

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. UDARA**

##### **A.1. Definisi Udara**

Udara berada di atmosfer yang mengelilingi Bumi, yang terdiri dari campuran berbagai gas yang memiliki peran penting untuk kehidupan di Bumi, mengandung oksigen (O<sub>2</sub>) untuk pernapasan, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk fotosintesis oleh klorofil pada daun, dan ozon (O<sub>3</sub>) untuk perlindungan dari radiasi ultraviolet matahari (Nadzir, 2021).

Udara adalah campuran gas yang sebagian besar dihasilkan secara alami dan mengandung sejumlah besar polutan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Udara berkualitas baik memiliki sedikit partikel padat dan polutan kimia, dan udara berkualitas buruk memiliki kadar polutan yang tinggi dan kadang-kadang berkabut. Akibatnya, dapat disimpulkan bahwa udara ini berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia *University Corporation for Atmospheric Research (2021)*.

##### **A. 2. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara didefinisikan sebagai jumlah zat fisik, kimia, dan biologi di atmosfer yang dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup. Sumber pencemaran udara selalu terkait dengan sumber bergerak, biasanya kendaraan bermotor, dan sumber tetap, biasanya aktivitas industri. Pencemaran udara dapat disebabkan oleh sumber alami atau aktivitas manusia. Selalu ada standar kualitas udara yang digunakan untuk menangani pencemaran udara. (Siburian, 2020).

Menurut penelitian oleh Lin et al. (2020), pencemar udara adalah zat atau partikel yang hadir di atmosfer dan dapat mengganggu kesehatan manusia dan ekosistem jika terkonsentrasi dalam jumlah yang cukup tinggi. Pencemar udara dapat berasal dari berbagai sumber, seperti emisi kendaraan, industri, dan pembakaran biomassa. Dalam peraturan

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 mengatur perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup terkait udara ambien, yaitu udara bebas di troposfer permukaan bumi Republik Indonesia, yang diperlukan dan penting untuk kesehatan manusia, makhluk hidup, dan komponen lingkungan lainnya.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, polusi udara didefinisikan sebagai masuknya atau pembuangan zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara lingkungan melalui kegiatan manusia yang mengakibatkan melebihi standar kualitas udara yang ditetapkan. Polusi udara juga mengacu pada pelepasan polutan udara yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan Bumi secara keseluruhan.

(Mustafa, 2021).

### **A.3. Sumber Pencemaran Udara**

Menurut EPA (2021), Pencemar udara dapat berasal dari berbagai sumber seperti aktivitas manusia, alamiah, dan faktor cuaca. Berdasarkan sumbernya, pencemar udara dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. Pencemar udara dari sumber alamiah: debu vulkanik, asap hutan, dan gas alamiah seperti radon.
2. Pencemar udara dari aktivitas manusia
  - a. Kendaraan bermotor: emisi kendaraan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin dan diesel.
  - b. industri: emisi dari pabrik dan perusahaan industri, seperti asap, gas, dan debu yang dihasilkan dari proses produksi.
  - c. Pembangkit listrik: emisi dari pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil.

- d. Peralatan rumah tangga: peralatan seperti kompor gas, mesin cuci, dan AC dapat menghasilkan emisi jika menggunakan bahan bakar fosil.
  - e. Pertanian: emisi dari pertanian seperti amonia dari pupuk dan gas metana dari limbah ternak.
  - f. Konstruksi: debu dan partikel dari konstruksi bangunan dan jalan.
3. Pencemar udara dari faktor cuaca: polusi udara dapat terkait dengan faktor cuaca seperti angin dan suhu udara.
  4. Pencemar udara dari kebakaran: emisi yang dihasilkan dari kebakaran hutan, lahan gambut, dan kebakaran bangunan.
  5. Pencemar udara dari limbah: emisi dari limbah yang dibuang ke udara seperti gas metana dari tempat pembuangan sampah dan limbah industri.
  6. Pencemar udara dari aktivitas kelautan: emisi dari aktivitas kelautan seperti kapal dan aktivitas pengeboran minyak.

#### **A.4. Baku Mutu Kualitas Udara**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 02 Tahun 2003 tentang Standar Kualitas Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Air, Udara, Tanah, Makanan, Fasilitas Bangunan, Vektor Penyakit, dan Hewan:

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Kualitas Udara**

No	Parameter	SBMKL	Unit	Metode Pengukuran	Keterangan
Parameter Fisik					
1	Suhu	18 – 30	° C	<i>Direct reading, thermometer</i>	Tergantung penggunaan ruang
2	Pencahayaan	Minimal 60	Lux	<i>Direct reading, lux meter</i>	Tergantung penggunaan ruang
3	Kelembapan	40-60	% Rh	<i>Direct reading, Hygrometer</i>	Tergantung penggunaan ruang
4	Laju ventilasi	0,15-0.25	m/detik	<i>Direct reading, Anemometer</i>	
5	PM <sub>10</sub>	70	µg/m <sup>3</sup>	Direct reading, gravimetri, Dust sampler PM 10	Durasi 24 jam (batas tertinggi)
6	PM <sub>2,5</sub>	25	µg/m <sup>3</sup>	<i>Direct reading, gravimetri, Dust sampler PM<sub>2,5</sub></i>	Durasi 24 jam (batas tertinggi)

**Sumber: Permenkes RI No.2 Tahun 2023**

#### **A.5. Dampak Pencemaran Udara.**

Polusi udara dapat sangat berbahaya. Dalam jangka pendek, dapat menyebabkan masalah pernapasan, iritasi mata, dan kelelahan, dan dalam jangka panjang, dampaknya dapat sangat berbahaya, termasuk penyakit jantung, kanker paru-paru, dan bahkan efek negatif pada perkembangan anak (Sivarethinamohan et al., 2020). Polusi udara juga mempengaruhi lingkungan, termasuk perubahan iklim, kerusakan lapisan ozon, dan hujan asam yang dapat merusak ekosistem air dan tanah. Pengendalian polusi

udara membutuhkan upaya gabungan dari pemerintah, industri, dan masyarakat.(Anandari et al., 2024)

#### **A.6. Udara Dalam Ruangan (*Indoor Air Quality*)**

Indoor Air quality mengacu pada kualitas udara di rumah, sekolah, kantor, atau lingkungan bangunan lainnya. Kualitas udara di dalam dan sekitar ruangan disebut sebagai kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality*), terutama terkait dengan kesehatan dan kesejahteraan penghuni ruangan (*Central Pollution Control Board, 2014*). Salah satu komponen penting yang memengaruhi kesehatan manusia adalah kualitas udara. Faktor-faktor seperti kondisi fisik, paparan kimia, dan kontaminasi biologis memengaruhi kualitas udara di dalam ruangan (Slezakova et al., 2012). Selain itu, ventilasi memengaruhi udara luar yang masuk ke dalam ruangan. Pengetahuan tentang polusi udara dalam ruangan diperlukan untuk menghindari atau mengurangi paparan terhadap polutan dan dengan demikian meningkatkan kualitas udara dalam ruangan (*United States Environmental Protection Agency, 2016*).

Berbagai faktor, seperti aktivitas penghuni, seperti memasak, merokok, kebersihan rumah, jumlah perabotan, suhu, kelembapan, dan emisi dari luar, mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan. Jika banyak aktivitas dilakukan di dalam ruangan tanpa sirkulasi udara yang baik, hal ini akan mempengaruhi kualitas udara (Aprillia & Tangahu, 2023).

Gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara dalam ruang dapat terjadi karena pada umumnya manusia hampir 90% menghabiskan waktu berada di dalam ruangan. Dampak kesehatan akibat pencemaran udara dalam ruang dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Dampak langsung pada tubuh, terutama pada bagian tubuh atau organ yang bersentuhan langsung dengan udara, meliputi iritasi hidung dan tenggorokan, iritasi mata, pneumonia, influenza, dan penyakit virus lainnya. Dampak tidak langsung, di sisi lain, dapat menyebabkan masalah

kesehatan yang mungkin muncul setelah paparan, seperti penyakit jantung dan paru-paru, bahkan kanker (Permenkes, 2011).

## **A.7. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Udara Dalam Ruangan**

### **A. Suhu**

Suhu adalah tingkat derajat panas atau dingin yang diukur pada skala tertentu. Suhu adalah ukuran energi kinetik molekul-molekul suatu unsur dan meningkat ketika panas mengalir ke suatu benda. Alat yang disebut termometer dapat digunakan untuk mengukur suhu. Suhu diukur dalam derajat Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Suhu udara berkaitan dengan proses pertukaran energi yang terjadi di atmosfer, suhu udara tidak langsung terkait dengan persepsi manusia; namun, suhu udara berubah sesuai dengan lokasi dan waktu.

### **B. Kelembapan**

kelembapan udara akibat uap air. Suhu mempengaruhi derajat saturasi. Kelembapan relatif (RH) adalah rasio persentase antara tekanan saturasi uap air dan tekanan parsial uap air, yang menyebabkan kompresi. Umumnya, ukuran kelembapan udara adalah kelembapan relatif. Untuk mengukur kelembapan udara, menggunakan alat termohigrometer

### **C. Kecepatan Angin**

Angin adalah pergerakan massa udara secara horizontal. Angin berasal dari perbedaan tekanan antara titik tekanan udara tinggi dan rendah. Nama-nama angin didasarkan pada tempat mereka berasal; angin barat, misalnya, berasal dari arah barat. Angin memiliki jalur dan kecepatan tertentu. Kecepatan angin seringkali menyebabkan berbagai jenis kerusakan, seperti goyangan daun dan ranting, pergerakan cabang besar, pohon tumbang, dll.

Salah satu indikator cuaca adalah kecepatan angin. Kecepatan pergerakan udara horizontal pada ketinggian tertentu juga dikenal sebagai kecepatan angin. Kecepatan angin dipengaruhi oleh kemiringan perbedaan tekanan antara titik asal dan tujuannya. Jika ada perbedaan tekanan kecil, angin akan lebih lemah, tetapi jika ada perbedaan tekanan besar, angin akan lebih kencang.

#### **D. Ventilasi**

Ruangan Ventilasi merupakan media pertukaran udara yang dapat mengatur kondisi kenyamanan ruangan, memperbaiki udara, dan menjaga kebersihan udara dari kontaminan (Rachmatantri et al., 2015). Pertukaran udara yang kurang baik dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Ada dua jenis sistem ventilasi, yaitu ventilasi pasif seperti membuka jendela dan ventilasi aktif atau mekanis yang dapat mempertahankan tingkat ventilasi dan mencegah kejahatan (Suzuki et al., 2019). Pertukaran udara antara juga dapat terjadi melalui proses infiltrasi pada retakan dan kebocoran pada bangunan (Leung, 2015). Jendela yang terbuka merupakan ventilasi alami yang dapat mengalirkan udara dari luar ke dalam ruangan, ataupun sebaliknya. Melalui ventilasi alami pula, polusi udara dari luar dapat masuk ke dalam rumah. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1077/MEN.KES/PER/V/2011 untuk meningkatkan kualitas udara, regulasi udara dapat digunakan untuk melakukan hal-hal berikut:

- a) Rumah harus memiliki sistem ventilasi silang yang mencakup setidaknya 10 % dari luas lantai,
- b) Pada rumah yang menggunakan AC (Air Conditional), AC harus dirawat secara teratur sesuai dengan petunjuk penggunaan, dan setidaknya pada pagi hari, jendela harus dibuka untuk memastikan pertukaran udara berjalan dengan baik.
- c) Menggunakan exhaust fan
- d) Mengatur tata letak ruang.

### **E. Aktifitas penghuni.**

Aktifitas penghuni Merupakan salah satu faktor sumber polutan dalam ruang. Kegiatan memasak, melalui pemanasan, pembakaran, dan penguapan menghasilkan gas polutan PM, CO, dan NO<sub>2</sub> (Syafei et al., 2020). Memasak menghasilkan polutan dalam ruangan yang berasal dari minyak panas, lemak, atau bahan-bahan lain yang dimasak pada suhu tinggi. Sumber utama polusi udara rumah tangga adalah pembakaran yang tidak sempurna dari biofuel, meningkatkan komponen kimia seperti karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>), partikulat (PM), benzena, formaldehida, senyawa poliaromatik, arsenik, dan timbal (Kurt et al., 2017). Kebiasaan merokok juga dapat menimbulkan pencemaran udara. Rokok mengandung bahan-bahan yang bersifat toksik, dan karsinogenik. Menurut Rahim dan Carmin (2018), merokok dapat menyumbangkan 7 – 23 mg PM<sub>2.5</sub> ke udara, polutan akan menetap lama pada rambut, baju, dan lantai. Asap rokok dapat memperparah gejala penderita asma pada anak-anak, menyebabkan kanker paru

### **A.8. Indeks Air Quality atau Air Quality Index (AQI)**

Salah satu standar yang digunakan untuk mengukur polusi udara adalah indeks kualitas udara (Air Quality Indeks). Indeks standar pencemaran udara di Indonesia (ISPU) adalah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas udara di Indonesia di Beijing, Indeks Kualitas Udara (AQI); di Singapura, Indeks Standar Pencemaran (PSI); di Korea Selatan, Indeks Kualitas Udara Komprehensif (CSI); di Inggris, Pengelompokan Pencemaran Udara (APB); di Eropa, Indeks Kualitas Udara Bersama (CAQI); dan lainnya. Di Indonesia, indeks polusi udara (ISPU) atau indeks kualitas udara (AQI) diatur sesuai dengan Keputusan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997, dan

setiap negara memiliki lembaga atau instansi yang menangani polusi lingkungan.

US AQI Level	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	Health Recommendation (for 24 hour exposure)
WHO PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> ) Recommended Guidelines as of 2024: 0-5.0		
Good 0-50	0-9.0	Air quality is satisfactory and poses little or no risk.
Moderate 51-100	9.1-35.4	Sensitive individuals should avoid outdoor activity as they may experience respiratory symptoms.
Unhealthy for Sensitive Groups 101-150	35.5-55.4	General public and sensitive individuals in particular are at risk to experience irritation and respiratory problems.
Unhealthy 151-200	55.5-125.4	Increased likelihood of adverse effects and aggravation to the heart and lungs among general public.
Very Unhealthy 201-300	125.5-225.4	General public will be noticeably affected. Sensitive groups should restrict outdoor activities.
Hazardous 301+	225.5+	General public at high risk of experiencing strong irritations and adverse health effects. Should avoid outdoor activities.

Gambar 2. 1 Air Quality Index (AQI)

## B. PARTIKULAT PM<sub>2,5</sub>

### B.1. Definisi PM<sub>2,5</sub>

Partikel berukuran 2,5 mikrometer atau lebih kecil dikenal sebagai partikel halus (PM), yang dapat terlihat dengan mata telanjang dan dapat terhirup dan menumpuk di paru-paru manusia, menyebabkan masalah kesehatan. Partikel berukuran 2,5 mikrometer dapat ditemukan dipolusi yang disebabkan oleh kendaraan bermotor, emisi pabrik, pembakaran kayu, minyak, dan batu bara, serta aktivitas didalam ruangan seperti asap rokok, memasak, pembakaran lilin, dan aktivitas lainnya. (Rosa dkk., 2020).

Partikel halus (PM<sub>2,5</sub>) adalah partikel halus diudara yang berasal dari berbagai sumber, seperti industri, pembakaran bahan bakar, atau emisi kendaraan bermotor. Partikel-partikel yang sangat kecil ini dapat masuk ke

saluran pernapasan manusia dan menyebabkan masalah kesehatan, transportasi polutan yang tersebar disebabkan oleh kecepatan angin dan turbulensi atmosfer (Mutu, 2023)

## **B.2. Proses Pembentukan PM<sub>2,5</sub>**

Partikel berasal dari sumber alami dan antropogenik. Sumber alami termasuk gunung berapi, hutan, kebakaran padang rumput, dan sebagainya. Sumber antropogenik berasal dari emisi lalu lintas, aktivitas industri atau konstruksi, dan pembakaran limbah (Aprilia, 2021).

Komposisi PM sebagian besar yaitu  $\pm 90\%$  berasal dari emisi alam yang akan terakumulasi dalam ukuran partikulat kasar berdiameter  $> 2,5 \mu\text{m}$  yang teremisi secara primer ke atmosfer. Komposisi yang sisanya  $\pm 10\%$  merupakan partikulat halus dengan diameter  $\leq 2,5 \mu\text{m}$ . PM<sub>2,5</sub> terdiri dari sulfat, nitrit, senyawa organik, senyawa ammonium, logam zat asam dan polutan lainnya yang dapat membahayakan Kesehatan manusia. PM<sub>2,5</sub> dapat berasal dari pembakaran, asap rokok, emisi, kendaraan bermotor, aktivitas bermotor, aktivitas industri, dan berbagai sumber lainnya (Aristi, 2020). Sumber PM<sub>2,5</sub> sebagai besar berasal dari aktivitas manusia dari pada sumber alami, terutama dari emisi lalu lintas. Aktivitas industri juga menyebabkan pembakaran yang menghasilkan banyak partikel (Putra, 2022). Partikulat halus berasal dari dua jenis sumber alami yaitu gunung berapi, kebakaran hutan, kebakaran padang rumput, dan sebagainya. Dan buatan manusia yaitu emisi lalu lintas, aktivitas konstruksi atau industri, pembakaran limbah dan sebagainya (Aprilia, 2021).

Sekitar 90% emisi alami dalam PM terdiri dari partikel kasar dengan diameter lebih dari  $2,5 \mu\text{m}$ , yang Sebagian besar dilepaskan ke atmosfer. Partikel halus dengan diameter kurang atau sama dengan  $2,5 \mu\text{m}$  menempati sisa 10%. PM<sub>2,5</sub> terdiri dari asam sulfat, nitrat, senyawa organik, senyawa ammonium : logam, zat asam, dan polutan lainnya yang dapat membahayakan kesehatan manusia. PM<sub>2,5</sub> dapat berasal dari pembakaran, asap rokok, emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, dan berbagai

sumber lainnya. (Aristi, 2020). Sumber  $PM_{2,5}$  sebagian besar berasal dari aktivitas manusia dari pada sumber alami, terutama dari emisi lalu lintas. Aktivitas industri juga menyebabkan pembakaran yang menghasilkan banyak partikel (Putra, 2022).

### **B.3. Dampak $PM_{2,5}$ Terhadap Kesehatan**

Ketika terpapar konsentrasi  $PM_{2,5}$  di udara, kesehatan manusia dapat memburuk atau terganggu.  $PM_{2,5}$  dapat menyebabkan reaksi inflamasi saat dihirup dan masuk ke alveoli, yang dapat mengganggu fungsi paru-paru akibat peradangan. Setelah 5-6 tahun paparan. Fungsi paru-paru dapat menurun. Kematian dini, penyakit pernapasan kronis, asma, penyakit kardiovaskular, masalah pernapasan akut, dan penurunan fungsi paru-paru semuanya dapat dikaitkan dengan  $PM_{2,5}$ . Partikel  $PM_{2,5}$  diklasifikasikan berbahaya karena mengandung berbagai logam beracun dan asam karena sifatnya yang aerodinamis, dapat masuk ke area terdalam paru-paru (Aristi, 2020).

Polutan  $PM_{2,5}$  dapat mengganggu kemampuan tubuh secara alami untuk mengeluarkan partikel dari saluran pernapasan bahkan paru-paru (Y. Wang et al., 2023). Masalah pernapasan seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dapat disebabkan oleh partikel-partikel kecil ini yang dapat masuk ke saluran pernapasan bagian bawah. Selain itu, paparan jangka panjang terhadap polutan udara dapat melemahkan sistem pernapasan, meningkatkan risiko tertular tuberculosis.

Dengan merusak sistem pertahanan alami saluran pernapasan, mengganggu proses pembersihan mukosiliar, merusak sel makrofag, dan menyebabkan peradangan jangka panjang, melalui pelepasan mediator peradangan, polutan udara meningkatkan risiko infeksi. Selain itu, paparan partikel seperti  $PM_{2,5}$  mempengaruhi respons kekebalan terhadap infeksi mikobakteri dengan menghambat ekspresi sitokin dan kemokin penting yang mengontrol infeksi. Menurunnya respons kekebalan terhadap mikobakteria dapat meningkatkan risiko penyakit tuberculosis (Dimala &

Kadia, 2022). Daya kembang paru menjadi terbatas akibat adanya inflamasi. Penurunan fungsi paru dapat terjadi setelah terpapar selama 5-6 tahun. PM<sub>2,5</sub> juga akan mengakibatkan kematian prematur, penyakit pernapasan kronis, asma, penyakit kardiovaskular, gejala pernapasan akut, dan penurunan fungsi paru. PM<sub>2,5</sub> digolongkan sebagai partikulat yang cukup berbahaya karena memiliki komposisi berbagai macam logam toksik dan asam, serta aerodinamis dapat melakukan penetrasi sampai ke bagian paru-paru yang terdalam (Aristi, 2020).

## **C. Sumber Aktivitas Pembakaran Rumah Tangga**

### **C.1. Kompor Gas**

Program peralihan dari minyak tanah ke gas LPG telah mencapai sekitar 4,8 juta rumah tangga dan usaha kecil menengah (UKM) di hampir seluruh wilayah Indonesia. Hampir 48 juta kompor telah dibagikan kepada masyarakat, menjadikan program konversi energi terbesar di dunia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Laboratorium Energi Universitas Trisakti biaya merebus 5 liter air adalah Rp 11,6/menit untuk LPG dan Rp 13,8/menit untuk minyak tanah. BPS mencatat, mayoritas atau sebanyak 86,91% rumah tangga di Indonesia menggunakan gas sebagai bahan bakar utama untuk memasak pada 2022.

### **C.2. Kayu Bakar**

Kayu bakar digunakan untuk memasak makanan, memanaskan air, dan pemanasan (pembangkitan panas). Karena daya beli yang rendah dan kesulitan menemukan pekerjaan alternatif diluar sektor pertanian, masyarakat di daerah pedesaan masih menggunakan kayu bakar sebagai sumber energi seperti minyak tanah dan gas. Dari 54,9 juta rumah tangga di Indonesia, 26,2 juta (47,1%) menggunakan kayu bakar, sebagian besar di daerah pedesaan (Pusat Perencanaan dan Statistik Kehutanan, 2005). 3,7 juta rumah tangga (6,77 persen) menggunakan kayu bakar di daerah perkotaan. Partikel halus (PM<sub>2,5</sub>) dan karbon monoksida (CO), karbon

dioksida (CO<sub>2</sub>), dan asam asetat dan asam formiat dihasilkan dari kayu bakar.

## **D. Low - Cost Sensor (LCS)**

### **D.1. Definisi Low – Cost Sensor (LCS)**

*Low Cost Sensor* diproduksi untuk mewujudkan aplikasi pemantauan lingkungan yang tepat. Sensor berbiaya rendah memungkinkan udara ambien diketahui, membedakan antara kualitas udara yang baik, sedang, dan tidak sehat ketika jarak pandang buruk. Sensor berbiaya rendah ini memungkinkan penggunaan dalam jaringan sensor yang padat, sekaligus meningkatkan jaringan pemantauan secara spasial dan temporal. Kemampuan sensor densitas rendah bervariasi sesuai dengan tujuan aplikasi produsen, apakah itu paparan pribadi, pengawasan lingkungan, atau seluler. Meningkatnya permintaan penggunaan LCS untuk pemantauan udara ambien dapat dijelaskan dengan meningkatnya minat peneliti dan masyarakat terhadap kualitas udara (Raysoni et al., 2023).

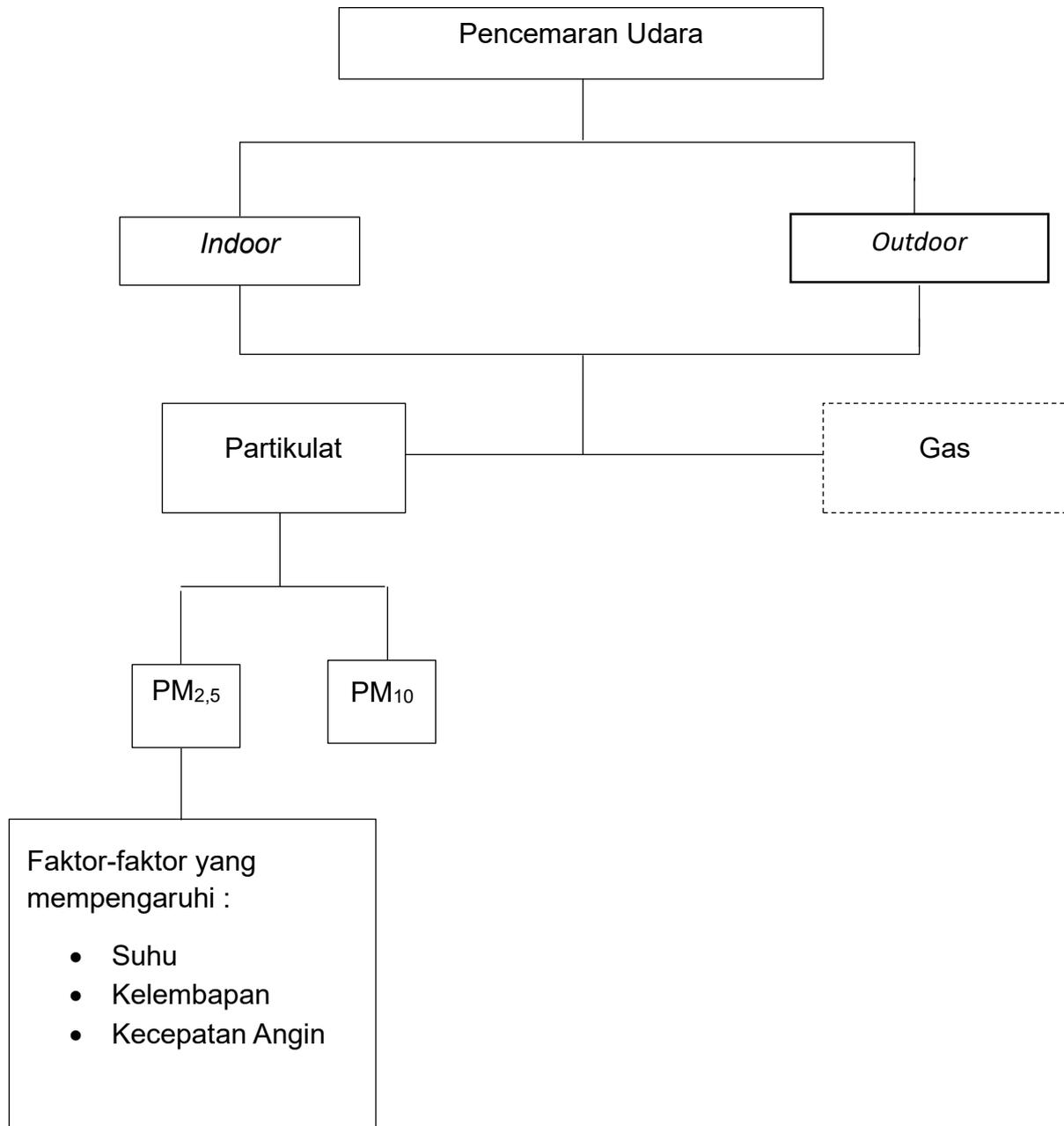
### **D.2. Low Cost Sensor Purple Air**

*Purple Air* adalah paket sensor PM yang terdiri dari dua sensor partikel hamburan laser (*Plantower PMS5003*), sensor tekanan-suhu-kelembaban (*Bosch BME280*), dan prosesor berkemampuan *Wi-Fi* yang memungkinkan data diunggah ke *cloud* dan digunakan secara *real time*. Ketika *sensor PurpleAir* terhubung ke internet, data akan dikirim ke repositori data *PurpleAir* di aplikasi *ThingSpeak*. Pengguna dapat memilih untuk membuat data mereka dapat dilihat oleh publik (publik) atau mengontrol pembagian data (pribadi). Agensi dengan sensor yang di-porting ulang secara pribadi menyediakan kunci antarmuka pemrograman aplikasi (API) sehingga data dapat diunduh. Pencatatan/rata-rata intervalnya ialah 2 menit dan parameter yang dapat diukur PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> (Barkjohn et al., 2021).



**Gambar 2. 2 Low Cost Sensor Purple Air**

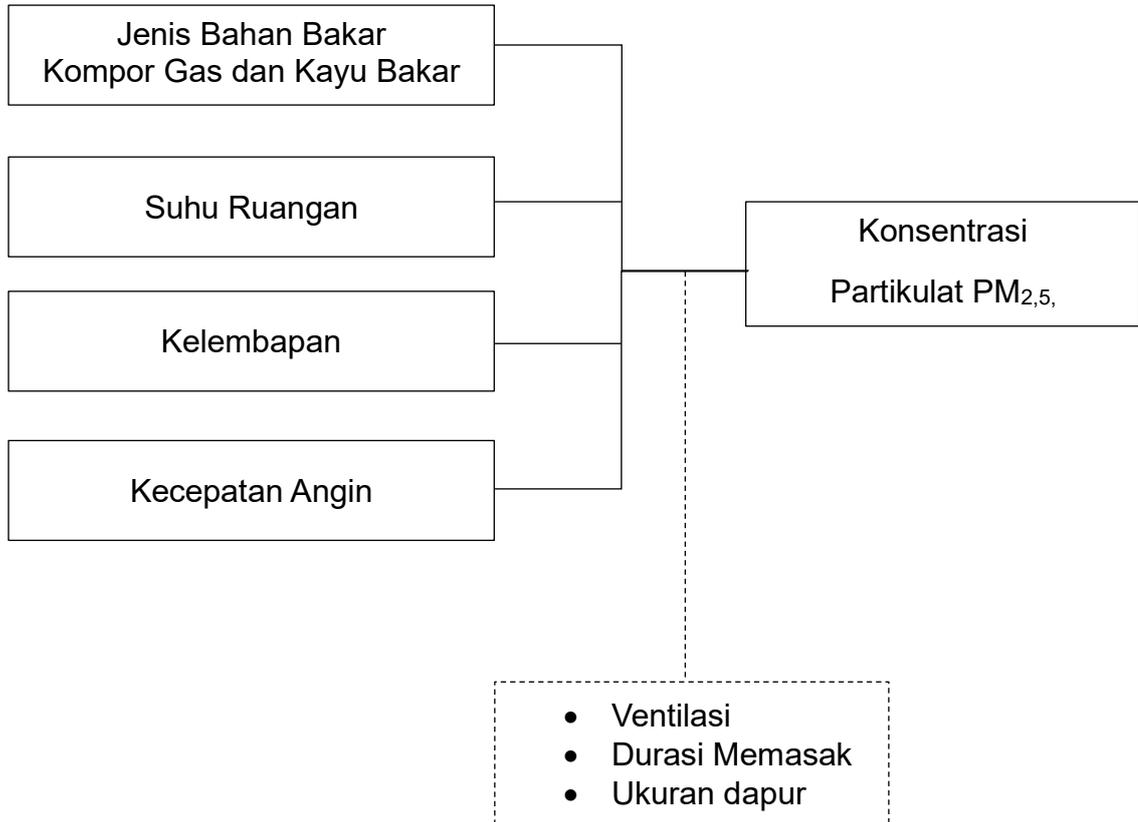
## E. Kerangka Teori



Sumber : Dr. Sang G. Purnama,SKM,MSC (2024) dan Zhang et al (2015)

Gambar 2. 3 Kerangka Teori

## F. Kerangka Konsep



Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

## G. Defenisi Operasional

Tabel 2. 2 Definisi Operasional

No	Variabel	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	PM <sub>2,5</sub>	Partikel halus di udara dengan diameter aerodinamis $\leq 2,5$ mikrometer yang dapat terhirup dan berdampak pada saluran pernapasan	<i>Low-Cost Sensor (Purple Air)</i>	Nilai konsentrasi PM 2,5 (ug/m <sup>3</sup> )	Ratio
2.	Kayu Bakar	Sumber bahan bakar padat yang berasal dari pembakaran kayu oleh rumah tangga untuk kegiatan memasak	<i>Low-Cost Sensor (Purple Air)</i>		Ratio
3.	Kompur Gas	Sumber bahan bakar bersih berupa LPG (Liquefied Petroleum Gas) yang digunakan rumah tangga untuk memasak	<i>Low-Cost Sensor (Purple Air)</i>		Ratio

5.	suhu	Derajat panas udara di dalam ruangan dapur selama aktivitas memasak berlangsung	<i>Low-Cost Sensor (Purple Air)</i>	°C	Ratio
6.	Kelembapan	Persentase uap air yang terkandung di dalam udara dapur selama aktivitas memasak berlangsung	<i>Low-Cost Sensor (Purple Air)</i>	%RH	Ratio
7.	Kecepatan Angin	Kecepatan pergerakan udara didalam dapur yang dapat mempengaruhi konsentrasi PM 2,5	<i>Anemometer</i>	(m/s)	Ratio