbahan bakar fosil (minyak bumi). Semua gas buangan hasil pembakaran yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara, gas alam) mengandung gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Semakin tinggi konsentrasi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara, maka semakin meningkat juga suhu udara. Hal ini karena sifat dari karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yaitu menyerap panas inframerah, sehingga saling berpengaruh dengan suhu udara. Selain itu, kecepatan angin berpengaruh dalam pendistribusian gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Besar atau

kecilnya laju kecepatan angin dipengaruhi oleh besar dan banyaknya bangunan di suatu wilayah, karena jika di wilayah seperti perkotaan bangunan gedung bertingkat yang tinggi dan banyak akan membuat laju angin melambat sehingga dimungkinkan tidak bisa terjadi pembersihan udara kota.

Konsentrasi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang tinggi di udara jika berlarut-larut tidak segera diatasi, maka dapat meningkatkan suhu global (global warming), karena karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan salah satu unsur dari gas rumah kaca yang bersifat menyerap inframerah dari radiasi matahari yang diteruskan oleh atmosfer dan diserap oleh permukaan bumi. Penyerapan ini akan memanaskan permukaan bumi.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran udara karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang lebih besar lagi, maka salah satu cara untuk mereduksi kadar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berlebihan adalah dengan penghijauan dan mengurangi sumber-sumber pencemaran udara karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Adapun program pemerintah dalam mengurangi konsentrasi  $\text{CO}_2$  dengan slogan “one man one tree”, yang dimaksudkan untuk setiap satu jiwa orang wajib menanam satu pohon. Hal ini efektif dilakukan dalam mengajak setiap orang untuk menggalakkan reboisasi, menjaga, merawat dan peduli terhadap lingkungan hidup.

**Gambar 1.1 DIAGRAM ALUR PEMIKIRAN**





## **1.7. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode survei (observasi) yaitu melalui pengukuran-pengukuran langsung terhadap variabel pengaruh (suhu, kecepatan angin dan jumlah kendaraan bermotor) dan variabel terpengaruh (karbon dioksida). Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sample berdasarkan pertimbangan tertentu yang dipilih secara cermat dan selektif sesuai dari keinginan peneliti. Adapun pertimbangan dalam pengambilan sampel (CO<sub>2</sub>, suhu udara, kecepatan angin, kepadatan kendaraan bermotor) dianggap mampu mewakili adanya konsentrasi CO<sub>2</sub> di jalan-jalan daerah penelitian.

### **1.7.1. Bahan Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder :

- a. Data primer, diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan terhadap variabel pengaruh dan variabel terpengaruh. Data primer yang digunakan meliputi :
  1. Data konsentrasi CO<sub>2</sub>
  2. Data suhu udara
  3. Data kecepatan angin
  4. Data jumlah kepadatan kendaraan bermotor
- b. Data sekunder, diperoleh dari literatur instansi yang berkaitan dengan obyek penelitian meliputi :
  1. Peta administrasi Kota Surakarta
  2. Data sarana angkutan umum dan pribadi di Kota Surakarta tahun 2008-2012
  3. Data curah hujan bulanan Kota Surakarta tahun 2002-2011
  4. Data luas penggunaan lahan tanah tiap Kecamatan di Kota Surakarta tahun 2011
  5. Data banyaknya penduduk, luas wilayah dan tingkat kepadatan Kota Surakarta tahun 2011

### 1.7.2. Alat Penelitian

Tabel 1.2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1.	Software Arcgis 9.3	Pembuatan peta
2.	CO <sub>2</sub> meter	Mengukur kadar CO <sub>2</sub> dan suhu udara
3.	Anemometer	Mengukur kecepatan dan arah angin
4.	Hand tally counter	Menghitung jumlah kendaraan bermotor
5.	Stopwatch	Penghitung waktu
6.	Program SPSS 20	Analisis stastistik

### 1.7.3. Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1.7.3.1. Pemilihan Daerah Penelitian

Pemilihan daerah penelitian menggunakan metode *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sample berdasarkan pertimbangan tertentu yang dipilih secara cermat dan selektif sesuai dari keinginan peneliti. Adapun pertimbangan sebagai berikut :

1. Adanya perbedaan kelas jalan sehingga mempengaruhi laju dan volume kendaraan
2. Merupakan daerah yang dekat dengan pusat kegiatan bisnis dan perdagangan di Kota Surakarta
3. Banyaknya lahan terbuka untuk permukiman, perkantoran, pertokoan, dan lain-lain
4. Banyaknya persimpangan jalan dan kurangnya lahan untuk parkir mempengaruhi laju kendaraan penyebab kemacetan

Dalam pemilihan daerah penelitian dilakukan di Jalan Adi Soemarmo, Jalan Slamet Riyadi, dan Jalan DR. Radjiman Kota Surakarta. Lokasi pengambilan sampel yang dipilih yaitu di pertigaan maupun perempatan jalan, karena daerah persimpangan jalan rawan kemacetan yang disebabkan banyaknya volume kendaraan maupun APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu

Lintas). Pengambilan sampel udara dan kepadatan kendaraan bermotor dilakukan di persimpangan jalan, sebagai berikut :

a. Jalan Adi Soemarmo

1. Simpang Empat Klodran
2. Simpang Tiga Banyuanyar
3. Simpang Lima Komplang
4. Simpang Empat Prawit (Jl. Adisoemarmo - Jl. Singosari)
5. Simpang Tiga Ps. Nusukan

b. Jalan Slamet Riyadi

1. Simpang Tiga Faroka (Jajar)
2. Simpang Tiga Kerten
3. Simpang Tiga Purwosari
4. Simpang Empat Gendengan
5. Simpang Empat Novotel (Ngapeman)
6. Simpang Empat Nonongan

c. Jalan DR. Radjiman

1. Simpang Empat Coyudan
2. Simpang Empat Singosaren
3. Simpang Empat Ps. Kembang
4. Simpang Empat Baron
5. Simpang Tiga Ps. Kabangan
6. Simpang Tiga Laweyan

### **1.7.3.2. Waktu Pengukuran**

Waktu pengukuran pengambilan sampel CO<sub>2</sub>, suhu udara, kecepatan angin dan kepadatan kendaraan bermotor dilakukan pada pagi hari (06.30 – 09.00) dan malam hari (19.30 – 22.00). Setiap 2,5 jamnya diambil sampel selama 6 menit untuk setiap lokasi titik pengambilan sampel, sedangkan sisa waktu digunakan untuk lamanya perjalanan antar jalan. Pengambilan sampel udara pada pagi hari dilakukan karena pada waktu tersebut orang memulai segala aktivitasnya. Pada waktu malam hari selain aktifitas manusia, tumbuhan

juga melakukan aktivitas respirasi tanpa adanya sinar matahari, sehingga tumbuhan tidak menghasilkan O<sub>2</sub> seperti di siang hari melainkan CO<sub>2</sub>.

### **1.7.3.3. Cara Pengukuran Data**

#### **1.7.3.3.1. Pengukuran Konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Konsentrasi CO<sub>2</sub> diukur dengan menggunakan alat CO<sub>2</sub> meter yang dilakukan bersamaan dengan pengukuran suhu, kecepatan angin dan jumlah kendaraan bermotor. Cara penggunaan alat CO<sub>2</sub> meter hampir sama dengan alat pengukur konsentrasi CO meter, yaitu sebagai berikut :

- a. udara ditangkap dengan menggunakan CO<sub>2</sub> meter setinggi  $\pm$  1-2 meter di atas permukaan tanah dengan menyalakan tombol pada posisi On
- b. setelah angka keluar pada alat konstan maka angka tersebut menunjukkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang ada di udara

#### **1.7.3.3.2. Pengukuran Suhu Udara**

Pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan alat *termometer air raksa*, namun pada alat pengukur konsentrasi CO<sub>2</sub> secara otomatis sudah menunjukkan nilai suhu udara.

#### **1.7.3.3.3. Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin**

Pengukuran kecepatan dan arah angin dengan menggunakan alat *anemometer* sebagai berikut :

- a. Jarum jam di tetapkan di posisi nol, kemudian anemometer dihadapkan berlawanan dengan arah angin
- b. Setelah angka yang keluar pada alat konstan maka angka tersebut menunjukkan kecepatan angin dalam satuan Km/jam dan secara otomatis menunjukkan arah angin berhembus

#### **1.7.3.3.4. Pengukuran Jumlah Kendaraan Bermotor**

Pengukuran jumlah kendaraan bermotor dilakukan di setiap titik lokasi pengambilan sampel dengan menggunakan alat *hand tally counter* yang kegunaannya untuk menghitung jumlah kendaraan yang melewati lokasi

penelitian. Pengukuran jumlah kendaraan bermotor dilakukan bersamaan dengan pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub>, suhu udara dan kecepatan dan arah angin.

#### **1.7.3.4. Pengolahan Data**

##### **1.7.3.4.1. Pembuatan Peta Distribusi Spasial Konsentrasi Karbon Dioksida, Suhu, Kecepatan Angin dan Kepadatan Kendaraan Bermotor**

Hasil pengukuran konsentrasi karbon dioksida, suhu, kecepatan angin dan jumlah kendaraan bermotor di Jalan Adi Soemarmo, Jalan Slamet Riyadi dan Jalan DR. Radjiman disajikan dalam bentuk diagram batang dan digunakan sebagai atribut titik lokasi sampel pengukuran yang telah diplot pada peta yang menghasilkan peta distribusi spasial karbon dioksida, peta distribusi spasial suhu udara, peta distribusi spasial kecepatan angin dan peta distribusi spasial kepadatan kendaraan bermotor. Pembuatan peta distribusi spasial tersebut menggunakan *software* Arcgis 9.3.

##### **1.7.3.4.2. Pembuatan Diagram Variabel X/Bebas (suhu udara, kecepatan angin, kendaraan bermotor) dan Y/Terikat (konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>))**

Penyajian data dalam bentuk grafik bertujuan agar data lebih mudah diamati dan lebih menarik secara visual. Selain itu grafik menggambarkan hubungan antar variabel pengaruh dan terpengaruh.

###### **a. Diagram Hubungan Konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Suhu**

Hubungan antara konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) rata-rata harian dan temperatur suhu disajikan dalam bentuk diagram garis supaya diketahui bentuk hubungan antara kedua variabel tersebut. Diagram garis digunakan untuk menunjukkan tingkat hubungan (korelasi) di antara dua faktor (X, Y).

###### **b. Diagram Hubungan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Kecepatan Angin**

Hubungan antara konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) rata-rata harian dan kecepatan angin disajikan dalam bentuk diagram garis supaya diketahui bentuk hubungan antara kedua variabel.

### **c. Diagram Hubungan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Kendaraan Bermotor**

Hubungan antara konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) rata-rata harian dan kepadatan kendaraan bermotor rata-rata harian disajikan dalam bentuk diagram garis. Diagram ini berfungsi untuk mengetahui bentuk hubungan antara kedua variabel tersebut secara visual.

#### **1.7.4. Analisis Data**

##### **1.7.4.1. Analisis Grafis dan Analisis Deskriptif**

Analisis grafis dan analisis deskriptif keduanya digunakan untuk menganalisis tujuan penelitian yang pertama yaitu menganalisis distribusi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menggunakan grafik maupun gambar yang disajikan dalam bentuk peta tematik.

Analisis grafis yang digunakan dalam penelitian ini berupa peta maupun grafik yang memperlihatkan adanya persebaran gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dipengaruhi oleh adanya kepadatan kendaraan bermotor, suhu, dan kecepatan angin di daerah penelitian. Penggunaan peta dalam bentuk peta tematik dengan disertai grafik akan memberikan kemudahan dalam mengetahui perbandingan hasil penelitian antara daerah penelitian satu dengan daerah penelitian lainnya.

Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan adanya distribusi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan keterkaitannya dengan kendaraan bermotor, suhu udara, dan kecepatan angin setelah dilakukannya penelitian.

##### **1.7.4.2. Analisis Statistik**

Analisis statistik digunakan untuk menyelesaikan tujuan penelitian yang kedua. Untuk mengetahui ada atau tidak dan besar atau kecil hubungan antara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan suhu udara, kecepatan angin dan kepadatan kendaraan bermotor perlu adanya pembuktian menggunakan analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan menggunakan analisis statistik korelasi ganda dan analisis regresi linear berganda.

### 1.7.4.2.1. Analisis Korelasi Ganda

Analisis korelasi ganda dimaksudkan untuk menguji hubungan dua variabel X/bebas atau lebih yaitu suhu udara, kecepatan angin dan jumlah kepadatan kendaraan bermotor terhadap variabel Y/terikat yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Bentuk hubungan antara variabel X/bebas dan Y/terikat dinyatakan dengan koefisien korelasi ( $r$ ) sebagai berikut :

$$-1 \leq r \leq 1$$

artinya :

jika  $r = 1$ , hubungan X dan Y sempurna dan positif (mendekati 1, yaitu hubungan sangat kuat dan positif).

$= -1$ , hubungan X dan Y sempurna dan negatif (mendekati -1, yaitu hubungan sangat kuat dan negatif).

$= 0$ , hubungan X dan Y lemah sekali atau tidak ada hubungan.

Untuk mengetahui kuatnya hubungan antara variabel Y dengan beberapa variabel X lainnya, maka penelitian ini menggunakan koefisien korelasi linear berganda dengan rumus sebagai berikut (Supranto J, 2000) :

$$R_{y.12} = \sqrt{\frac{r_{x_1y}^2 + r_{x_2y}^2 - 2r_{x_1y} r_{x_2y} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}$$

Keterangan :

$x$  = variabel bebas (suhu, kecepatan angin, kepadatan kendaraan bermotor)

$y$  = variabel terikat (karbondioksida)

$R_{y.12} / R_{yx_1x_2}$  = koefisien korelasi ganda

$r_{x_1y}$  = korelasi product moment hubungan  $x_1$  dengan  $x_2$

$r_{x_2y}$  = korelasi product moment hubungan  $x_2$  dan  $x_1$

$r_{x_1x_2}$  = korelasi product moment hubungan  $x_1$  dan  $x_2$

Untuk mengukur besarnya sumbangan dari beberapa variabel X/bebas terhadap variasi (naik-turunnya) Y/terikat yaitu menggunakan rumus koefisien penentuan (*coefficient of determination*) sebagai berikut :

$$KD = R_{y.12}^2 \times 100\%$$

#### 1.7.4.2.2. Analisis Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda berfungsi untuk menghitung besarnya hubungan variabel independen/bebas yang lebih dari satu (suhu udara, kecepatan angin, kepadatan kendaraan bermotor) terhadap variabel dependen/terikat (karbon dioksida). Persamaan umum regresi linear berganda adalah sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Keterangan:

Y = besarnya variabel yang dicari (variabel terikat yaitu CO<sub>2</sub>).

a = konstanta

b = koefisien variabel bebas

x = variabel bebas (kepadatan kendaraan, suhu, kecepatan angin)

#### 1.7.4.3. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan hasil tujuan penelitian yang ketiga yaitu untuk membandingkan adanya konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang ada di jalan-jalan utama di daerah penelitian.

### 1.8. Batasan Operasional

Angin adalah gerakan atau perpindahan massa udara dari satu tempat ke tempat lain secara horizontal (Kartasapoetra, 2004)

Distribusi adalah persebaran suatu objek yang berada di permukaan bumi (Bintarto, 1979 dalam Harmoko, 2007)

Karbon dioksida adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O<sub>2</sub>) yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon (C) (Sihotang dan Assomadi, 2010).



Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu (PP No.41 Tahun 1993).

Konsentrasi adalah kadar suatu zat, bahan, partikel, gas yang terdapat pada bahan lain dengan volume tertentu.

Pencemaran udara adalah adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya (Wardhana, 1995).

Suhu adalah suhu secara fisis sebagai tingkat gerakan molekul benda, makin cepat gerakan molekul maka makin tinggi suhunya (Tjasyono, 2004).