BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara

A.1 Pengertian Udara

Campuran gas yang ada pada lapisan yang mengelilingi bumi disebut dengan Udara, Komposisi campuran gas yang terdapat pada lapisan tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang paling bervariasi konsentrasinya adalah air berupa uap H_2O dan karbon dioksida (CO_2). Jumlah uap air di udara bervariasi tergantung pada cuaca dan temperatur. udara adalah campuran mekanis dari berbagai gas dan bukan senyawa kimia. Udara adalah komponen atmosfer terestrial yang membentuk zona kehidupan di permukaan bumi. Udara terdiri dari berbagai gas dengan konsentrasi tetap di permukaan bumi, kecuali metana, amonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida, dan nitro-oksida, yang konsentrasinya bervariasi berdasarkan wilayah/lokasi. Secara umum, konsentrasi metana, amonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida, dan nitro-oksida sangat tinggi di daerah rawa atau industri kimia (Salsabila, 2023).

A.2 Pencemaran Udara

Masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia merupakan pengertian dari udara sehingga mutu udara ambien turun ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak memenuhi fungsinya.Suatu keadaan dimana atmosfer bumi mengandung zat-zat fisik, biologi atau kimiawi yang berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya. Polutan primer adalah polutan yang timbul langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon dioksida (CO_2) adalah contoh polutan primer yang dihasilkan oleh pembakaran. Polutan sekunder adalah polutan yang dihasilkan dari

reaksi polutan primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam kabut fotokimia adalah contoh polusi udara sekunder (Siburian, 2020).

Pencemaran udara dibagi menjadi dua kategori berdasarkan cara polutan masuk atau dimasukkan ke atmosfer, yaitu pencemaran primer (pencemar yang dilepaskan langsung dari sumber pencemar) dan pencemaran sekunder (pencemaran yang dihasilkan oleh proses kimiawi di atmosfer). Secara umum, sumber pencemaran udara ada dua, yaitu sumber alami (*natural source*) seperti letusan gunung berapi dan antropogenik (*anthropogenic sources*) seperti lalu lintas, emisi pabrik, dan sumber pencemar lainnya. Sumber pencemaran antropogenik adalah kegiatan manusia yang melepaskan polutan primer ke atmosfer. Ada dua kategori antropogenik, yaitu sumber tidak bergerak seperti pembangkit listrik berbahan bakar fosil, pabrik, rumah tangga, jasa dan lain-lain, dan sumber bergerak seperti truk, bus,pesawat dan kereta api (Salsabila, 2023).

A.3 Kualitas Udara dalam Ruangan (*Indoor Air Quality*)

Kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality*) merupakan istilah yang mengacu pada kualitas udara yang terdapat di dalam atau di sekitar suatu ruangan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1077 Tahun 2011, kualitas udara dalam ruangan berkaitan erat dengan kesehatan atau kenyamanan penghuni ruangan. Hal ini dikarenakan ruangan menjadi tempat manusia untuk melakukan berbagai aktivita. Baik dan buruknya kualitas udara dalam ruangan juga berkaitan erat dengan bangunan itu sendiri baik berupa pelengkap bangunan, kelembaban, kurangnya pertukaran udara, pemakaian bahan bakar transportasi yang tidak ramah lingkungan, hingga perilaku buruk manusia ketika berada dalam ruangan seperti merokok. Maka dari itu, perlu adanya pemantauan terhadap kualitas udara di dalam ruangan sesuai pedoman atau regulasi yang berlaku(Mareta, 2022)

A.4 Persyaratan Udara Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

Sektor kesehatan berperan dalarn pencegahan dan pengendalian pencemaran udara, tidak hanya dalam kaitannya dengan pencapaian SOGs melainkan juga penyehatan udara melalui pencegahan dampak resiko penyakit berbasis udara, Koordinasi dan strategi dengan lintas sektor terkait terutama pada mitigasi sumber pencemaran udara Dalam Ruang dan ambien yang berdekatan dengan Sarana dan Bangunan baik permukiman maupun tempat dan fasili tas umum (TFUI) dalam rangka peningkatan derajat kesehatan Masyarakat.

Dengan adanya pengaruh perubahan karakteristik iklim, geografi adat istiadat, dan perilaku masyarakat indonesia, maka pencemaran udara di luar ruang (outdoor)/ambien juga dapat berpengaruh terhadap kualitas Udara dalam Ruang (indoor) Apalagi di Indonesia kondisi perumahan umumnya berventilasi alami, sehingga hal tersebut dapat menggambarkan bahwa sumber-sumber pencernar udara, baik ambien maupun dalam ruang sama-sama dapat berpengaruh terhadap kualitas udara, Sumber pencemaran udara dalam rumah juga dapat berasal dari kegiatan di luar rumah seperti kebiasaan membakar sampah di halaman rumah dan asap transportasi bermotor. Sedangkan sumber pencemaran udara dalam rumah terutama berasal dari penggunaan bahan bakar fodil bahan berbahaya dan beracun (B3) serta perilaku merokok.

Berdasarkan hal-hal tersebut dl atas, perlu dilakukan nya pencegahan penurunan kualitas udara. baik di udara bebas (ambien) maupun di dalam ruang indoor. Upaya pencegahan penurunan kualitas dilakukan melalui upaya penyehatan pada media udara agar memenuhi SBMK dan persyaratan Kesehatan yang tertuang dalam tabel berikut.

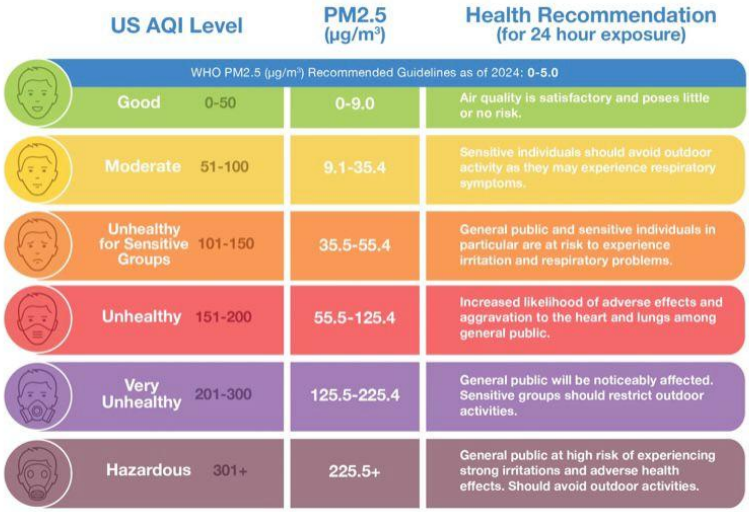
Tabel 2. 1 Baku Mutu Parameter Fisik Kualitas Udara

No	Parameter	SBMKL	Unit	Metode Pengukuran	Keterangan
Parameter Fisik					
1	Suhu	18 – 30	° C	*Direct reading, thermometer*	Tergantung penggunaan ruang
2	Pencahayaan	Minimal 60	Lux	*Direct reading,lux meter*	Tergantung penggunaan ruang
3	Kelembapan	40-60	% Rh	*Direct reading, Hygrometer*	Tergantung penggunaan ruang
4	Laju vantilasi	0,15-0.25	m/detik	*Direct reading,Anemometer*	
5	PM10	70	µg/m ³	*Direct reading,gravimetri, Dust sampler PM10*	Durasi 24 jam (batas tertinggi)
6	PM 2,5	25	µg/m ³	*Direct reading,gravimetri, Dust sampler PM 2,5*	Durasi 24 jam (batas tertinggi)

Sumber : Permenkes RI No 2 Tahun 2023

A.5 Indeks Air Quality atau Air Quality Index (AQI)

Indeks Kualitas Udara (Air Quality Index) adalah standar yang digunakan dalam pengukuran pencemaran udara. Setiap suatu Negara memiliki standar yang berbeda dalam pengukuran pencemaran udara di Indonesia ISPU (Indeks standar Pencemaran Udara),di Beijing Air Quality Indeks (AQI), di Singapore Pollutant Standards Index (PSI), di Korea Selatan Comprehensive Air Quality Indeks (CSI), di United Kingdom Air Pollutan Banding (APB) , di Eropa Common Air Quality Index (CAQI) dan lainnya. Di Indonesia Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) atau Air Quality Indeks (AQI) diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 dan setiap Negara memiliki badan atau instansi terkait yang mengelola pemcemaran lingkungan.



Gambar 2. 1 Indeks Kualitas Udara (Air Quality Index)

B. Partikulat di Udara

Salah satu sumber pencemar udara dengan diameter 0,1–100 μm disebut Parameter Berbagai proses alami menyebabkan penyebaran partikel ke atmosfer, seperti letusan gunung berapi dan debu, serta tanah yang tertiup angin. Aktivitas manusia juga mempengaruhi penyebaran partikulat, misalnya melalui penyebaran partikel debu dan asbes dari bahan bangunan, *fly ash* dari peleburan baja, dan asap dari proses pembakaran yang tidak sempurna terutama batu bara. Sumber utama partikel adalah pembakaran bahan bakar di sumbernya, diikuti oleh proses industri. partikulat dikenal sebagai pencemar utama yang berbahaya terhadap kesehatan. Hal ini mendapat banyak perhatian, terutama di negara-negara berkembang yang sedang mengalami proses urbanisasi akibat peningkatan industri dan transportasi. Partikulat yang terhirup manusia terkait erat dengan morbiditas (kesehatan dan penyakit) dan mortalitas (kematian), dengan sekitar 28% penyakit dan kematian disebabkan oleh materi partikulat dari polusi udara di negara berkembang.

Efek akut paparan jangka pendek terhadap partikel (PM2.5 dan PM10) meningkatkan kematian akibat penyakit pernapasan dan kardiovaskular di rumah sakit. Pada saat yang sama, efek non-akut dari paparan jangka pendek terhadap partikel memperparah gejala asma dan penyakit fisik, yang mengakibatkan penurunan produktivitas (Salsabila, 2023)

B.1 Partikulat Meter (PM)

Partikulat Meter (PM) adalah partikel debu tersuspensi di udara untuk waktu yang lama atau partikel debu yang ditemukan di udara, termasuk debu, kotoran, jelaga, dan asap (Ridayanti et al., 2022). Partikulat Meter merupakan sumber emisi terbesar dan di udara ambien. Komponen-komponen terbesar PM terdiri dari sulfat, nitrat, ammonia, sodium klorida, karbon, debu mineral dan air (Amelia et al., 2018).

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

1. Partikel halus (*fine particle*) adalah partikel yang lebih kecil dari 2,5 µm.
2. Partikel kasar *(coarse particle*) adalah partikel yang berukuran lebih besar dari 2,5 µm. Selanjutnya, berikut merupakan beberapa istilah yang dapat menggambarkan partikel berdasarkan pembentukan dan ukurannya (Maziya, 2020)

Partikulat Meter memiliki bentuk cair dan padat. Ada juga yang memiliki inti padat tetapi dikelilingi cairan. Partikel-partikel ini terdiri dari ion organik, unsur karbon, senyawa organik, logam berat, dan senyawa lainnya. Beberapa partikel bersifat higroskopis dan mengandung partikel yang terikat pada air. Partikel organik kompleks yang mengandung ratusan atau ribuan senyawa organik. Partikel primer dilepaskan langsung dari sumbernya, sedangkan partikel sekunder terbentuk dari gas yang dihasilkan oleh reaksi kimia di atmosfer. Reaksi kimia di atmosfer meliputi oksigen atmosfer m (O_2) dan uap air (H_2O), spesies reaktif seperti ozon (O), senyawa radikal seperti radikal hidroksi (COH) dan radikal nitrat (CNO3), dan polutan organik (SO2, NOx, dan gas organik, baik akibat aktivitas alam maupun kegiatan manusia) Ukuran merupakan faktor yang menentukan sifat partikel. Ukuran biasanya dinyatakan dalam diameter aerodinamis, yang mengacu pada kerapatan unit partikel bola Adapun Particulate Matter terbagi menjadi beberapa bagian berdasarkan ukurannya, yaitu PM_1, $PM_{2.5}$, dan PM_{10}.(Salsabila, 2023)

B.2 PM $_{2,5}$

Partikulat meter $_{2.5}$ yang disingkat $PM_{2,5}$ merupakan partikel udara yang memiliki ukuran ≤ 2.5 µm. Paparan $PM_{2,5}$ dapat merusak fungsi paru-paru dan memperburuk kondisi kesehatan seperti asma,

bronkitis, dan kanker paru-paru. $PM_{2,5}$ berasal dari berbagai sumber seperti hasil pembakaran BBM pada transportasi bermotor dan kebakaran hutan (Ruchjana et al., 2021). $PM_{2,5}$ merupakan salah satu penyebab masalah kesehatan seperti ISPA pada anak, penyakit obstruk kronis, asma, dan kanker paru-paru Paparan partikel halus $PM_{2,5}$ adalah faktor risiko lingkungan utama untuk beban penyakit global dengan perkiraan 3 juta kematian yang disebabkan di seluruh dunia pada tahun 2017. Selain itu, World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa 92% dari populasi dunia tinggal di daerah dengan $PM_{2,5}$ rata-rata tahunan lebih besar dari 10 µg/m3 , melebihi pedoman kualitas udara mereka untuk paparan PM2.5 Partikel yang terbentuk dengan cara ini umumnya terdiri dari karbon, logam transisi, molekul organik kompleks, sulfat, dan nitrat. Knalpot mesin transportasi (terutama knalpot diesel) sangat kaya akan partikel nano, yang meskipun hanya menyumbang sebagian kecil dari total massa $PM_{2,5}$, memiliki luas permukaan reaktif yang lebih besar untuk massa tertentu (Salsabila, 2023).

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

Masalah Kesehatan yang dapat diakibatkan oleh $PM_{2,5}$ kanker, penyakit pernapasan dan kardiovaskular. Usia lanjut, anak-anak dan ibu hamil adalah kelompok yang memiliki potensi terpapar penyakit akibat polusi udara, terutama dikota besar seperti di Kota Medan . Jika partikel $PM_{2,5}$ yaitu partikel yang lebih kecil dari 2.5 Mikron terus menerus terpapar dalam jangka waktu panjang, hal ini memunculkan dampak untuk manusia yaitu infeksi saluran pernapasan akut hingga kanker paru-paru. Bahaya lain dari $PM_{2,5}$ sebagai pemicu peningkatan kadar racun dalam pembuluh darah yang bisa menyebabkan terjadinya penyakit kardiovaskular, stroke dan jantung yang tentunya sangat berbahaya bagi tubuh.(Sri Sulasminingsih et al., 2024).

C. Transportasi

Transportasi merupakan komponen utama dalam sistem hidup dan kehidupan, sistem pemerintahan, dan sistem kemasyarakatan. Kondisi sosial demografi wilayah memiliki pengaruh terhadap kinerja transportasi di wilayah tersebut. Tingkat kepadatan penduduk akan memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan transportasi melayani kebutuhan masyarakat. Pengembangan transportasi dan tata guna lahan memainkan peranan penting dalam kebijakan dan program pemerintah. Pengembangan infrastruktur dalam sektor transportasi pada akhirnya menimbulkan biaya tinggi. Keterlibatan masyarakat dalam pembenahan atau restrukturisasi sektor transportasi menjadi hal yang mendesak.(Hilmi et al., 2018).

C.1 Moda Transportasi

Pengertian dari moda yaitu merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan orang dan/atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Moda transportasi dapat berupa moda transportasi darat, moda transportasi laut, dan moda transportasi udara, di mana masing-masing moda tersebut memiliki ciri dan karakteristik sendiri.

Transportasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu angkutan darat,angkutan laut, dan angkutan udara (Firmansyah & Putra, 2019). Diketahui bahwa sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari perairan, demikian peranannya transportasi laut dalam penghubung antar pulau sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut (SAHARA & Annas Ruli Pradana, 2021). Manfaat peningkatan mobilitas kepentingan masyarakat dalam transportasi mengurangi dampak negatif terhadap ekonomi, masyarakat dan lingkungan (Sutandi, 2015).

Transportasi juga berperan dalam manajemen lalu lintas, penghematan bahan bakar atau energi, serta perencanaan dan pembangunan daerah. Inti penyelenggaraan transportasiadalah

memberikan pelayanan angkutan yang baik dan layak kepada masyarakat bagi masyarakat yang mampu menggunakan angkutan sendiri untuk menjalankan pekerjaannya (pilihan) dan terutama bagi mereka yang terpaksa menggunakan transportasi. Dimensi pelayanan transportasiyang baik adalah pelayanan yang aman, cepat, terjangkau dan nyaman .

Transportasi publik menjadi salah satu jalan yang ditempuh pemerintah untuk membatasi maraknya transportasi pribadi yang beredar dijalanan sehingga menimbulkan kemacetan yang semakin parah. Hal ini dikarenakan Rendahnya kualitas transpoetasi kota dapat menjadi masalah besar dalam urusan lalu lintas. Dalam pelayanan transportasiini, pemerintah bertindak sebagai penyedia jasa dan pemerintah menunjuk pihak lain, termasuk BUMN. Undang-undang No. 14 Tahun 1992 tentang LLAJ pasal 3 berbunyi: “Transportasi jalan diselenggarakan dengan tujuan untuk mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan dengan aman, cepat, lancer, tertib dan teratur, nyaman dan efisien, maupun memadukan moda transportasi lainnya, menjangkau seluruh pelosok wilayah daratan, untuk menunjang pemerataan, pertumbuhan dan stabilitas sebagai pendorong, penggerak dan penunjang pembangunan nasional dengan biaya yang terjagkau oleh masyarakat(Dewa Dwi Putra et al., 2023).

C.2 Bus Listrik

Bus Listrik (*Electric Bus*) adalah transportasi bus yang dapat menyimpan energi listriknya pada transportasi itu sendiri atau dapat disuplai terus menerus dari sumber eksternal. Bus listrik menyimpan tenaga listrik yang dibutuhkan di dalam baterai, atau disuplai terus menerus dari sumber eksternal.

Bus listrik Medan adalah sistem transportasi bus kota yang berbasis bus listrik di kota medan, sumatera utara. bus listrik medan

adalah transisi antara layanan eksisting trans metro deli dengan rencana bus raya terpadu mebidang. bus listrik medan akan dikembangkan menjadi bus raya terpadu penuh pada 2027.uji coba bus listrik medan dimulai pada pada koridor J. city - plaza medan fair sejak 4 januari 2024. pemerintah kota Medan kemudian mengambil alih semua koridor teman bus, trans metro deli pada 20 agustus 2024. semua armada trans metro deli digantikan oleh bus listrik sejak november 2024.

C.3 Sepeda motor

Sepeda motor adalah transportasi beroda dua yang digerakkan oleh sebuah mesin. Letak kedua roda sebaris lurus dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap stabil disebabkan oleh gaya giroskopik, dewasa ini penggunaan jasa transportasiterbuka sepeda motor semakin banyak digunakan Masyarakat terutama di kota Medan, Masyarakat gemar menggunakan jasa transportasiterbuka seperti sepeda motor karena dianggap lebih cepat dan efisien dalam mengatasi kemacetan, terutama di Kota Medan yang padat. Sepeda motor mampu menembus jalan-jalan sempit dan mencari rute alternatif yang tidak bisa dilalui transportasi besar, sehingga waktu tempuh menjadi lebih singkat. Selain itu, dari segi biaya, menggunakan jasa ojek atau sepeda motor juga dinilai lebih terjangkau, masyarakat dapat dengan mudah menemukan ojek pangkalan atau memesan ojek online melalui aplikasi,

D. Emisi Transportasi Bermotor

Emisi dapat diartikan zat, energi dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik.

Emisi gas buang transportasi menjadi sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin transportasi dan keluar melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara oksigen di udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan reaksi sempurna, sehingga menghasilkan sisa hasil pembakaran berupa gas buang yang mengandung karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O), oksigen (O_2) dan nitrogen (N2) Selain itu, lalu lintas transportasi bermotor juga dapat meningkatkan kadar partikulat debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban, dan rem.(Salsabila, 2023)

Pengaruh permukaan jalan dan berat muatan transportasi merupakan faktor pendukung terbentuknya PM yang saling berkaitan erat. Dimana besar gesekan antara ban dan jalan merupakan hasil kali dari koefisien kekasaran permukaan jalan dan berat dari transportasi serta percepatan gravitasi bumi, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kekasaran permukaan dan semakin berat transportasi akan menghasilkan gesekan yang besar pula. Begitu pula dengan kapasitas mesin, semakin besar kapasitas mesin transportasi bermotor, maka semakin besar pula kebutuhan bahan bakarnya sehingga PM yang terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna akan semakin besar juga.

Kecepatan transportasi juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya konsentrasi PM. Pengaruhnya terhadap gesekan ban dan jalan yaitu semakin tinggi kecepatan transportasi melaju maka gesekan antara ban dan permukaan jalan juga akan semakin besar, sehingga PM yang terbentuk juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh besar gesekan yang merupakan hasil kali antara berat transportasi dikalikan dengan kecepatan yang diberikan oleh transportasi. Selain itu, pengaruhnya terhadap asap knalpot transportasi adalah semakin lambat transportasi melaju, maka semakin besar PM yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan asap knalpot yang dihasilkan akan lebih cepat terakumulasi di sepanjang jalan yang dilewati.

Emisi transportasi bermotor diyakini menyebabkan dan memiliki kontribusi terhadap masalah kesehatan masyarakat luas. Gangguan yang umum diketahui akibat emisi transportasi bermotor adalah penyakit pernapasan, sakit kepala, iritasi mata, meningkatkan serangan asma, penyakit jantung dan penurunan kecerdasan pada anak-anak (Salsabila, 2023).

E. Polusi Udara di Rumah

Indonesia berada pada peringkat kedua dalam hal kematian akibat polusi udara rumah tangga yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar padat. Polutan yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut memiliki konsentrasi yang tinggi akibat adanya proses pembakaran yang tidak sempurna. Keadaan tersebut akan berdampak pada rendahnya kualitas udara jika kondisi rumah berupa fisik dan ventilasi tidak memenuhi syarat dan kurang memadai serta tidak memiliki cerobong asap dapur.

Isu tentang polusi udara dalam ruangan berkembang pesat mengingat bahwa sebagian besar masyarakat menghabiskan lebih banyak waktunya di dalam ruangan. Polusi udara dalam ruangan akibat penggunaan bahan bakar kerap terjadi pada masyarakat, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Masyarakat pedesaan cenderung meng gunakan bahan bakar padat sebagai energi untuk memasak dengan menggunakan tungku atau kompor tradisional, sementara masyarakat perkotaan cenderung menggunakan bahan bakar tidak padat. Oleh karena itu untuk menganalisis kualitas polusi dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan anggota rumah tangga.(et al., 2023)

F. Alat Low-Cost Sensor

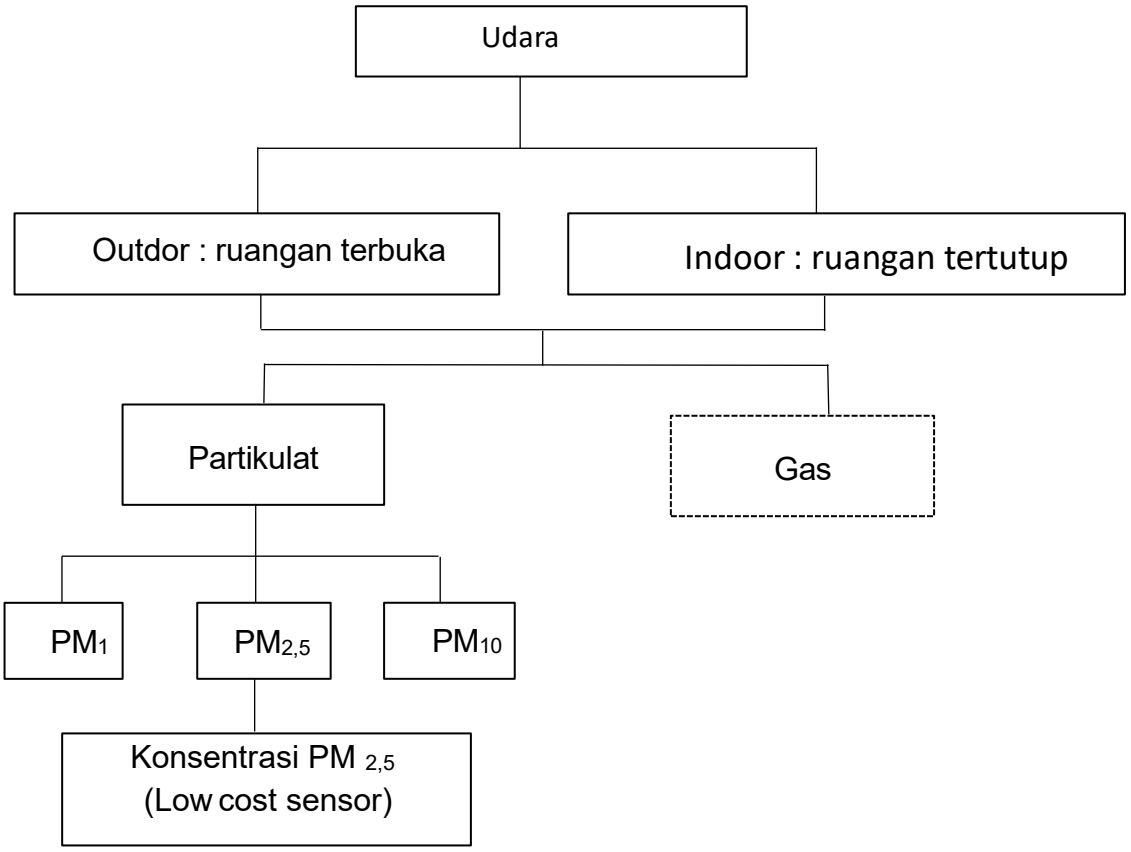
Low-Cost Sensor (LCS) adalah teknologi yang relatif baru yang mengukur polutan udara tertentu, biasanya partikel dan terkadang polutan gas, dan harganya jauh lebih murah daripada pemantau kualitas udara tradisional. Semakin banyak perusahaan yang mulai mengkomersialkan sensor berbiaya rendah atau yang biasa disebut dengan LCS yang dapat

memantau polusi udara di udara luar. Saat ini, ada ratusan LCS yang tersedia secara komersial dengan harga mulai dari beberapa ratus hingga beberapa ribu euro. “Low-Cost” mengacu pada harga pembelian LCS dibandingkan dengan biaya pembelian dan pengoperasian penganalisa referensi untuk pemantauan polutan anorganik dan PM, yang dapat dikatakan biayanya lebih mahal. (Karagulian et al., 2019)

Untuk mempermudah pengukuran, meningkatkan portabilitas alat, dan menekan biaya, penelitian ini menggunakan alat ukur berbasis sensor berbiaya rendah (*Low-Cost sensor*). Sensor partikulat berbiaya rendah yang digunakan adalah *Purple Air. Purple Air* PA-II-SD merupakan sensor partikulat (PM_1 $PM_{2,5}$ dan PM_{10}) berbiaya rendah yang saat ini tersedia di pasaran. Sensor ini merupakan salah satu dari sekian banyak sensor partikulat komersial berbiaya rendah yang telah diadopsi oleh individu maupun peneliti di berbagai belahan dunia. Dengan meningkatnya penggunaan sensor ini, terdapat minat yang besar untuk memahami lebih lanjut tentang kinerja dan karakteristik perangkat ini (Karaoghlanian et al., 2022)

Gambar 2. 2 Low Cost Sensor Purple Air

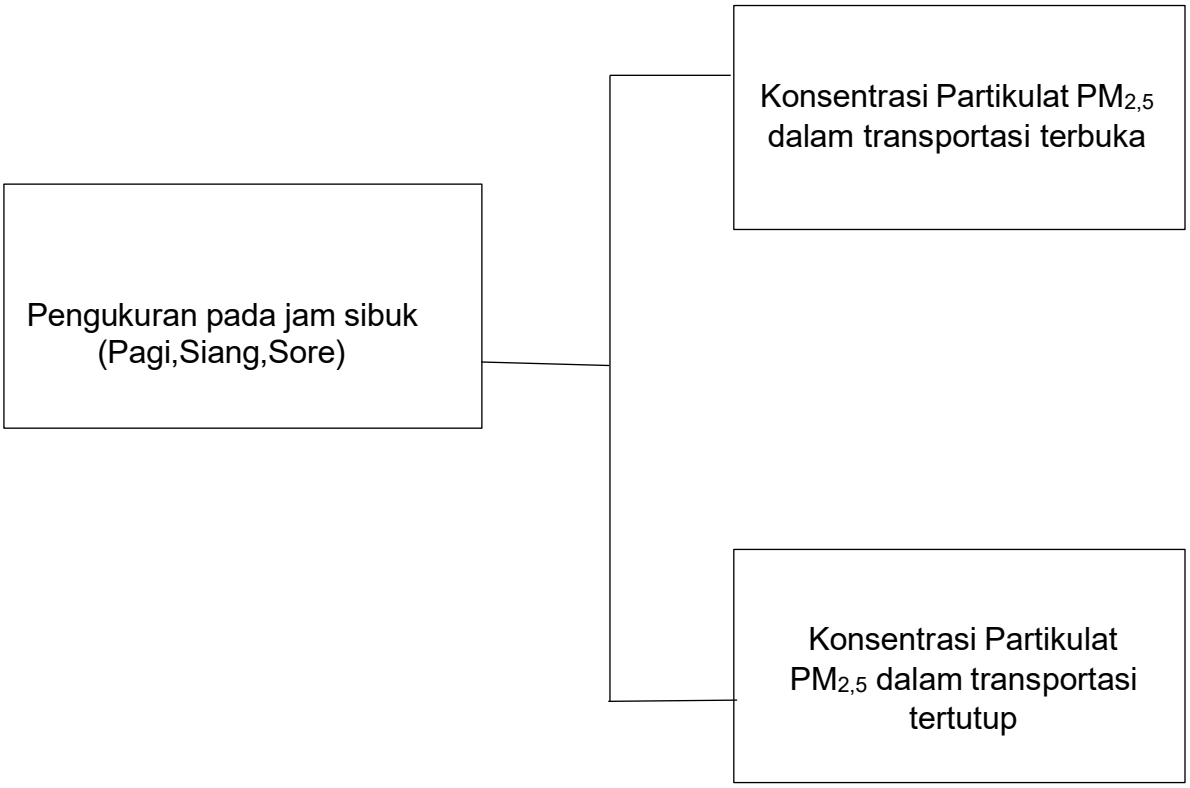
G. Kerangka Teori



Sumber : (Andriani, 2021)

Gambar 2. 3 Kerangka Teori

H. Kerangka Konsep



Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

I. Defenisi Operasional

Tabel 2. 2 Defenisi Operasional

No	Variabel	Defenisi Oparasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Low-Cost Sensor	Alat pengukuran $PM_{2,5}$	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	$\mu g/m^3$	Ratio
2.	$PM_{2,5}$	Butiran halus yang ada di udara. Partikulat Matter (PM) dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	Konsentrasi masa $5\mu g/m^3$	Ratio
3.	Transportasi	Transportasi kegiatan pemindahan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan mobilitas dalam kehidupan sehari-hari.	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	$\mu g/m^3$	Ratio
4.	Sepeda motor	Sepeda motor merupakan transportasi terbuka yang lebih sering dikenal dengan ojek online Yang sangat banyak digunakan dikota Medan	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	$\mu g/m^3$	Ratio

5.	Bus Listrik	Bus Listrik adalah transportasi yang dapat menyimpan energi listriknya,bus Listrik menjadi objek transportasi tertutup	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	$\mu g/m^3$	Ratio
6.	Rumah	Rumah merupakan kebutuhan dasar manusia yang memberikan perlindungan fisik dan rasa aman bagi penghuninya.	*Low-Cost Sensor (PurpleAir)*	$\mu g/m^3$	Ratio
7.	Waktu Pengukuran	Lamanya waktu yang diperlukan untuk pengukuran	*Stopwatch*	Jam	Ratio
8.	Rute	Rute merupakan gambaran dari perjalanan selama pengambilan data	*Speedometer*	KM	Ratio
9.	Lokasi Pengukuran	Lokasi pengukuran Dilakukan J.city sampai Plaza Medan Fair dan kembali lagi ke J.city	*Speedometer*	KM	Ratio