

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara

1. Pengertian Udara

Udara adalah campuran berbagai komponen yang tersebar bebas yaitu gas, partikel padat, partikel cair, energi, ion, dan zat organik. Komposisi udara terdiri dari campuran berbagai gas yang ada di permukaan bumi 78% udara kering bumi terdiri dari nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbondioksida, dan gas lain. Udara segar tidak berbau, terasa sejuk, dan ringan saat dihirup (Siburian, 2022).

Udara adalah atmosfer yang ada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting untuk kehidupan di muka bumi, dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbon dioksida (CO_2). Untuk proses fotosistensis oleh khlorofil daun, dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultraviolet dari matahari. Komposisi udara terutama uap air (H_2O) sangat dipengaruhi oleh keadaan suhu udara tekanan udara, dan lingkungan sekitarnya. Komposisi udara bersih dan kering, pada umumnya yaitu Nitrogen (N_2)= 78,09 % Oksigen (O_2)=2,94%. Udara secara umum dibagi menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Udara Ambien

Udara yang saat ini kita hirup setiap hari adalah ambien. Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi yang sangat mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan perubahan iklim global baik

secara langsung atau tidak langsung. Menurut peraturan No 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengolahan lingkungan hidup yaitu masuknya zat energi atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan. Baku mutu udara ambien adalah nilai pencemaran udara yang ditetapkan keberadaannya dalam udara ambien. Parameter-parameter udara ambien yaitu sulfur dioksida (SO₂), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Hidro karbon (HC), PM10, PM2,5 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 komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk kedalam udara ambien dan mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemaran.

B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah, ketika zat, energi dan komponen lain masuk ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sehingga tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara adalah gabungan berbagai jenis gas yang tidak tetap yang menganggu kehidupan. Udara juga merupakan atmosfer di sekeliling bumi, yang memiliki peran penting bagi kehidupan (Saidal, 2020)

1. Sumber pencemaran udara

a. Zat pencemaran primer

Zat kimia yang terkena kontaminasi udara dalam konsentrasi yang membahayakan. Zat kimia ini berasal dari komponen udara alamiah seperti karbon dioksida, yang meningkat diatas konsentrasi normal, atau hal yang tidak biasanya, ditemukan dalam udara, misalnya timbal.

Sumber bahan pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua golongan besar yaitu (Siburian, 2020):

1) Sumber alamiah (Sumber Alamiah) gunung berapi, kebakaran hutan, aktivitas mikroorganisme dan beberapa aktivitas alam yang dapat menyebabkan pencemaran udara.

2) Sumber buatan manusia (*Anthropogenic Sources*) pembakaran sampah, kegiatan rumah tangga, industry, kendaraan bermotor, dan lain-lain

b. Zat pencemar sekunder

Zat kimia berbahaya yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi kimia antar komponen-komponen udara seperti ozon (O₃)

C. Faktor yang mempengaruhi pencemaran udara

1. Kelembaban relative

Kelembapan relative merupakan perbandingan banyaknya uap air saat itu dan uap air maksimum yang terkandung oleh udara. Udara dengan kelembaban relatif rendah akan menyebabkan kekeringan selaput lender dan jika kelembaban terlalu tinggi dapat menyebabkan kegerahan dan meningkatnya mikroorganisme

2. Suhu

Suhu permukaan bumi akan meningkatkan efek korosif bahan tercemar diwilayah yang udaranya tercemar, meningkatnya suhu udara akan mengakibatkan penurunan konsetrasi gas nitrogen dioksida di udara (Putra, Ana, 2019)

3. Angin

Angin merupakan aliran udara, udara bergerak akibat adanya rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara. Angin akan bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke tempat yang tekanannya rendah. Angin berperan sebagai penyebar polutan di udara.

4. Iklim/cuaca

Iklim didefinisikan sebagai Gambaran klimatologi tertentu, yang mencakup sifaat dan karakteristik unik dari suatu tempat atau keadaan cuara rata-rata di suatu wilayah selama periode waktu yang lama. Suhu udara, kelembaban, kecepatan aliran udara, dan curah hujan adalah unsur-unsur iklim. Curah hujan adalah tinggi air hujan jika tidak ada yang merembes ke dalam tanah kelembaban udara dapat di pengaruhi oleh curah hujan.

D. Debu

Debu merupakan salah satu komponen penting dalam studi kualitas udara partikel debu dapat terdispersi di atmosfer dan memiliki dampak signifikan terhadap Kesehatan manusia dan lingkungan. menurut organisasi Kesehatan dunia (WHO), debu partikulat adalah salah satu polutan udara yang paling berbahaya, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak,

orang tua, dan individu dengan penyakit pernapasan (World Health Organization, 2021)

1. Sifat debu

Sifat-sifat debu tidak berfolkulasi, kecuali gaya tarikan elektris dan turun karena karena tarikan bumi debu di atmosfer. Sifat-sifat debu sebagai berikut:

- a. Sifat pengendapan adalah debu yang selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi. Debu yang mengendap dapat mengandung proporsi partikel yang lebih besar dari debu yang ada di udara.
- b. Permukaan basah. Permukaan debu yang basah disebabkan karena permukaannya dilapisi lapisan air yang tipis. Sifat ini menjadi penting sebagai pengendalian debu
- c. Sifat penggumpalan debu bersifat menggupal diakibatkan permukaan debu yang basah maka debu satu dengan yang lainnya lebih menempel membentuk gumpalan. Tingkat kelembapan dapat mempercepat membentuk gumpalan

E. Partikulat debu

Particulate Matter (PM) merupakan partikel debu tersuspensi di udara untuk waktu yang lama atau partikel debu yang ditemukan diudara, termasuk debu, kotoran, dan asap. Particulate matter adalah sumber emisi terbesar dan di udara ambient. Komponen-komponen terbesar PM yaitu dari sulfat, nitrat, ammonia, sodium klorida, karbon, debu mineral dan air (Ridayanti et al, 2022)

Adapun sumber Particulate Matter berdasarkan ukuran diameternya yaitu sebagai berikut

1. Partikulat yang sangat halus dengan diameter $\leq 0,1 \mu\text{m}$ dihasilkan dari konversi SO₂ dan senyawa organik baik di atmosfer maupun oleh proses kimia pada temperatur tinggi.
2. Partikulat dalam keadaan akumulasi dengan diameter $0,1 \mu\text{m}$ sampai $3 \mu\text{m}$. Partikulat ini dihasilkan oleh pembakaran fosil seperti minyak dan batu bara, pembakaran kayu bakar, konversi sulfur dioksida, NOx dan senyawa organik, dan operasi temperatur tinggi seperti pabrik baja atau peleburan logam.
3. Partikulat yang kasar berdiameter $> 3 \mu\text{m}$, yang dihasilkan dari pembuangan tanah dari jalan raya, konstruksi, dan pembakaran minyak dan batu bara yang tidak terkendali.

Partikel udara debu secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu: (Maziya, 2020)

- a. PM 2,5

Particulate Matter 2,5 adalah partikel debu yang memiliki ukuran $\leq 2.5 \mu\text{m}$. PM2,5 berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, termasuk lalu lintas jalan raya, pembangkit Listrik, pemanasan industry. Partikel halus PM2,5 adalah faktor risiko lingkungan utama penyakit dengan perkiraan 3 juta kematian yang disebabkan diseluruh dunia pada tahun 2017. Menurut World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa 92% dari populasi dunia tinggal di daerah dengan PM2.5 rata-rata tahunan lebih

besar dari $10\mu\text{m}/\text{m}^3$ melebihi kualitas udara untuk paparan PM_{2,5} (Lee & Greenstone, 2021)

b. PM10

PM10 adalah partikel yang lebih kecil dari 10 μm . PM10 terdiri dari partikel berukuran sekecil 2.5 μm hingga 10 μm . Partikel ini terdiri dari berbagai ukuran dan bentuk. PM10 berasal dari debu jalan, debu konstruksi, material handling, dan klapot kendaraan. PM10 merupakan pencemaran udara yang tergolong pencemaran primer (*primary pollutant*) yang masuk ke udara secara langsung dari sumber pencemaran seperti kendaraan bermotor. Partikel ini dapat menyebabkan masalah pernapasan dan kerusakan paru-paru (Nishihashi et al., 2019)

PM10 juga merupakan faktor penting bagi perubahan iklim. Karena peristiwa polusi udara sering terjadi dengan peran aktivitas manusia. Mobil dan pembakaran industri adalah sumber utama polutan udara ambien ditunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti kecepatan angin kencang, divergensi angin dan curah hujan memberikan pengaruh besar terhadap konsetrasi PM10 (Kim & Kim, 2020)

F. Sumber Debu

Debu dapat dihasilkan dari aktivitas manusia seperti transportasi, pada umumnya sumber debu yang sering kita temui dikehidupan sehari—hari yaitu proses pembakaran, transportasi dan industry. Secara umum sumber pencemaran udara menurut Depkes RI (1994:40)

1. Secara Ilmiah
 - a) Debu tanah kering yang terbawa oleh angin
 - b) Letusan gunung berapi
4. Dari manusia
 - a) Pembakaran yang tidak sempurna dari batu bara
 - b) Proses industry seperti pengamplasan kayu yang dapat menyebabkan abu berterbangan di udara
5. Partikel udara yang dihasilkan oleh kendaraan di jalan raya

G. Sumber debu dari transportasi

Debu yang dihasilkan dari aktivitas transpportasi adalah penyebab utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Sumber debu ini dapat berasalah dari berbagai jenis kendaraan, yang menggunakan bakar fosil maupun kendaan Listrik. Pencemaran udara dari transportasi tidak hanya berdampak pada kualitas udara, tetapi mempenngaruhi Kesehatan Masyarakat dan lingkungan

1. Sumber debu dari kendaraan bermotor

Kendaraan motor yang menggunakan bahan bakar fosil, merupakan sumber utama di jalan raya. Emisi dari kendaraan dari partikel-partikel halus, seperti PM10 dan PM2.5 yang dapat masuk kesaluran pernapasan manusia. Kendaraan motor sangat mempengaruhi polusi udara didaerah perkotaan.

2. Emisi dari knalpot

Emisi dari knalpoot kendaraan mengandung zat berbahaya, termasuk partikel debu. Kendaraan diesel menghasilkan emisi partikel yang

lebih tinggi, yang sangat mempengaruhi terhadap peningkatan kadar debu diudara

3. Debu permukaan jalan

Debu juga dapat dari sumber permukaan jalan akibat gesekan ban kendaraan, kendaraan yang melintas dapat mengangkat debu yang terakumulasi di permukaan jalan, terutama pada jalan yang beraspal.

Proses ini dapat meningkatkan konsetraasi debu di udara, terutama lalu lintas yang tinggi.

H. Faktor-faktor yang mempengaruhi Kadar debu

Konsetrasasi pencemaran di udara bergantung pada kondisi cuaca, kecepatan dan arah angin, suhu, dan kelembapan adalah unsur sangat penting dalam perubahan.

1. Transportasi

Transportasi adalah perpindahan manusia dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Sujarno dan Muryani, 2018). Beberapa faktor yang mempengaruhi emisi debu dari transportasi:

a. Volume lalu lintas

Semakin tinggi volume lalu lintas, semakin besar terjadinya peningkatan emisi debu. Lalu lintas tinggi memiliki konsentrasi debu yang tinggi. (Sugandi & Lifitri, 2020)

b. Jenis kendaraan

Jenis kendaraan yang melewati jalan lalu lintas mempengaruhi kadar debu, kendaraan berat seperti truk dan bus lebih menghasilkan lebih banyak debu.

c. Kondisi cuaca

Cuaca mempengaruhi emisi debu. Hujan dapat membantu mengendap debu, dan angin dapat mengangkat debu dari permukaan jalan

2. Temperatur

Temperatur adalah besaran yang menyatakan panas atau dinginnya suatu benda. Panas adalah energi yang mengalir dari suatu benda ke benda lain karena perbedaan temperatur. Secara umum temperatur atmosfer menurun dengan bertambahnya ketinggian, yang semakin tinggi suatu tempat semakin rendah temperaturnya. (Hastutiningrum & Sunarsih, 2019)

3. Kelembaban

Kelembaban adalah parameter yang menunjukkan jumlah uap air di udara karena air selalu dalam bentuk uap air, konsetrasi uap air di udara sangatlah tinggi dari pada udara dingin. Tingkat uap air di udara yang dingin, semakin banyak uap air yang ada di udara semakin tinggi kelembaban udara. Kelembaban yang tinggi dapat meningkatkan risiko flu dan infeksi pernapasan (Utama et al., 2019)

4. Suhu

Suhu rendah menyebabkan penggunaan bahan bakar naik. Pemanasan dapat menaiki jumlah pencemar. Perubahan suhu adalah faktor perubahan yang besar. Jika suhu turun maka udaraa tercemar dapat mengotori lingkungan.

5. Kecepatan angin

Kecepatan angin jarak yang ditempuh oleh gerakan angin atau udara per satuan waktu dan dinyatakan dalam meter per detik (m/s), kilometer per jam (km/jam) dan mil per jam (mi/jam). Satuan mil (mil laut) per jam disebut juga sebagai knot (kn); $1 \text{ kn} = 1,85 \text{ km/jam} = 1,151 \text{ mi/jam} = 0,514 \text{ m/s}$ atau $1 \text{ m/s} = 2,237 \text{ mi/jam} = 1,944 \text{ kn}$. Kecepatan angin bervariasi dengan ketinggian di atas tanah. Kecepatan angin dapat diukur dengan anemometer (Siregar & Supani, 2019)

I. Pengaruh dan dampak partikel debu

1. Pengaruh pada manusia

Udara yang mengandung debu akan masuk ke dalam paru-paru dengan jalur yang ditempuh hidung. Partikel udara dapat melekat pada saluran pernafasan manusia yang dapat menyebabkan bahaya bagi Kesehatan manusia.

- Gangguan Pernapasan: Partikel debu, terutama PM 10 dan PM 2.5, dapat menyebabkan berbagai masalah pernapasan seperti batuk, asma, dan penurunan fungsi paru-paru.
- Penyakit Paru-paru: Paparan jangka panjang terhadap debu dapat meningkatkan risiko kanker paru-paru dan penyakit

pneumokonosis, yang merupakan gangguan paru akibat paparan debu industry

2. Dampak Pada Lingkungan

Kualitas Udara yaitu Partikel debu berkontribusi terhadap pencemaran udara, yang dapat mengurangi kualitas udara dan mempengaruhi kesehatan masyarakat.

- a. Kualitas Tanah yaitu Debu yang mengendap di tanah dapat mengubah komposisi tanah dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.
- b. Ekosistem yaitu Partikel debu dapat merusak ekosistem dengan mengganggu habitat alami dan mempengaruhi kesehatan flora dan fauna.

J. Dampak Paparan Debu terhadap Saluran Pernapasan

Paparan debu yang masuk ke saluran pernapasan dalam waktu yang lama dapat menimbulkan gangguan saluran pernapasan. Faktor yang mempengaruhi debu terhadap gangguan saluran pernapasan, antara lain:

1. Jenis Debu Factor utama yang mengakibatkan gangguan saluran pernapasan merupakan jenis debu.
2. Konsentrasi Debu Efek terjadinya gangguan pernapasan adalah konsentrasi debu yang semakin tinggi.
3. Ukuran Partikel Debu Gangguan pada saluran pernapasan yang sebabkan oleh ukuran partikel debu adalah yang menentukan lokasi terdepositnya debu di dalam saluran pernapasan. Debu yang berukuran $5-10 \mu$ akan tertahan pada saluran pernapasan bagian atas,

untuk ukuran 3-5 μ akan tertahan pada saluran pernapasan bagian tengah yaitu pada trachea dan bronkiolus, untuk ukuran 103 μ akan mengendap di permukaan alveoli, dan debu yang berukuran di bawah 0,1 μ akan bergerak keluar masuk alveoli karena debu tersebut tidak mengalami pengendapan. Jadi semakin kecil ukuran partikel pada debu akan semakin berdampak buruk terhadap sistem pernapasan (Sumarmur, 2019).

K. Penyakit Akibat Paparan Debu

Penyakit yang diakibatkan oleh paparan debu adalah pneumoconiosis adalah segolongan penyakit pada paru-paru yang berupa penimbunan debu-debu. Menurut jenis-jenis debu yang dapat ditimbun di dalam paru-paru, maka pneumoconiosis dapat dibagi dalam:

1. Silicosis(oleh debu SO₂ bebas)
2. Asbestosis (debu asbes)
3. Berryliosis (debu berrylium)
4. Stanosis (debu kapas)
5. Siderosis (debu biji timah)
6. Abthracosis (Abthracosis)

Tabel 2.1 Tabel Partikel debu Mikron

| NO | UKURAN | SALURAN PERNAFASAN |
|----|--------------|---------------------------------------|
| 1. | 8-25 Mikron | Melekat di hidung |
| 2. | 2-8 Mikron | Melekat di saluran bronchial |
| 3. | 0,5-2 Mikron | Deposit pada alveoli |
| 4. | <0,5 mikron | Bebas keluar masuk melalui pernafasan |

1. 5-1 Mikron akan tertahan oleh saluran pernapasan bagian atas
2. 3-5 Mikron akan tertahan oleh saluran pernapasan bagian tengah
3. 1-3 Mikron, sampai di permukaan bawah
4. 5-1 Mikron, hinggap di permukaan selaput lendir
5. 0,1-0,5 mikron melayang di permukaan alveoli

Partikel debu pada keadaan terpapar lama menyebabkan reaksi fibrotic, gangguan keseimbangan autonomic, aktivitas kougulan dan stress oksidasi dalam paru-paru

L. Baku Mutu Udara Ambien Debu

Baku mutu udara aambien adalah ukuran batas atau kadat zat, energi dan komponen yang ada, dimana seharusnya ada pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Menurut PP 22 Tahun 2021 Baku mutu Udara Ambien Nasional PM10 (Partikel < 1Omm) yaitu: 75 $\mu\text{g}/\text{Nm}$ selama 24 jam, Partikulat debu <2,5 pm yaitu 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam, partikulat debu <100 pm yaitu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam

Tabel 2.2 Baku mutu udara

| No | Parameter | Waktu Pengukuran | Baku Mutu | Sitem Pengukuran |
|----|-----------------------------------|-------------------|--|-------------------------------|
| 1. | Partikulat debu < 2,5 pm (PM 2,5) | 24 Jam 1 Tahun | 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Aktif Manual Aktif Kontinu |
| 2. | Partikulat debu <10 pm (PM 10) | 24 Jam 1 Tahun | 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Aktif Kontinu Aktif Manual |
| 3. | Partikulat debu < 100 pm (TSP) | 24 Jam | 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Aktif Manual |

M. Kerangka Teori

Berdasarkan referensi yang digunakan sebagai dasar teori penelitian ini, maka peneliti membuat kerangka teori penelitian ini sebagai berikut:

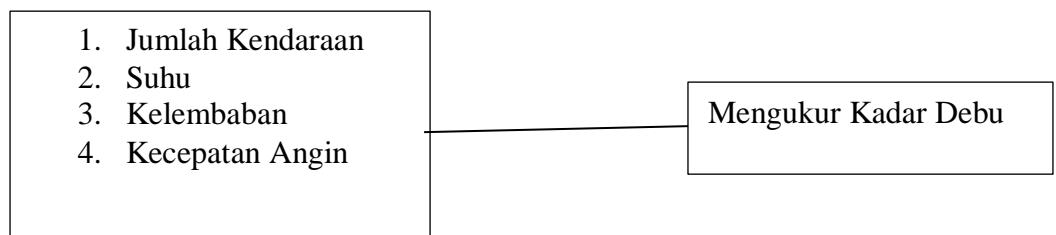


Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber sormin 2011

N. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori diatas, maka dapat disusun kerangka konsep dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 2.2Kerangka Konsep

O. Definisi Operasional

| No | Variabel | Definisi Operasional | Alat ukur | Cara ukur | Hasil ukur | Skala ukur |
|----|-------------------|--|--------------------------|------------------|------------------------|------------|
| 1. | Jumlah Kendaraan | Jumlah armada bis, mobil, motor dan mobil barang | Penghitung Manual | Pengumpulan data | Jumlah Total Kendaraan | Unit |
| 2. | Kadar Debu Ambien | Banyaknya debu berdasarkan dari hasil pengukuran di Jalan Diponegoro , Jalan Kartini, Jalan Raden Intan Bandar Lampung | <i>Pencacah Partikel</i> | Pengukuran |ug/m ³ | Rasio |
| 3. | Suhu | Temperatur udara di Jalan Kartini, Jalan Raden Intan Bandar Lampung | <i>Thermohygrometer</i> | Pengukuran |°C | Interval |

| | | | | | | |
|----|-----------------|--|-------------------------|------------|----------|----------|
| 4. | Kelembaban | Konsentrasi Kandungan uap di udara | <i>Thermohygrometer</i> | Pengukuran |% | Interval |
| 5. | Kecepatan Angin | Kecepatan aliran angin persatuan di Jalan Diponegoro, Jalan Kartini, Jalan Raden Intan | <i>Anemometer</i> | Pengukuran |m/s | Rasio |