

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Udara**

Udara merupakan faktor yang penting dalam hidup dan kehidupan. Namun pada era modern ini, sejalan dengan perkembangan pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, serta berkembangnya transportasi, maka, kualitas udara pun mengalami perubahan yang disebabkan oleh terjadinya pencemaran udara, atau, sebagai berubahnya salah satu komposisi udara dari keadaan yang normal; yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas- gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara dalam jumlah tertentu untuk jangka waktu yang cukup lama, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia (Ismiyati 2021).

Menurut Departemen Kesehatan RI yang dikutip oleh Sitepu (2017), partikel debu di udara mempunyai sifat - sifat pengendapan adalah sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi. Tetapi karena kecilnya ukuran debu, kadang-kadang debu ini relatif tetap berada di udara. Sifat permukaan basah adalah sifat permukaan debu cenderung selalu basah, dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini penting dalam pengendalian debu dalam tempat kerja. Sifat penggumpalan yaitu, Oleh karena permukaan debu selalu basah, sehingga dapat menempel satu sama lain dan dapat menggumpal. Turbulensi udara meningkatkan pembentukan penggumpalan debu. Kelembaban di bawah saturasi, kecil pengaruhnya terhadap penggumpalan debu. Kelembaban yang melebihi tingkat huminitas di atas titik saturasi mempermudah penggumpalan debu.

Menurut Departemen Kesehatan RI yang dikutip oleh Sitepu (2017), partikel debu di udara mempunyai sifat - sifat pengendapan adalah sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi. Tetapi karena kecilnya ukuran debu, kadang-kadang debu ini relatif tetap berada di udara. Sifat permukaan basah adalah sifat permukaan debu cenderung selalu basah, dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini penting dalam pengendalian debu dalam tempat kerja. Sifat penggumpalan yaitu, Oleh karena permukaan debu selalu basah, sehingga dapat menempel satu sama lain dan dapat menggumpal. Turbulensi udara meningkatkan pembentukan penggumpalan debu. Kelembaban di bawah saturasi, kecil pengaruhnya terhadap penggumpalan debu. Kelembaban yang melebihi tingkat huminitas di atas titik saturasi mempermudah penggumpalan debu.

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 :

### **1. 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-parameter udara ambien yaitu Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), O<sub>3</sub>, Hidro karbon (HC), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, Debu (TSP), Timah Hitam (Pb).

## **2. 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.

## **B. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara merupakan salah satu bagian dari pencemaran lingkungan fisik. Pencemaran lingkungan fisik yang lain adalah pencemaran air dan tanah. Udara merupakan kebutuhan yang paling utama untuk kehidupan makhluk di bumi. Metabolisme di dalam tubuh makhluk hidup tak mungkin berlangsung tanpa oksigen yang berasal dari udara. Setiap orang dewasa memerlukan pergantian udara paling sedikit 33 m<sup>3</sup> jam<sup>-1</sup>, akan tetapi kebutuhan oksigen yang diperoleh dari udara perkotaan, sering tercampur dengan berbagai bahan pencemar. Diantara bahan pencemar udara

yang paling banyak dijumpai pada udara perkotaan, khususnya yang berasal dari sektor transportasi adalah Pb dan CO ( Elsa Sulistiani 2024 ). Pencemaran udara adalah kontaminasi udara oleh zat berbahaya bagi manusia dan organisme hidup lainnya. Zat berbahaya tersebut dapat berupa gas, partikel, atau asap.

Beberapa contoh pencemaran udara adalah :

1. Asap knalpot kendaraan bermotor
2. Asap dari pembakaran sampah
3. Asap dari pembakaran batu bara atau gas
4. Asap dari pembakaran ladang
5. Asap dari tembakau
6. Debu dari pertambangan dan penggalian
7. Gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) dari penggunaan pupuk secara berlebihan

Beberapa penyebab pencemaran udara adalah :

1. Pembakaran bahan bakar yang tidak efisien
2. Pembakaran terbuka limbah, sisa pertanian, dan/atau perkebunan
3. Proses peleburan baja, pembuatan soda, semen, keramik, aspal
4. Kebakaran hutan
5. Gunung berapi Meletus
6. Aktivitas konstruksi

### C. Debu

Debu adalah salah satu bahan yang dianggap menjadi partikel yang melayang pada udara standar pelayanan minimal mempunyai ukuran satu mikron hingga 500 mikron. Pencemaran udara pada luar ruangan, debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang dipakai untuk menerangkan taraf bahaya baik terhadap lingkungan juga keselamatan & kesehatan pekerja (Primasanti & Herawati, 2022). Debu merupakan zat kimia padat yang disebabkan karena kekuatan alami dan mekanisme seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, dan peledakan dari benda organik maupun benda anorganik (Irawan, 2019).

Menurut WHO ukuran debu partikel dapat berkisar 0,1-5 atau 10 micron, sedangkan Departemen Kesehatan RI mengisaratkan bahwa ukuran debu membahayakan pada rentang 0,1-10 micron Berdasarkan Permenkes RI No. 13 tahun 2011 tentang nilai Ambang Batas faktor kimia di tempat bahwa kadar debu di tempat kerja maksimal 3mg/Nm<sup>3</sup> (WHO 2018).

Debu dalam kondisi tertentu merupakan agent kimia yang dapat menyebabkan pengurangan kenyamanan kerja, gangguan penglihatan, gangguan faal paru, bahkan dapat menimbulkan keracunan umum. Debu yang secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya kerusakan paru dan fibrosis. Debu dengan ukuran yang semakin kecil memiliki potensi yang semakin besar dalam menimbulkan gangguan faal paru pekerja karena debu dengan (Ardam, 2015). Debu merupakan partikulat padat yang berukuran antara satu mikron sampai dengan 100 mikron. Debu didefinisikan sebagai suatu sistem disperse (aerosol) dari partikulat padat yang dihasilkan secara

mekanik seperti crushing (penghancuran), handling (penghalusan) atau grinding (penggerindaan). Berdasarkan ukurannya, partikulat debu dibagi menjadi tiga kelompok yakni :

1. Partikulat debu inhalable, merupakan partikulat debu yang dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung serta berbahaya bila tertimbun dimanapun dalam saluran pernafasan.
2. Partikulat debu thoracic, merupakan partikulat debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernafasan atas dan masuk ke dalam saluran udara di paru- paru.
3. Partikulat debu respirable, adalah partikulat airborne yang dapat terhirup dan dapat mencapai daerah bronchiola sampai alveoli di dalam sistem pernafasan. Partikulat debu jenis ini berbahaya bila tertimbun di alveoli yang merupakan daerah pertukaran gas di dalam sistem pernafasan. Masalah pencemaran udara yang disebabkan oleh partikel padat TSP (Total Suspended Particulate) atau total partikel melayang dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Partikel debu melayang adalah suatu kumpulan senyawa dalam bentuk padatan atau tersebar di udara dengan diameter yang sangat kecil ukuran dari 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikel debu yang berukuran  $< 2,5$  mikron disebut sebagai Respirable particles dan dapat mengalami penetrasi sampai pada alveolus. Adanya partikel debu dalam alveolus dapat menyebabkan terjadinya kerusakan dinding alveolus dan merupakan salah satu faktor terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan.

#### **D. Sumber Debu**

Debu didefinisikan sebagai fraksi massa berukuran satu sampai 500 mikrometer

yang tersuspensi di udara, sebagai total suspended particulate (TSP). Sifat aerodinamiknya memungkinkan debu terhirup dan masuk ke dalam saluran pernafasan. Berdasarkan ukurannya, debu dibagi menjadi tiga kelompok yaitu debu total, debu terhirup, dan debu terespirasi. Debu total adalah keseluruhan partikel di udara tanpa memperhatikan ukuran dan kandungannya. Debu terhirup sebagai debu dengan ukuran yang dapat masuk ke dalam hidung dan tertahan di saluran pernafasan bagian atas yang bersilia. Adapun debu terespirasi adalah debu dengan ukuran partikel yang terkecil kurang dari empat mikrometer yang dapat berpenetrasi ke dalam sistem pernafasan bagian dalam dan terdeposisi pada alveolus hingga masuk ke dalam sistem peredaran darah (Susanto et., al 2024).

Debu di tempat kerja dapat berasal dari berbagai sumber, di antaranya :

1. Pengadukan material

Debu dapat dihasilkan dari pengadukan atau gangguan pada batu, mineral, kayu, serat, atau material lainnya.

2. Proses Mekanis

Debu dapat di hasilkan dari proses mekanis seperti penghancuran batu, pengeboran, dan peledakan. Penggergajian, pengamplasan dan pemotongan.

3. Pemlesteran

Debu dapat di hasilkan dari mempleser dinding atau langit-langit dengan campuran semen, pasir, dan air. Pembongkaran atau renovasi bangunan dan material lama yang mengandung asbestos. Debu yang terhirup dapat berdampak negatif terhadap Kesehatan manusia.

### **E. Sifat-Sifat Debu**

Menurut Purba, (2021) Kategorisasi debu berdasarkan sifatnya dapat dikelompokkan menjadi enam yaitu :

1. sifat pengendapan, yaitu debu yang cenderung selalu mengendap ka adanya grafitasi bumi.
2. sifat permukaan basa, sifatnya selalu basah dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis.
3. sifat penggumpalan, karena sifatnya selalu basah maka debu satu dengan yang lainnya cenderung menempel membentuk gumpalan.
4. debu listrik statik, debu mempunyai sifat listrik statis yang dapat menarik partikel lain yang berlawanan dengan demikian partikel dalam larutan debu mempercepat terjadinya penggumpalan.
5. sifat opsis, partikel yang basah atau lembab, lainnya dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap.

### **F. Jenis-Jenis Debu**

Berdasarkan jenisnya Purba, (2021) mengategorikan debu kedalam :

1. debu organik, contohnya: debu kapas, debu daun-daunan, dan tembakau.
2. debu mineral (merupakan senyawa kompleks:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_3$ , dan arang batu.
3. debu metal (debu yang mengandung unsur logam. Pb, Hg, Cd, Arsen).

Sedangkan berdasarkan karakter zatnya, debu terdiri atas :

1. debu fisik, seperti debu tanah, debu batu, mineral, dan fiber.



2. debu kimia (mineral organik dan anorganik).
3. debu biologis seperti virus, bakteri, kista dan debu radioaktif.

Di tempat kerja, jenis-jenis debu ini dapat ditemui di kegiatan pertanian, pengusaha keramik, batu kapur, batu bata, pengusaha kasur, pemintalan kapas, usaha penjahitan, laboratorium tata busana, dan sebagainya (Purba, 2021).

#### **G. 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 < 10mm) yaitu: 75µg/Nm selama 24 jam, Partikulat debu <2,5 pm yaitu 55 µg/m<sup>3</sup> selama 24 jam, partikulat debu <100 pm yaitu 230 µg/m<sup>3</sup> selama 24 jam. Menurut WHO 1996, ukuran debu partikel yang membahayakan adalah berukuran 0.1-5 atau 10 mikron. Debu ini akan terhisap dan mengendap di dalam paru - paru kita (Purba, 2021).

Sesuai Permenaker No.5 Tahun 2018, nilai ambang batas (NAB) atau threshold limit value (TLV) adalah standar faktor bahaya di tempat kerja sebagai kadar/intensitas rata-rata tertimbang waktu (time weighted avarage) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Lingkungan kerja yang aman dan sehat membuat setiap pekerja dapat melanjutkan pekerjaan mereka secara efektif dan efisien, sehingga produktivitas kerja pun dapat meningkat. Sebaliknya, jika tempat kerja tidak terorganisir dan banyak terdapat bahaya yang tidak terkendali,

kecelakaan kerja, kerusakan, dan absen sakit tak terhindarkan (Permenaker No.5, 2018).

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Udara Ambien Debu

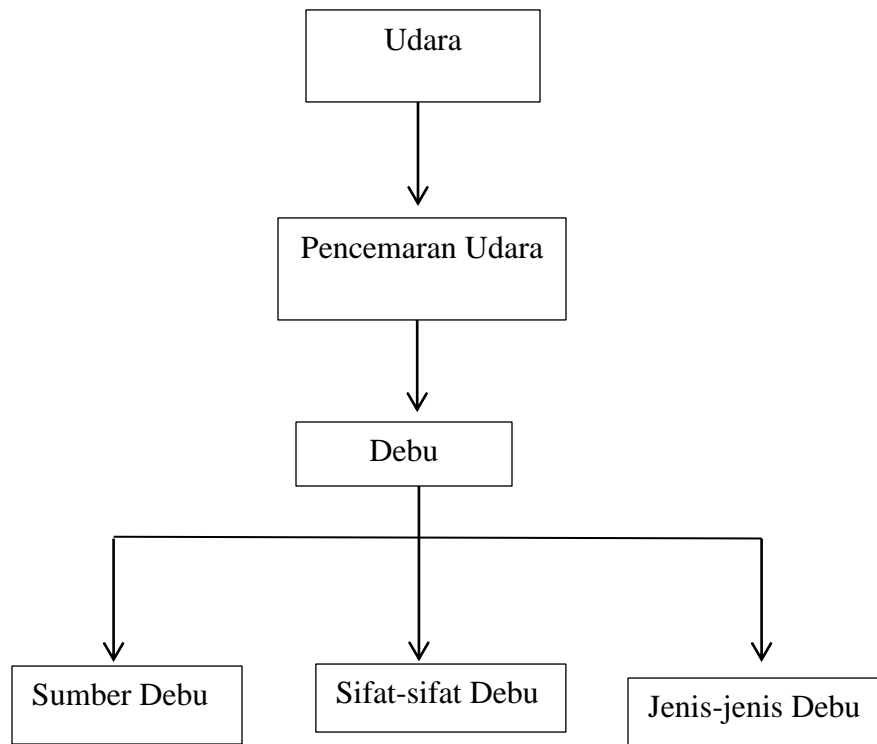
Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Partikulat debu < 100 TSP (Debu)	24 jam	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Tahun	90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Partikulat debu < 2,5 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{2.5}$ )	24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Tahun	15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Partikulat debu < 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )	24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Tahun	40 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Sumber Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999

## H. Alat Pelindung Diri

Penerapan penggunaan alat pelindung diri (APD) penting dilakukan sebagai tanggung jawab pabrik untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya keselamatan kerja dan kesehatan. Alat pelindung diri (APD) tidak hanya digunakan pada petugas rumah sakit atau petugas kesehatan saja, namun setiap karyawan yang bekerja di area pabrik harus menggunakan APD juga. Penggunaan alat perlindungan diri ini bertujuan untuk melindungi kulit atau badan dari kontak langsung dengan karyawan lain. Alat pelindung diri meliputi sarung tangan, masker, perlindungan mata, topi, gaun dan apron. Salah satu alat perlindungan diri yang digunakan untuk mencegah kontaminasi dengan yang lain adalah minimal penggunaan sarung tangan dan masker (Arsy et al., 2022).

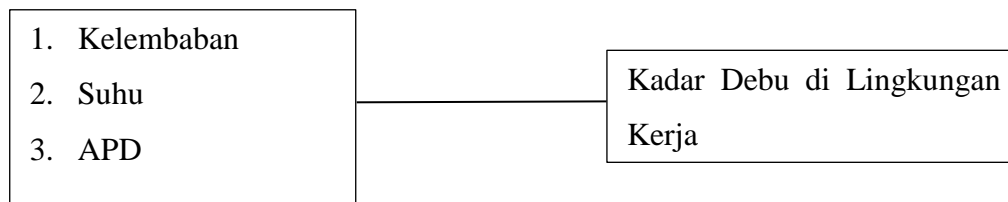
## I. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

## J. Kerangka Konsep

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



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

## K. Definisi Operasional

Tabel 2.4 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi operasional	Alat ukur	Cara ukur	Hasil ukur	Skala ukur
1.	Kadar Debu	Banyaknya debu berdasarkan dari hasil pengukuran di Gudang TK Maju Jaya Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah Tahun 2025	Indoor air quality	Pengukuran selama 1 jam di dua waktu pagi dan siang	Mg/m <sup>3</sup>	Rasio
2.	Penggunaan APD	Kepatuhan menggunakan APD seperti masker saat sedang bekerja yang berfungsi untuk mengurangi masuknya partikel debu kedalam saluran pernafasan.	Mencatat pelaksanaan nya pada lembar observasi	Ceklis	Observasi	Ordinal
3.	Suhu	Temperatur udara di Gudang TK Maju Jaya Terbanggi besar	Thermohygro meter	Pengukuran	....°C	Interval

4.	Kelembaban	Banyaknya kandungan uap air yang terkandung di udara dalam ruangan	Thermohygro meter	Pengukuran	....°C	Interval
----	------------	--	-------------------	------------	--------	----------