

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

1. Pengertian Udara

Udara merupakan campuran berbagai komponen yang terdiri dari gas, partikel padat, partikel cair, energi, ion, zat organik yang terdistribusi secara acak dan bebas mengikuti volume bentuk ruang. Udara tersusun atas berbagai macam gas yang menyelimuti bumi diantaranya nitrogen 78%, oksigen 20%, argon 0,93% dan karbon dioksida 0,03% lalu sisanya berupa 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

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah negara kesatuan Republik Indonesia yang dibutuhkan dan dapat mempengaruhi kesehatan manusia, dan makhluk hidup lainnya.

Parameter – parameter udara ambien meliputi Sulfur dioksida (SO_2), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO_2), Hidrokarbon (HC), debu (TSP), PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, dan 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 (PP No. 22 Tahun 2021).

2. Pengertian Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh aktivitas manusia, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas udara ambien mencapai pada tingkat tertentu yang menyebabkan pencemaran udara dan ketidakmampuan udara ambien untuk memenuhi fungsinya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.

Sementara itu, menurut Chambers dalam (Siburian, 2020), pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal dalam jumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia atau yang dapat dihitung dan diukur, serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material (Siburian, 2020).

Upaya pencegahan pencemaran udara telah diatur dalam UU No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menekankan pada upaya sistematis dan terpadu meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan dan penegakkan hukum untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup serta mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup.

3. Klasifikasi Bahan Pencemar Udara

Menurut (Siburian, 2020), berdasarkan jenis zat pencemarnya pencemaran udara digolongkan menjadi dua, yaitu :

- a. Polutan primer, adalah zat pencemar yang muncul atau secara langsung dilepaskan dari sumbernya. Contohnya meliputi partikel debu (TSP), PM_{10} , $PM_{2.5}$, Sulfur dioksida (SO_2), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO_2), Hidrokarbon (HC) dan Timah Hitam (Pb).

- b. Polutan sekunder adalah zat pencemar yang terbentuk di atmosfer karena adanya reaksi antara polutan primer, sinar matahari dan komponen udara lainnya, seperti pembentukan Ozon (O_3)

4. Sumber Pencemar Udara

- a. Klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan asal usul :
 - 1) Sumber alami pencemaran udara yang bersumber dari alam yang terjadi secara alami tanpa campur tangan manusia. Contohnya seperti aktivitas gunung berapi, kebakaran hutan, aktivitas mikroorganisme dan pembusukan.
 - 2) Sumber antropogenik (buatan manusia), segala macam kegiatan manusia yang dapat menyebabkan pencemaran udara antara lain pembakaran sampah, pembakaran bahan bakar fosil pada kegiatan industri, transportasi yakni kendaraan bermotor yang menghasilkan gas buang, kegiatan proyek konstruksi dan pertambangan, kegiatan pertanian, dan lain – lain.
- b. Klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan pergerakannya :
 - 1) Sumber bergerak, yaitu sumber emisi yang bergerak (tidak menetap di suatu tempat), berupa kendaraan bermotor.
 - 2) Sumber bergerak spesifik, yaitu sumber emisi yang bergerak akan tetapi berasal dari alat transportasi seperti kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya.
 - 3) Sumber tidak bergerak, yaitu sumber emisi yang bersifat tetap pada suatu tempat. Sumber tidak bergerak berasal dari,

cerobong asap, pembangkit listrik tenaga uap, aktivitas rumah tangga, dan lain lain.

- 4) Sumber tidak bergerak spesifik, yaitu mirip dengan sumber tidak bergerak, tetapi spesifik untuk emisi dari aktivitas seperti pembakaran sampah
- 5) Sumber gangguan, yaitu sumber emisi yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya. Contohnya seperti kebisingan, getaran, kebauan dan gangguan lain.

c. Klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan pola emisinya:

- 1) Titik yaitu pola emisi bersumber dari 1 titik saja seperti cerobong asap
- 2) Garis yaitu pola garis seperti pada jalan raya dengan volume kendaraan cukup tinggi
- 3) Area yaitu pola emisi dapat bersumber dari pola titik dalam jumlah banyak pada suatu batasan area

B. Kepadatan Kendaraan

Kepadatan lalu lintas merupakan salah satu indikator aktivitas transportasi dapat diketahui dengan menghitung volume lalu lintas pada suatu ruas jalan. Volume lalu lintas dapat dinyatakan dengan banyaknya kendaraan per satuan waktu atau satuan mobil penumpang (smp) tiap satuan waktu. Kepadatan kendaraan memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan emisi debu partikulat di udara ambien. Aktivitas kendaraan bermotor menghasilkan debu partikulat yang berasal dari emisi gas buang, abrasi ban

dan rem, serta resuspensi debu jalan akibat pergerakan kendaraan. Beberapa faktor yang mempengaruhi emisi debu partikulat dari transportasi antara lain:

1. Volume lalu lintas. Semakin tinggi volume lalu lintas, semakin besar terjadinya peningkatan emisi debu. Lalu lintas tinggi memiliki konsentrasi debu yang tinggi (Sugandi & Lifitri, 2022)
2. Jenis Kendaraan. Jenis kendaraan yang melewati jalan lalu lintas mempengaruhi kadar debu, kendaraan berat seperti truk dan bus lebih menghasilkan lebih banyak debu.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), kendaraan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Kendaraan Berat (*Heavy Vehicle*)

Kendaraan berat adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda meliputi : bus, truk 2 as, dan truk kombinasi.

b. Kendaraan Ringan (*Light Vehicle*)

Kendaraan ringan adalah kendaraan bermotor ber as 2 dengan 4 roda meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truk kecil

c. Sepeda Motor (*Motor cicle*)

Sepeda motor adalah kendaraan bermotor dengan 2 roda atau 3 roda. Kendaraan bermotor beroda 2 (dua) dengan jumlah penumpang maksimum 2 orang termasuk pengemudi. Yang termasuk jenis kendaraan ini adalah sepeda motor, Scooter, sepeda kumbang.

d. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotor ized/UM*)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh tenaga manusia atau hewan yang meliputi sepeda, kereta kuda, kereta dorong dan becak.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai unsur lalu lintas, melainkan sebagai unsur hambatan samping. Lalu lintas suatu ruas jalan terdiri dari berbagai jenis kendaran yang masing – masing kendaraan mempunyai karakteristik yang berbeda. Karakteristik kendaraan tersebut meliputi berat, dimensi, dan kecepatan yang sangat memengaruhi kemampuan satu ruas jalan. Oleh karena itu, untuk mempermudah dalam menganalisa lalu lintas diperlukan suatu nilai pembanding yang dapat menyeragamkan pengaruh masing – masing jenis kendaraan. Pada umumnya nilai pembanding dinyatakan dalam ekivalen mobil penumpang (emp), yaitu suatu faktor yang menyatakan besarnya pengaruh suatu jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas dibandingkan dengan mobil penumpang.

Berdasarkan ketetapan Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, nilai faktorekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing jenis kendaraan yaitu sebagai berikut :

- 1) Kendaraan ringan (*Light Vehicle/LV*) = 1,0
- 2) Kendaraan berat (*Heavy Vehicle/HV*) = 1,3
- 3) Sepeda Motor (*Motorcycle/MC*) = 0,5

Perhitungan kepadatan kendaraan dilakukan dengan metode Survei Volume Lalu lintas. Survei volume lalu lintas bertujuan untuk mengetahui jumlah masing – masing jenis kendaraan yang melewati ruas jalan yang diamati dalam interval waktu 15 menit. Data yang dikumpulkan berupa volume sepeda motor, volume kendaraan ringan dan volume kendaraan berat.

Volume lalu lintas didapatkan dengan mengkonversi jumlah kendaraan yang melewati lokasi penelitian menjadi satuan smp (satuan mobil penumpang) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = (n_{LV} \times f_{LV}) + (n_{HV} \times f_{HV}) + (n_{MC} \times f_{MC})$$

Keterangan :

- a) Q = volume lalu lintas (smp/jam)
- b) n_{LV} = jumlah kendaraan *light vehicle*
- c) n_{HV} = jumlah kendaraan *heavy vehicle*
- d) n_{MC} = jumlah kendaraan *motor cycle*
- e) f_{LV} = nilai faktor ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk *light vehicle*
- f) f_{HV} = nilai faktor ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk *heavy vehicle*
- g) f_{MC} = nilai faktor ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk *motor cycle*

Volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp) tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kepadatan kendaraan lalu

lintas, yang menggambarkan tingkat kepadatan kendaraan pada suatu ruas jalan dan menjadi salah satu indikator penting dalam analisis kinerja jalan menurut MKJI 1997.

Menurut MKJI 1997, pengkategorian kepadatan kendaraan dikenal dengan istilah Tingkat Pelayanan atau *Level of Service (LOS)*. Nilai Kapasitas Dasar (C_0) standar untuk jalan perkotaan :

- 1) Jalan 2-Lajur 2-Arah tak-terbagi (2/2 UD) = 2.900 smp/jam (total 2 arah)
- 2) Jalan 4-Lajur 2-Arah terbagi (4/2 D) = 1.650 smp/jam (per jalur)
- 3) Jalan Satu Arah 91-way) = 1.650 smp/jam (per lajur)

Kategori kepadatan :

- 1) $DS < 60$ = Lancar (LOS A-B)
- 2) $DS \ 0,60 - 0,79$ = Padat Stabil (LOS C-D)
- 3) $DS \ 0,80 - 0,99$ = Sangat Padat/Mendekati macet (LOS E)
- 4) $DS > 1,00$ + Macet Total/Arus Tertahan (LOS F)

C. Faktor Meteorologi

Kualitas udara di suatu area dipengaruhi sumber emisi dan juga kondisi meteorologi seperti kecepatan angin, arah angin, suhu dan kelembaban. Kecepatan angin mempengaruhi persebaran dan pelarutan polutan, sementara kelembaban mempengaruhi pengendapan polutan (Haidar, 2020). Pencemaran udara berbeda pada masing – masing tempat dikarenakan terdapat perbedaan pada kondisi pencahayaan, kelembaban,

suhu, angin serta curah hujan yang mempengaruhi penyebaran dan difusi polutan yang diemisikan baik dalam skala lokal maupun regional (Prabowo & Muslim, 2018).

1. Suhu

Suhu udara adalah ukuran panas dinginnya udara di suatu tempat yang biasanya dinyatakan dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) atau Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Suhu udara tinggi mengakibatkan keadaan lingkungan menjadi panas dan kering yang dapat mengakibatkan polutan menjadi mudah terangkat dan melayang di udara sehingga konsentrasinya meningkat.

2. Kelembaban

Menurut Tjasyono, kelembaban adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam massa udara pada waktu dan tempat tertentu (Riani, 2017). Kelembaban udara berpengaruh terhadap kemampuan partikel debu untuk tetap melayang atau mengendap di udara. Ketika kelembaban udara relatif rendah, maka keadaan udara akan kering sehingga sumber polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara bebas, sehingga lebih mudah terpapar dan akan meningkatkan nilai konsentrasi partikulat (Cahyadi dkk., 2016). Dalam keadaan kering, partikel – partikel yang awalnya terikat dalam bentuk kondensat atau terlarut dalam uap air, cenderung lebih ringan dan lebih mudah terbang.

Sebaliknya, ketika kelembaban relatif tinggi menyebabkan partikel debu mengikat uap air sehingga ukuran partikel menjadi lebih besar dan berat. Ketika kelembaban relatif tinggi dispersi udara menjadi lebih

lambat karena banyaknya uap air di udara akan menyebabkan aliran udara melambat secara horizontal maupun vertikal sehingga kadar debu (polutan) akan menurun karena pengendapan.

3. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak di atmosfer per satuan waktu dan dinyatakan dalam meter per detik (m/s). Angin terbentuk akibat perbedaan tekanan atau suhu udara di suatu wilayah. Umumnya, semakin tinggi kecepatan angin, semakin rendah konsentrasi polutan karena angin yang lebih kencang mempercepat penyebaran polutan dan mengurangi konsentrasinya di lokasi tertentu. Sebaliknya, kecepatan angin yang lemah dapat menyebabkan polutan menumpuk dan konsentrasinya meningkat di sekitar sumber pencemar. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan angin yang merupakan faktor pembawa polutan dalam penyebaran polutan. (Adriani, 2020). Ada hubungan signifikan dan sebanding antara kecepatan angin dan konsentrasi partikulat. Baik arah maupun kecepatan mata angin dipengaruhi oleh jenis lokasi dan kondisi atmosfer setempat (Sharma & Singh, 2018).

D. Partikulat (*Particulate Matter*)

1. Pengertian

Particulate matter (PM) merupakan suatu campuran kompleks dari partikel padat dan cair sangat kecil yang ditemukan di udara (Putri, 2012). PM terdiri dari partikulat dengan berbagai ukuran, bentuk dan komposisi kimia (Pertiwi dkk., 2024). PM memiliki komponen utama seperti nitrat, sulfat, ammonia, karbon hitam, natrium klorida, debu,

mineral, dan air. Selain itu, *particulate matter* juga merupakan polutan udara dengan tingkat toksisitas tinggi yang berkontribusi dalam penurunan kualitas udara ambien, serta dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan. *Particulate* sering digunakan sebagai salah satu indikator pencemaran udara untuk mengukur tingkat bahaya baik di dalam ruang (*indoor*) atau di luar ruangan (*outdoor*) (Putri, 2012). Menurut Crawford 1980 dalam (Maziya, 2020) partikel di udara secara umum dapat dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu :

- a. Partikel halus (*Fine partikel*) : partikel berukuran lebih kecil dari 2.5
- b. Partikel kasar (*Coarse partikel*) : partikel berukuran lebih besar dari 2.5

2. Klasifikasi

Partikel udara debu secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

- a. *Particulate Matter* 10 (PM_{10})

Menurut WHO, *particulate matter* 10 (PM_{10}) adalah partikel di udara yang memiliki diameter 10 μm atau lebih kecil. PM_{10} merupakan partikel yang memiliki jenis debu inhalable dust yaitu jenis debu yang bisa masuk ke dalam tubuh, namun terperangkap di hidung dan tenggorokan atau sistem pernapasan bagian atas. PM_{10} berasal dari debu jalanan, debu konstruksi, material handling, knalpot kendaraan dan cerobong asap industri serta dari kegiatan pengancuran dan penggilingan.

PM₁₀ merupakan pencemar udara yang tergolong pencemar primer (*primary pollutant*), yang masuk ke udara secara langsung dari sumber pencemar seperti kendaraan bermotor. Partikel kecil di udara dapat terhirup ke dalam saluran udara dan menyebabkan masalah pernapasan dan kerusakan paru paru (Gunawan dkk., 2018)

PM₁₀ juga merupakan faktor penting terhadap perubahan iklim. Karena peristiwa polusi udara sering terjadi dengan peran aktivitas manusia. Selain itu dampak kesehatan akibat paparan PM₁₀ secara signifikan menganggu fungsi pernapasan manusia. Pada konsentrasi 140 dapat menurunkan fungsi paru – paru pada anak – anak, sementara pada konsentrasi 350 dapat memperparah kondisi penderita *bronchitis* (Huboyo & Sutrisno, 2009)

b. *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5})

Particulate matter 2.5 (PM_{2.5}) adalah partikulat dengan ukuran 2.5 mikrometer atau lebih kecil, yang sering kali tidak terlihat dengan mata telanjang karena ukurannya yang sangat kecil. PM_{2.5} terdiri dari berbagai bentuk, dapat berupa partikel padat, tetesan cairan atau kombinasi keduanya. Karena ukurannya yang sangat kecil PM_{2.5} sering kali bersifat higroskopis yaitu mampu menyerap kelembaban dari udara yang dapat mempengaruhi sifat dan dampaknya. PM_{2.5} adalah campuran kompleks yang terdiri dari beberapa komponen, termasuk sulfat, nitrat, *organic compounds*, ammonium compounds, metal, acidic material dan bahan kontaminan lainnya. Komponen – komponen ini diyakini memiliki

potensi untuk memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia (As'ari, 2023).

PM_{2.5} dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun antropogenik. Sumber alami seperti debu dari tanah, erupsi vulkanik, dan partikel laut. Sumber antropogenik seperti hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor, termasuk lalu lintas jalan raya dan proses industri, serta aktivitas lain seperti pembakaran sisa tanaman dalam pertanian dan penggunaan produk pembersih berbasis kimia (Brook dkk., 2010). Ketika terhirup, PM_{2.5} dapat menyebabkan gangguan serius pada sistem pernapasan, meningkatkan risiko penyakit kronis (Maksum & Tarigan, 2022). Jika terpapar PM_{2.5} dalam konsentrasi yang tinggi dapat berbahaya karena mampu menembus hingga ke bagian terdalam paru – paru serta sistem kardiovaskular, sehingga berpotensi menimbulkan kanker paru – paru, penyakit kardiovaskular, infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) bahkan kematian (Serlina dkk., 2023)

E. Dampak Paparan PM₁₀ dan PM_{2.5} terhadap Kesehatan

Secara umum, dampak kesehatan yang ditimbulkan akibat konsentrasi PM₁₀ meliputi gangguan pada sistem kardiovaskular, masalah pernapasan, dan kematian (Mursinto & Kusumawardani, 2016). Menurut WHO, paparan PM₁₀ dalam jangka pendek dapat memicu reaksi peradangan pada paru – paru, infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), gangguan sistem

kardiovaskular, bahkan berpotensi menyebabkan kematian. Sementara itu, dampak jangka panjang yang ditimbulkan akibat paparan dari PM₁₀ meliputi gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru – paru pada anak – anak dan orang dewasa, peningkatan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), peningkatan risiko kematian akibat penyakit *cardiopulmonary* serta kemungkinan terjadi kanker paru – paru akibat masuknya senyawa – senyawa beracun yang melekat dan masuk ke dalam darah (Nurjanah dkk., 2014).

Berbeda dengan PM₁₀, PM_{2.5} sendiri memiliki ukuran yang lebih kecil bahkan sangat kecilnya sering kali tidak terlihat dengan mata telanjang sehingga memungkinkannya untuk masuk dan menembus organ tubuh manusia, termasuk paru – paru dan bahkan berpotensi mencapai aliran darah PM_{2.5} yang terakumulasi di saluran pernapasan dapat menyumbat alveolus, menyebabkan kerusakan sel, serta mengganggu fungsi paru – paru (Azizah, 2019). Paparan PM_{2.5} dalam jangka pendek dapat menimbulkan gejala pernapasan seperti batuk, bersin dan sesak napas, serta gejala lain seperti pusing, nyeri dada dan penurunan fisik. Dalam jangka panjang, paparan PM_{2.5} meningkatkan risiko terhadap masalah sistem kardiovaskular dan menyebabkan gangguan fisiologis pada sistem pernapasan seperti penurunan fungsi paru – paru dan gangguan pada rongga pernapasan, terutama pada individu dengan riwayat asma. Selain itu paparan berkepanjangan terhadap PM_{2.5} dapat mengakibatkan infeksi saluran

pernapasan akut (ISPA), kanker paru – paru, penyakit kardiovaskular, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) bahkan kematian dini.

F. Pengukuran Kadar Debu

Pengukuran kadar debu partikulat dapat diukur dengan menggunakan metode pengukuran *direct-reading*. Metode *direct-reading* adalah data yang ditampilkan pada alat pengukur dianggap sebagai hasil pengukuran yang sebenarnya. Metode ini memberikan informasi langsung mengenai konsentrasi polutan atau parameter yang diukur, tanpa perlu proses perhitungan atau estimasi tambahan. Keunggulan metode *direct-reading* dibandingkan dengan metode konvensional seperti pengambilan sampel secara gravimetri adalah kemampuannya untuk memberikan hasil langsung di lokasi sehingga dapat menghemat waktu pengukuran, tanpa perlu menyimpan atau mengirimkan sampel untuk dianalisis lebih lanjut (Coffey & Pearce, 2010). Keakuratan dan keandalan data yang dihasilkan bergantung pada kalibrasi dan kondisi alat pada saat pengukuran.

CEM DT-96 (*mini particle counter*) adalah alat pengukur partikel yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel di udara secara *real-time*. Alat ini bekerja dengan prinsip penghamburan cahaya laser (*laser light scattering*), sensor laser ini berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dihamburkan untuk menghitung konsentrasi ukuran partikel yang berbeda yaitu partikel dengan ukuran 2,5 mikron dan 10 mikron. Alat ini menyedot sampel udara ke ruang pengukuran, dimana sinar laser diarahkan

pada partikel, dan sensor mendeteksi intensitas cahaya yang dihamburkan untuk menghitung jumlah serta konsentrasi partikel.



Gambar 1. Alat Pengukur Kadar Debu (CEM DT - 96)

Alat CEM DT – 96 memiliki beberapa kelebihan yakni dapat melakukan pengukuran multi – parameter. Selain mengukur konsentrasi partikel debu, alat ini juga mampu mengukur suhu udara dan kelembaban relatif di lokasi pengukuran. Namun, CEM DT – 96 juga memiliki beberapa keterbatasan terutama pada rentang ukuran partikel yang dapat diukur. Alat ini hanya mampu mengukur dua ukuran debu yang spesifik yakni PM_{2.5} dan PM₁₀. Selain itu, CEM DT – 96 lebih relevan apabila digunakan untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan (*indoor air quality monitoring*).

G. Baku Mutu Udara

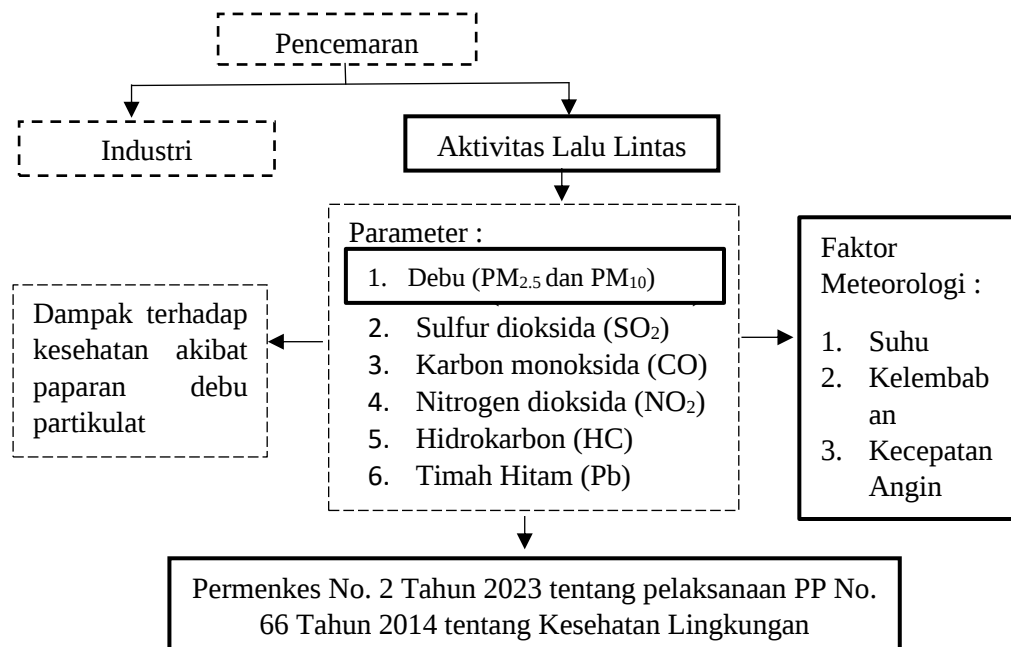
Baku mutu udara adalah ukuran batas atau kadar zat energi dan komponen yang ada, dimana seharusnya ada pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam udara. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 mengatur tentang Baku Mutu Udara Dalam Ruang (*Indoor*), PM_{10} yaitu: $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $PM_{2.5}$ yaitu : $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ durasi maksimal selama 24 jam. (Permenkes No. 2 Tahun 2023)

Tabel 2. Baku Mutu menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023

Parameter	Baku Mutu	Keterangan
$PM_{2.5}$ (partikulat debu < $2,5 \mu\text{m}$)	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Durasi maksimal 24 jam
PM_{10} (partikulat debu < $10 \mu\text{m}$)	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Durasi maksimal 24 jam

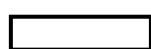
Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

H. Kerangka Konsep

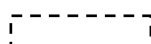


Gambar 2. Kerangka Konsep

Keterangan :



: diteliti



: tidak diteliti

I. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana kadar debu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di masing-masing titik lokasi pengukuran yang ada di SMP Negeri 1 Gamping?
2. Bagaimana kondisi suhu udara di titik lokasi pengukuran kadar debu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} ?
3. Bagaimana kondisi kelembaban udara di titik lokasi pengukuran kadar debu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} ?
4. Bagaimana kondisi kecepatan angin di titik lokasi pengukuran kadar debu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} ?
5. Bagaimana kondisi kepadatan kendaraan di lokasi pengukuran kadar debu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} ?
6. Apakah kadar debu partikulat yang diukur memenuhi standar baku mutu sesuai Permenkes Nomor 2 Tahun 2023?