

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Udara

Udara merupakan campuran banyak komponen yang terdiri dari gas, partikel padat, partikel cair, energi, ion, zat organik yang terdistribusi secara acak dan bebas mengikuti volume bentuk ruang (Tri, 2017). Komposisi udara adalah campuran dari berbagai gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbondioksida, dan gas-gas lain. Ciri-ciri udara segar adalah tidak berbau, terasa segar, sejuk, dan ringan saat dihirup (Siburian, 2020). Udara secara umum dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Udara Ambien

Udara yang setiap saat kita hirup ketika bernapas merupakan udara ambien. Udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan perubahan iklim global baik secara langsung maupun tidak langsung (Arinto Yudi Ponco, 2016). Menurut Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah Republik Indonesia yang dibutuhkan dan dapat mempengaruhi kesehatan manusia, dan makhluk hidup lainnya.

Parameter-paramater udara ambien yaitu Sulfur dioksida (SO₂), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), O₃, Hidro karbon (HC), PM₁₀, PM_{2.5}, Debu (TSP), Timah Hitam (Pb).

b. Udara Emisi

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, udara emisi adalah zat, energi dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/dimasukkannya ke dalam udara ambien dan mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

2. Pencemaran Udara

Pencemaran udara atau polusi udara adalah suatu keadaan dimana terdapat substansi fisik, biologi, atau kimia di lapisan udara bumi (atmosfer) yang jumlahnya membahayakan bagi kesehatan tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya (Siburian, 2020). Menurut Champers dan Masters pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu sehingga dapat terdeteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material. Selain itu pencemaran udara dapat pula dikatakan sebagai perubahan atmosfer karena masuknya bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer tersebut (HJ Mukono, 2011).

3. Sumber pencemar udara

Menurut Tri Cahyono (2017) Sumber pencemar udara dapat digolongkan menjadi dua, yaitu

a. Sumber alamiah (natural)

1) Akibat letusan gunung berapi

Gas pencemar yang berasal dari gunung berapi dapat menyebabkan pencemaran udara salah satunya adalah SO_x.

2) Akibat kebakaran hutan

Kebakaran hutan merupakan sumber pencemar udara secara alami, bahan pencemar yang disebabkan oleh kebakaran hutan adalah Hidrokarbon (HC), Karbon dioksida (CO₂), Sulfur oksida, Nitrogen oksida (NO), dan Nitrogen dioksida (NO₂).

b. Sumber kegiatan manusia (Antropogenik)

Pecemaran udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia dibagi menjadi 2 yaitu:

1) Sumber bergerak

Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat, seperti kendaraan bermotor yang akan menghasilkan polutan seperti Nitrogen dioksida (NO₂), Hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), Karbon monoksida (CO) dan lain-lain.

2) Sumber tidak bergerak

Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat, seperti pabrik, tempat pembakaran sampah, pembangunan atau pengaspalan jalan dan lain-lain (Tri, 2017).

4. Klasifikasi Bahan Pencemar Udara

Menurut Arianto (2016) Bahan pencemar udara atau polutan berdasarkan asalnya dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu. Polutan primer mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya. Polutan primer dapat dibedakan menjadi:

- 1) Polutan gas, seperti Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), dan lain-lain.
- 2) Partikulat atau partikel. Partikulat yang di atmosfer mempunyai karakteristik yang spesifik, dapat berupa zat padat dan cairan maupun suspensi udara. Partikulat primer dihasilkan oleh proses secara mekanik maupun proses pembakaran.

b. Polutan Sekunder

Polutan sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer. Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara,

misalnya reaksi fotokimia. Proses kecepatan dan arah reaksi polutan sekunder dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

- 1) Konsentrasi relative dari bahan reaktan
- 2) Derajat fotoaktivasi
- 3) Kondisi iklim
- 4) Topografi lokal dan adanya embun

Polutan sekunder mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Termasuk dalam polutan sekunder ini adalah ozon, *Peroxy Acyl Nitrat* (PAN), dan Formaldehid (Arinto Yudi Ponco, 2016).

5. Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara

Menurut Mukono (2011) pencemaran udara di atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut:

a. Kelembaban

Kelembaban udara relatif yang rendah (<60%) di daerah tercemar, akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut. Pada kelembaban relatif lebih atau sama dengan 80% di daerah tercemar akan terjadi peningkatan korosif di daerah tersebut. Kelembaban udara dengan konsentrasi gas Nitrogen dioksida (NO₂) mempunyai perbandingan berbanding lurus, artinya semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi gas Nitrogen dioksida (NO₂) juga semakin tinggi, begitupun sebaliknya semakin rendah kelembaban udara maka semakin rendah pula kadar gas Nitrogen dioksida (NO₂) (Bima putra and Ana, 2019).

b. Suhu

Suhu yang menurun pada permukaan bumi, dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara relatif sehingga meningkatkan efek korosif bahan pencemar di daerah yang udaranya tercemar. Suhu udara yang semakin meningkat akan menyebabkan konsentrasi kadar Nitrogen dioksida (NO_2) di udara akan menurun. Jadi semakin tinggi suhu udara akan menyebabkan kadar gas Nitrogen dioksida (NO_2) di udara semakin rendah (Bima putra and Ana, 2019).

c. Pergerakan udara

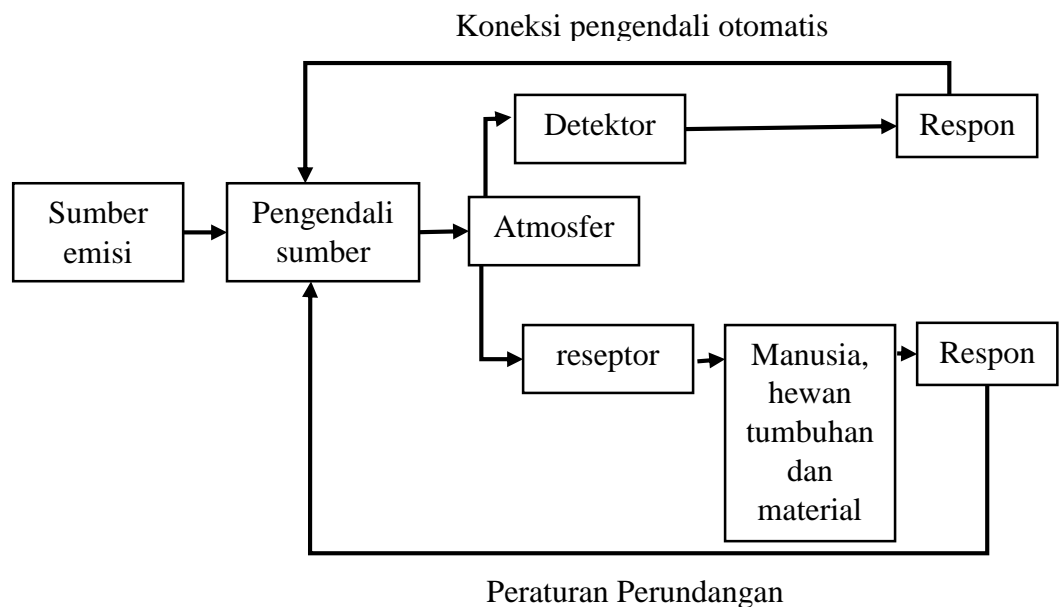
Pergerakan udara yang cepat dapat meningkatkan polusi udara. Kecepatan angin tinggi dan suhu udara stabil maka penyebaran polutan lebih cepat terjadi dan konsentrasi polutan tidak menumpuk di sekitar sumber emisi (HJ Mukono, 2011). Semakin tinggi kecepatan angin di titik lokasi pengukuran maka semakin rendah kadar gas Nitrogen dioksida (NO_2) di udara.

6. Proses Terjadinya Pencemaran Udara

Bahan pencemar udara merupakan suatu bahan yang berada di atmosfer dengan konsentrasi lebih tinggi dari tingkat normal lingkungan dan mempunyai resiko terhadap manusia, hewan, flora, dan material (Izarul, 2018). Proses pencemaran udara berasal dari 3 hal yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*), dan pembakaran (*combustion*) (Zakaria *et al.*, 2005). Pencemaran udara akibat pergesekan permukaan, penyebab utamanya adalah pencemaran partikel padat di udara dengan ukuran yang

bermacam-macam seperti pergergajian dan pengeboran. Penguapan merupakan perubahan perubahan fase cair menjadi gas seperti perekat. Sedangkan pembakaran merupakan reaksi kimia yang berjalan cepat dan membebaskan energi, cahaya dan panas, pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan bahan pencemar seperti karbon monoksida (CO) (Iwan Setiawan, 2010). Dari ketiga proses tersebut sangat dominan dalam menghasilkan polutan di udara, terutama dalam hal pembakaran.

Diagram alir sistem pencemaran udara menurut Seinfeld adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Pencemaran udara

Sumber: Buku Aspek Penyehatan Pencemaran Udara 2011

Seinfeld menggambarkan sistem pencemaran udara melalui diagram alir. Menurut Seinfeld sistem pencemaran udara di mulai dari sumber emisi yang dapat mengeluarkan polutan, kemudian polutan dapat dilakukan

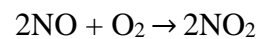
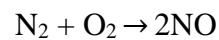
pengendalian mulai dari sumbernya. Polutan yang tidak dapat dikendalikan di sumber emisi akan berada di atmosfer, polutan dalam jumlah yang tinggi di atmosfer yang melebihi peraturan perundangan yang berlaku akan menyebabkan dampak negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan dan lainnya.

7. Nitrogen dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida (NO_x) adalah senyawa gas yang terdapat di udara bebas (atmosfer) yang sebagian besar terdiri atas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang lebih sedikit, kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan (Farida, 2018). NO merupakan gas yang tidak berbau dan berwarna, sedangkan NO₂ merupakan gas yang berbau tajam dan berwarna kemerahan. Gas NO₂ bersifat racun, dapat menyerang paru-paru mengakibatkan batuk, berbagai gangguan pernapasan, serta menurunkan visibilitas. NO₂ biasanya banyak terdapat dalam emisi gas buang diesel. Konsentrasi NO₂ berbanding terbalik dengan suhu udara disekitar. Jika suhu udara naik maka konsentrasi NO₂ di udara akan menurun begitu pula sebaliknya (Arinto Yudi Ponco, 2016).

Jumlah Nitrogen Oksida (NO) di udara lebih besar dari pada Nitrogen dioksida (NO₂). Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO₂ yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂ (Elvin, 2020).

Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan bahan polutan udara sebagai salah satu komponen utama yang memberikan kontribusi terhadap kualitas udara maupun kualitas air hujan (hujan asam) (Srikandi, 1992). Gas Nitrogen dioksida (NO_2) diperoleh dari hasil kegiatan-kegiatan manusia yang menggunakan proses pembakaran pada temperatur yang cukup tinggi.

Orang yang dalam keadaan sehat, maksimal hanya dapat menerima NO_2 dengan konsentrasi $4700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2,5 ppm) selama kurang dari 2 jam (Srikandi, 1992). Nitrogen Dioksida (NO_2) juga akan memperburuk penyakit paru-paru yang mengarah ke gejala penyakit pernafasan dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan. Selain itu NO_x berkontribusi terhadap pengasaman dan pengayaan nutrisi (eutrofikasi dan saturasi nitrogen) air tanah dan air permukaan, serta menyebabkan kerugian keanekaragaman hayati. NO_x yang bereaksi dengan senyawa organik volatile membentuk ozon dan oksidan lainya di dalam smog fotokimia, dan dengan air hujan menghasilkan asam nitrit yang menyebabkan hujan asam (Srikandi, 1992).

Konsetrasi NO_x diudara dalam suatu kota bervariasi tergantung dari sinar matahari dan aktivitas kendaraan. Perubahan konsentrasi NO_x berlangsung sebagai berikut:

- a. Sebelum matahari terbit, konsentrasi NO dan NO₂ tetap stabil pada konsentrasi sedikit lebih tinggi dari konsentrasi minimum sehari-hari.
- b. Setelah aktivitas manusia meningkat sekitar jam 6 – 8 pagi konsentrasi NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor.
- c. Terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, konsentrasi NO₂ meningkat karena perubahan NO primer menjadi NO₂ sekunder
- d. Konsentrasi ozon meningkat dengan menurunnya konsentrasi NO sampai kurang dari 0.1 ppm.
- e. Jika intensitas energi solar (sinar matahari) menurun pada sore hari (jam 5 – 8 sore) konsentrasi NO meningkat kembali.
- f. Energy matahari tidak tersedia untuk mengubah NO menjadi NO₂ (melalui hidrokarbon), tetapi O₃ yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO akibatnya terjadi kenaikan konsentrasi NO₂ dan penurunan O₃ (Srikandi, 1992).

8. Dampak Nitrogen dioksida (NO₂)

- a. Dampak terhadap lingkungan

Gas Nitrogen dioksida (NO₂) dan Sulfur dioksida (SO₂) diudara akan bereaksi dan membentuk hujan asam. Hujan asam akan mengasamkan tanah, sehingga menurunkan tingkat kesuburan tanah, mengasamkan danau dan aliran sungai sehingga akan mengancam

kehidupan biota air. Hujan asam juga dapat mempercepat korosi pada bangunan (Rofienda, 2004).

b. Dampak terhadap manusia

- 1) Infeksi saluran pernapasan
- 2) Peningkatan produksi lendir akibat iritasi oleh bahan pencemar.
- 3) Penyempitan saluran pernapasan.
- 4) Pembengkakan paru (edema pulmonari)
- 5) Terbentuknya MethHb (Meth Hemoglobin).
- 6) Peningkatan *inspiratory resistance*.
- 7) Peningkatan *expiratory resistance*
- 8) Terjadinya sembab paru
- 9) Terjadinya fibrosis paru
- 10) Rusaknya sel pembunuh bakteri di saluran pernapasan.
- 11) Pembengkakan saluran pernapasan dan merangsang pertumbuhan sel sehingga saluran pernapasan menjadi menyempit (HJ Mukono, 2011).

c. Dampak terhadap tanaman

Gas Nitrogen dioksida (NO_2) akan menyebabkan daun-daun pada tanaman menjadi bintik-bintik, dan terjadi nekrosis atau kerusakan pada daun (Rofienda, 2004).

d. Dampak terhadap hewan

Gas Nitrogen dioksida (NO_2) setelah dilakukan pada hewan-hewan di dapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Pemaparan pendek gas Nitrogen dioksida (NO_2) pada tikus dengan konsentrasi 0,5 ppm selama 4 jam menyebabkan perupahan jaringan dalam paru-paru.
- 2) Percobaan pada kelinci dengan Gas Nitrogen dioksida (NO_2) yang terpapar 4 jam dengan konsentrasi 0,25 ppm menghasilkan perubahan struktural di dalam collagen paru-paru.
- 3) Pemaparan Gas Nitrogen dioksida (NO_2) pada kera selama 2 jam dengan konsentrasi 10-50 ppm akan menyebabkan luka primer pada alveoli.
- 4) Konsentrasi Gas Nitrogen dioksida (NO_2) lebih dari 100 ppm akan bersifat lethal terhadap hewan, dan 90% kematian tersebut disebabkan oleh gejala edema pulmonary (Darmayasa, 2013).

9. Pengendalian Pencemaran Udara

Pengendalian pencemaran udara merupakan upaya pencegahan dan/penanggulangan pencemaran serta pemulihan mutu udara. Pengendalian pencemaran udara meliputi pengendalian dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, sumber tidak bergerak spesifik yang dilakukan dengan pengendalian sumber emisi atau sumber gangguan yang bertujuan untuk mencegah turunnya mutu udara ambien (PP, 1999).

Pengendalian pencemaran udara dapat dilakukan dari beberapa simpul yaitu sebagai berikut:

a. Simpul I

Pengendalian yang dilakukan pada sumber-sumber pencemaran. Pengendalian pada simpul ini dilakukan dengan cara pengolahan emisi, pembatasan jumlah sumber emisi, mengatur lokasi industri yang tidak dekat dengan permukiman warga, penegakan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan emisi. Pencegahan pencemaran NO₂ dari sumbernya pada kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Penggunaan *catalitic converter*, yang bersifat memecah gas NO₂ yang dihasilkan menjadi gas N₂ dan O₂ yang aman, hal ini dapat digunakan untuk kendaraan yang berbahan bakar mesin tanpa Pb.
- 2) Penggunaan kendaraan seperlunya saat berpergian.
- 3) Menghindari mengemudi kecepatan yang tinggi.
- 4) Agar proses pembakaran sempurna pada kendaraan bermotor dilakukan perawatan mesin secara teratur dan dilakukan pengukuran emisi gas buangnya (Rofienda, 2004).

b. Simpul II

Pengendalian pada simpul II dilakukan dengan melakukan penyerapan dan pelarutan polutan di udara. Pengendalian pada simpul II untuk pencemaran dengan gas NO₂ dapat dilakukan dengan dilakukan

dengan penanaman tumbuhan atau pohon dipinggir jalan, pembuatan Ruang Terbuka Hijau (RTH).

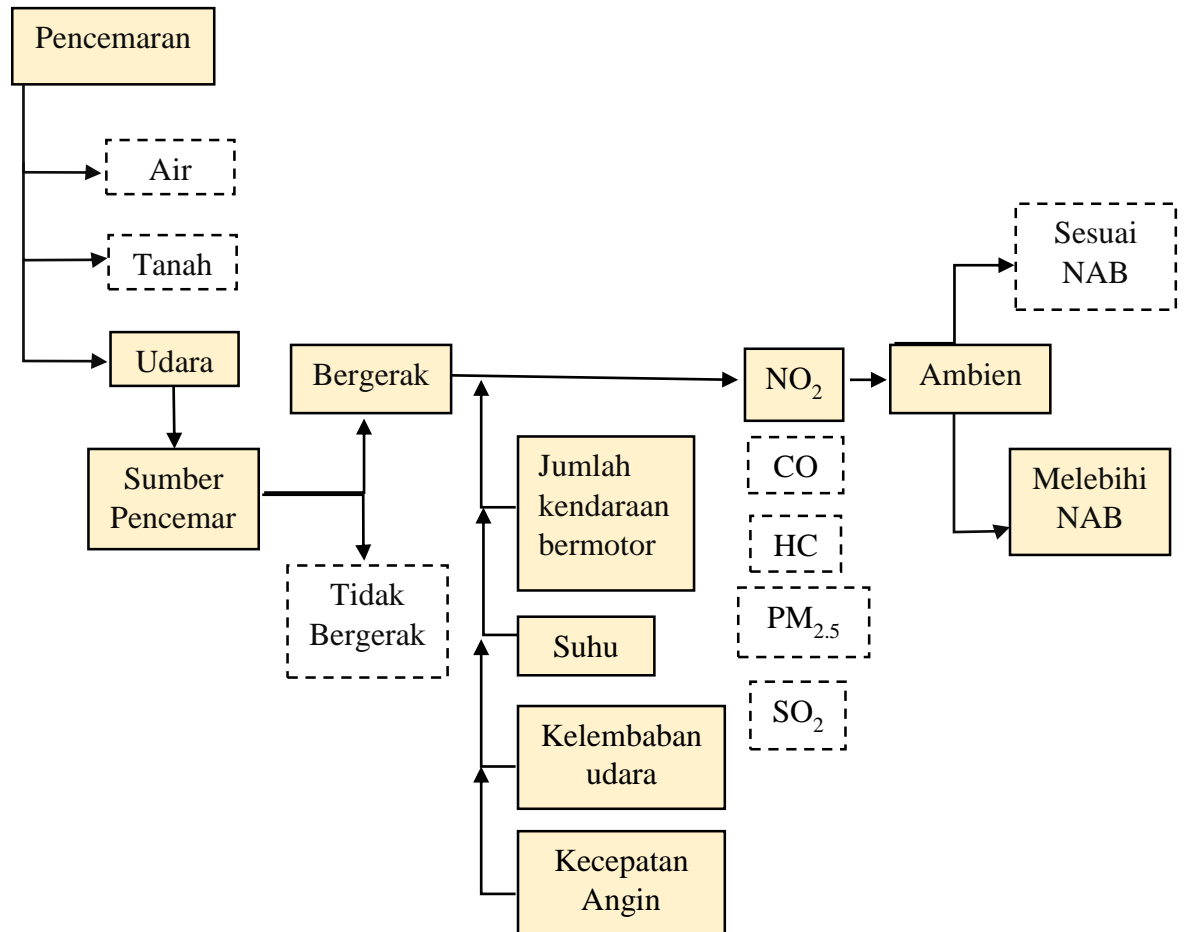
c. Simpul III

Simpul III merupakan semua masyarakat yang tinggal didekat sumber polutan dan terpapar secara terus menerus. Pengendalian yang dilakukan pada simpul III ini yaitu memberikan penyuluhan kepada masyarakat.

d. Simpul IV

Simpul IV merupakan semua orang yang diduga menderita kesakitan akibat terpapar polutan. Pengendalian pada simpul IV yaitu dengan memberikan perawatan kepada penderita.

B. Kerangka Konsep



Keterangan

: Diteliti

: Tidak diteliti

Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian

C. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana kadar polutan udara dengan parameter Nitrogen dioksida (NO_2) di wilayah Kota Yogyakarta?
2. Bagaimana kondisi suhu udara di titik lokasi pengukuran kadar Nitrogen dioksida (NO_2)?
3. Bagaimana kondisi kelembaban udara di titik lokasi pengukuran kadar Nitrogen dioksida (NO_2)?
4. Bagaimana kondisi kecepatan udara di titik lokasi pengukuran kadar Nitrogen dioksida (NO_2).
5. Mengetahui kondisi kepadatan kendaraan bermotor di titik lokasi pengukuran kadar Nitrogen dioksida (NO_2).