

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. UDARA

A.1 Pengertian Udara

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), udara adalah campuran gas yang mengelilingi bumi dan menjadi penting bagi kehidupan. Kualitas udara sangat mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. WHO menekankan bahwa polusi udara dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk emisi kendaraan, pembakaran bahan bakar fosil, dan aktivitas industri.

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh khlorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet. Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, methana, belerang dioksida, amonia, hidrokarbon dan gas rumah kaca yang sekarang ini menjadi perhatian besar dunia. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang serta tumbuhan, maka berarti udara telah tercemar. Pembangunan yang berkembang pesat dewasa ini, khususnya dalam industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak) menyebabkan udara yang kita hirup di sekitar kita menjadi tercemar oleh gas-gas buangan hasil pembakaran (Sugiarti, 2009).

Udara mempunyai peran penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk. Udara terdiri dari bermacam-macam gas yang

meyelimuti bumi dan mempunyai unsur utama adalah gas nitrogen 78,09% dan gas oksigen 20,94% (Mukono, 2008; Hikmiah, 2018).

A.2 POLUSI UDARA

A.2.1 Pengertian Polusi udara

Menurut Chambers dalam Mukono (2008), pengertian polusi udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia atau yang dapat dihitung dan diukur, serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material.

Sedangkan menurut Kumar dalam Mukono (2008), pengertian polusi udara ialah adanya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer dan mempunyai efek pada manusia dan lingkungannya.

Dalam undang-undang No. 23 Tahun 1997 menerangkan mengenai pengertian polusi udara merupakan masuknya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh aktivitas manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak bisa memenuhi fungsinya) (Mukono, 1997). Polusi udara merupakan masuknya atau tercampunya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas udara dalam lingkungan.

Kebersihan dan keamanan makanan adalah ciri yang tidak bisa diabaikan di restoran. Rachel KN Lee, seorang pakar kesehatan masyarakat, menegaskan bahwa standar kebersihan yang tinggi sangat penting untuk menjaga kesehatan pelanggan.

la mencatat bahwa restoran yang menerapkan praktik sanitasi yang baik dan transparan dalam pengelolaan makanan akan lebih dipercaya oleh pelanggan. Hal ini berkontribusi pada reputasi restoran dan loyalitas pelanggan.

Dari pengertian Polusi udara tersebut di atas, dapat diartikan bahwa polusi udara sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan seperti itu terjadi maka dapat dikatakan udara telah tercemar.

A.2.2 Sumber Polusi udara

Sumber utama polusi udara berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti industri, transportasi, perkantoran, dan pemukiman. Aktivitas-aktivitas tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap pencemaran yang dilepaskan ke udara. Selain itu, polusi udara juga dapat disebabkan oleh fenomena alam, seperti kebakaran hutan, letusan gunung berapi, dan keluarnya gas alam beracun. Dampak dari polusi udara ini dapat menurunkan kualitas udara, yang pada gilirannya berdampak negatif pada kesehatan manusia.

Telah disadari bersama, kualitas udara saat ini telah menjadi persoalan global, karena udara telah tercemar akibat aktivitas manusia dan proses alam. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah, misalnya asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit dan pancaran garam dari laut; juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, industri,

pembuangan sampah, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga.

Terdapat dua jenis sumber pencemar yaitu sebagai berikut:

1. Zat pencemar primer, yaitu zat kimia yang langsung mengkontaminasi udara dalam konsentrasi yang membahayakan. Zat tersebut bersal dari komponen udara alamiah seperti karbon dioksida, yang meningkat diatas konsentrasi normal, atau sesuatu yang tidak biasanya, ditemukan dalam udara, misalnya timbal.
2. Zat pencemar sekunder, yaitu zat kimia berbahaya yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi kimia antar komponen-komponen udara.

Sumber pencemar primer di udara dapat digolongkan menjadi 2 yaitu sumber yang bersifat alamiah (natural) dan kegiatan manusia (antropogenik). Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain sebagainya. Sedangkan pencemaran antropogenik banyak dihasilkan dari aktivitas transportasi, industri, rokok, dari persampahan, baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga.

1. Sumber Alamiah (Natural)

- a. Akibat Letusan Gunung Berapi Kegiatan alam yang bisa menyebabkan polusi udara diantaranya adalah kegiatan gunung berapi. Salah satu gas pencemar yang di hasilkan oleh gunung berapi adalah Sox.
- b. Akibat Kebakaran Hutan Beberapa bahan pencemar dari kebakaran hutan yang dapat mencemari udara, diantaranya adalah hidrokarbon, karbon dioksida, senyawa sulfur oksida, senyawa nitrogen oksida dan nitrogen dioksida. Adapun bahan

pencemar berbentuk partikel adalah asap berupa partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu hasil dari proses pemecahan suatu bahan.

2. Sumber Kegiatan Manusia (Antropogenik)

Sumber antropogenik diantaranya berhubungan dengan proses pembakaran berbagai jenis bahan bakar, diantaranya:

a. Sumber tidak bergerak (stationary source)

1) Sumber titik, yaitu sumber pada titik tetap, seperti cerobong asap atau tangki penyimpanan yang memancarkan pencemar udara

2) Sumber area, merupakan serangkaian sumber-sumber kecil yang bersama-sama dapat mempengaruhi kualitas udara di suatu daerah. Contohnya adalah: pembakaran bahan bakar di rumah tangga, TPA, kebakaran hutan (sumber alamiah), konstruksi pembangunan, jalan tidak beraspal

b. Sumber bergerak (mobile source)

contoh : kendaraan bermotor, pesawat, dan/atau kapal laut

1) Sumber on-road (bergerak di jalan), contohnya: mobil, motor, bis kota, metromini, dan lain-lain.

2) Sumber non-road (bergerak bukan di jalan), contohnya: pesawat terbang, kapal laut, kereta api, dan lain-lain.

c. Debu zat kimia maupun partikel-partikel sebagai hasil dari Industri pertanian dan Perkebunan

d. Asap dari penggunaan cat, hair spray, dan jenis pelarut lainnya

e. Gas yang dihasilkan dari proses pembuangan akhir di TPA, yang umumnya adalah gas metan

f. Peralatan militer contoh: senjata nuklir, gas beracun, senjata biologis, maupun roket(Ummah, 2019)

A.2.3 Jenis-jenis Polusi udara

Ada beberapa bahan pencemar udara yang sering ditemukan di kota-kota. Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

1. Partikulat (PM) Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun dalam pengertian yang lebih luas, dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk polusi udara. Sumber pencemaran partikel dapat berasal dari peristiwa alami dan dapat juga berasal dari aktivitas manusia. Pencemaran partikel yang berasal dari alam, adalah sebagai berikut:

- a. Debu tanah/pasir halus yang terbang terbawa oleh angin kencang.
- b. Abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi.
- c. Semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi di daerah pegunungan.

2. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi CO dan O.

3. Sulfur Oksida (SO_x)

Gas belerang oksida atau sering ditulis dengan SO_x, terdiri dari gas SO₂ dan gas SO₃ yang keduanya mempunyai sifat berbeda. Gas SO₂ berbau sangat tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO₃ bersifat sangat reaktif. Gas SO₃ mudah bereaksi dengan uap air yang ada di udara untuk membentuk asam sulfat atau H₂SO₄. Asam sulfat ini sangat reaktif, mudah bereaksi (memakan) benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan, seperti proses pengkaratan (korosi) dan proses kimiawi lainnya. Konsentrasi gas SO₂ di udara akan mulai terdeteksi oleh indera manusia (tercium baunya) manakala konsentrasinya berkisar antara 0,3 – 1 ppm.

4. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida sering disebut dengan NO_x, karena oksida nitrogen mempunyai 2 macam bentuk yang sifatnya berbeda, yaitu gas NO₂ dan gas NO.

Sifat gas NO_2 adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Warna gas NO_2 adalah merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Seperti halnya CO , emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin.

5. Oksidan Fotokimia

Oksidan fotokimia adalah komponen atmosfer yang diproduksi oleh proses fotokimia, yaitu suatu proses kimia yang membutuhkan sinar, yang akan mengoksidasi komponen-komponen yang tidak segera dapat dioksidasi oleh gas oksigen. Senyawa yang terbentuk merupakan polutan sekunder yang diproduksi karena interaksi antara polutan primer dengan sinar matahari. Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan dalam produksi oksidan fotokimia. Reaksi ini juga melibatkan siklus fotolitik NO_2 . Polutan sekunder yang paling berbahaya yang dihasilkan oleh reaksi hidrokarbon dalam siklus tersebut adalah ozon (O_3) dan peroksiasetil nitrat, yaitu salah satu komponen yang paling sederhana dari grup peroksiasilnitrat (PAN). (Ummah, 2019)

A.3 Kualitas Udara Dalam Ruangan

A.3.1 Pengertian Kualitas Udara dalam Ruangan

Udara dapat dikelompokkan menjadi: udara luar ruangan (Restoran Terbuka air) dan udara dalam ruangan (Restoran Tertutupair). Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi kesehatan manusia, karena hampir 90 % hidup manusia berada dalam ruangan. Sebanyak 400 sampai 500 juta orang khususnya di negara yang sedang berkembang sedang berhadapan dengan masalah polusi udara dalam ruangan.

Udara sebagai salah satu komponen lingkungan merupakan kebutuhan yang paling utama untuk mempertahankan kehidupan. Metabolisme dalam tubuh makhluk hidup tidak mungkin dapat berlangsung tanpa oksigen yang berasal dari udara. Selain oksigen terdapat zat-zat lain yang terkandung di udara, yaitu karbon monoksida, karbon dioksida, formaldehid, jamur, virus, dan sebagainya. Zat-zat tersebut jika masih berada dalam batas-batas tertentu masih dapat dinetralisir, tetapi jika sudah melampaui ambang batas maka proses netralisir akan terganggu. Peningkatan konsentrasi zat-zat di dalam udara tersebut dapat disebabkan oleh aktivitas manusia.

Kontaminasi yang berasal dari dalam ruang yaitu kelembaban antara 25-75%. Spora jamur akan meningkat dan terjadi kemungkinan peningkatan pertumbuhan jamur, dan sumber kelembaban adalah tandon air, bak air di kamar mandi. Penyakit yang berhubungan dengan bioaerosol dapat berupa penyakit infeksi seperti flu, hipersensitivitas: asma, alergi, dan juga toxicoses yaitu toksin dalam udara di ruangan yang

terkontaminasi sebagai penyebab gejala SBS (Sick Building Syndrome).

'Sick building syndrome' adalah sindroma penyakit yang diakibatkan oleh kondisi gedung. SBS merupakan kumpulan gejala-gejala dari suatu penyakit. Definisi SBS, adalah gejala yang terjadi berdasarkan pengalaman para pemakai gedung selama mereka berada di dalam gedung tersebut. Gejala SBS antara lain: sakit kepala, kehilangan konsentrasi, tenggorokan kering, iritasi mata dan kulit. Beberapa bentuk penyakit yang berhubungan dengan SBS: iritasi mata dan hidung, kulit dan lapisan lendir yang kering, kelelahan mental, sakit kepala, ISPA, batuk, bersin-bersin, dan reaksi hipersensitivitas (Ummah, 2019).

A.3.2 Pencemaran Restoran Tertutup *Air Quality*

Sumber penyebab polusi udara dalam ruangan antara lain yang berhubungan dengan bangunan itu sendiri, perlengkapan dalam bangunan (karpet, AC, dan sebagainya), kondisi bangunan, suhu, kelembaban, pertukaran udara, dan hal-hal yang berhubungan dengan perilaku orang-orang yang berada di dalam ruangan, misalnya merokok. Sumber polusi udara dalam ruang dapat berasal dari bahan-bahan sintetis dan beberapa bahan alamiah yang digunakan untuk karpet, busa, pelapis dinding, dan perabotan rumah tangga (asbestos, formaldehid, VOC), juga dapat berasal dari produk konsumsi (pengkilap perabot, perekat, kosmetik, pestisida/insektisida). Mikroorganisme yang berasal dari dalam ruangan misalnya serangga, bakteri, kutu binatang peliharaan, jamur.

Mikroorganisme yang tersebar di dalam ruangan dikenal dengan istilah bioaerosol. Bioaerosol di dalam ruangan dapat

berasal dari lingkungan luar dan kontaminasi dari dalam ruangan. Dari lingkungan luar dapat berupa jamur yang berasal dari organisme yang membusuk, tumbuh-tumbuhan yang mati dan bangkai binatang, bakteri Legionella yang berasal dari soil-borne yang menembus ke dalam ruang, alga yang tumbuh dekat kolam/danau masuk ke dalam ruangan melalui hembusan angin dan jentik-jentik serangga di luar ruang dapat menembus bangunan tertutup.

The National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) dalam penelitiannya menyebutkan ada lima sumber pencemaran di dalam ruangan yaitu:

1. Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan.
2. Pencemaran di luar gedung meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
3. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, fibreglass dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
4. Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
5. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.(Ummah, 2019)

B. Kadar *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5})

B.1 Pengertian *Particulate Matter* (PM_{2,5})

PM_{2,5} atau *Particulate Matter* dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer, merupakan salah satu polutan udara yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia menurut World Health Organization (WHO). Partikel halus ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk pembakaran bahan bakar fosil, kebakaran hutan, dan proses industri, serta dapat dengan mudah masuk ke dalam saluran pernapasan dan bahkan aliran darah. WHO mengingatkan bahwa paparan jangka pendek maupun jangka panjang terhadap PM_{2,5} dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan serius, seperti penyakit jantung, stroke, dan gangguan pernapasan. Untuk melindungi kesehatan masyarakat, WHO memberikan batas maksimum untuk konsentrasi PM_{2,5} di udara dan mendorong negara-negara untuk mengambil langkah-langkah efektif dalam mengurangi emisi polutan. Dengan meningkatkan kesadaran akan risiko yang ditimbulkan oleh PM_{2,5}, WHO berharap dapat mendorong tindakan pencegahan yang lebih baik dalam menjaga kualitas udara.

Menurut Environmental Protection Agency (EPA), PM_{2,5} merupakan partikel halus yang memiliki diameter kurang dari 2,5 mikrometer dan merupakan salah satu polutan udara yang paling berbahaya. Partikel ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk pembakaran bahan bakar fosil, emisi kendaraan, serta proses industri. PM_{2,5} dapat terhirup dan masuk ke dalam saluran pernapasan, yang berpotensi menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti iritasi saluran pernapasan, penyakit jantung, dan bahkan kematian dini. EPA menyatakan bahwa pentingnya pengendalian dan pengurangan emisi PM_{2,5} untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Selain itu, lembaga ini juga menetapkan standar kualitas udara untuk PM_{2,5} guna memastikan bahwa konsentrasi partikel tersebut tetap berada pada tingkat yang aman bagi kesehatan.

manusia. Dengan upaya yang tepat, pengurangan polusi udara dapat dilakukan untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat.

B.2 Dampak *Particulate Matter* (PM_{2,5})

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), partikel halus seperti PM_{2,5} memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia. Paparan jangka pendek maupun jangka panjang terhadap PM_{2,5} dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan pernapasan, asma, dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). WHO juga mencatat bahwa PM_{2,5} berkontribusi pada peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung dan stroke. Terlebih lagi, paparan terhadap partikel ini telah dikaitkan dengan kematian dini, terutama di kalangan kelompok rentan seperti anak-anak dan orang tua. Selain itu, WHO menyoroti bahwa PM_{2,5} dapat mengganggu sistem imun, meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, dan berdampak negatif pada kualitas hidup secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengendalian emisi PM_{2,5} menjadi sangat penting untuk melindungi kesehatan masyarakat.

B.3 Dispersi Polutan

Dispersi adalah salah satu mekanisme yang dapat menyebabkan polutan atau bahan tertentu menyebar. Dispersi atau difusi adalah penyebaran polutan di udara karena adanya perbedaan atau perubahan konsentrasi (Anzira and Ahmad, 2020). Dispersi polutan adalah proses dimana polutan mengalir secara terus menerus terlepas dari sumbernya dan dihembuskan ke atmosfer terbuka oleh angin yang stabil, aliran polutan berputar ke bawah dan terus bergerak sesuai arah rata-rata angin menyebarkan konsentrasi polutan dan membawa polutan jauh dari sumbernya (Abidin & Hasibuan, 2019).

Dispersi polutan dipengaruhi oleh angin (arah dan kecepatan), yang mempengaruhi arah dan tingkat konsentrasi polutan di daerah tersebut. Arah angin menentukan arah area paparan, sedangkan kecepatan angin

menentukan seberapa jauh polutan dibawa sepanjang arah angin yang berlaku. Faktor-faktor meteorologi ini saling berhubungan. Temperatur yang tinggi menyebabkan udara mengembang dengan cepat, menyebabkan ketidakstabilan udara (Ana Turyanti, 2011).



Gambar 2.1 Ilustrasi Ukuran Partikulat

Sumber: airnow.gov

C. Metodologi Pengukuran $PM_{2.5}$

C.1 Prinsip Gravimetri

Analisis gravimetri adalah proses isolasi dan pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu. Bagian terbesar dari penentuan secara analisis gravimetri meliputi transformasi unsur atau radikal ke senyawa murni stabil yang dapat segera diubah menjadi bentuk yang dapat ditimbang dengan teliti. Metode gravimetri memakan waktu cukup lama, adanya pengotor pada zat konstituen dapat diuji dan bila perlu faktor-faktor koreksi dapat digunakan (Amborowati, 2009).

Analisis gravimetri adalah suatu cara analisis kuantitatif dengan penimbangan berat zat setelah diperlukan sedemikian rupa sehingga zat tersebut diketahui beratnya dengan pasti dan berada dalam keadaan stabil. Komponen yang akan ditentukan diubah menjadi suatu endapan yang stabil dan selanjutnya dapat diubah menjadi bentuk senyawa yang mudah untuk ditimbang. Penentuan suatu zat dengan gravimetri umumnya dilakukan dengan reaksi kimia (Nurfiah, 2013).

C.2 Prinsip Sensor Optik

Prinsip sensor optik dalam pengukuran partikel, termasuk PM_{2,5}, didasarkan pada interaksi antara cahaya dan partikel yang ada di udara. Sejauh ini berbagai penelitian tentang sensor optik telah dikembangkan untuk mendeteksi uap kimia berbahaya, prinsip dan konfigurasinya sangat variatif, diantaranya berbasis serat optik. Pengembangan sensor uap kimia berbasis serat optik memiliki kelebihan diantaranya pengukuran (pendeteksi) dapat dilakukan pada jarak jauh (remote), real-time, in-situ, serta yang paling penting adalah sinyal optik yang digunakan tidak terganggu oleh medan elektromagnet sehingga noise lebih rendah (Maddu, Sardy and Zain, 2008).

C.3 Prinsip Data *Real-Time*

Prinsip data real-time adalah proses di mana data dikumpulkan, diproses, dan dianalisis secara langsung, sehingga pengguna dapat mengakses informasi terbaru tanpa penundaan. Ini sangat penting dalam situasi di mana keputusan harus diambil dengan cepat berdasarkan informasi terkini.

Penelitian dengan menggunakan fitur real time database telah dilakukan oleh Rahmi (2017) menghasilkan sebuah aplikasi mobile Android dan website yang menyederhanakan siklus check-up antara dokter dan pasien dan memanfaatkan fitur Firebase antara lain Firebase Storage untuk menyimpan data tambahan berupa dokumen dokter maupun foto, Wiratno (2017) memanfaatkan Firebase realtime database untuk menyimpan data bus dan halte. Christina (2017) membuat sebuah aplikasi perangkat mobile Android dengan memanfaatkan Firebase realtime database untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa, sehingga memudahkan dalam pemesanan makanan. Arsitektur sistem pada penelitian ini terdapat 2 aplikasi yang berbeda untuk sisi pelanggan dan aplikasi sisi penjual. Kedua aplikasi saling terhubung pada Firebase

realtime database yang mampu melakukan sinkronisasi setiap ada perubahan data. Philip, dkk (2017) membuat sebuah aplikasi pelacakan lokasi keluarga menggunakan GPS untuk memberikan lokasi yang akurat. Penelitian ini memanfaatkan teknologi Firebase yang akan diterapkan pada aplikasi prototipe untuk optimalisasi antar jemput barang berbasis lokasi. Setiap data dan aktivitas pengguna terhadap sistem akan diolah secara realtime, sehingga memungkinkan pengguna memperoleh informasi terbaru secara otomatis jika terjadi perubahan data pada database. Selain itu, aplikasi prototipe ini juga akan menampilkan objek secara clustering.

D.SANITASI TEMPAT-TEMPAT UMUM

D.1 Hubungan STTU dengan Restoran

Sanitasi tempat umum dan restoran memiliki keterkaitan yang kuat dan saling mempengaruhi. Restoran umum, sebagai salah satu fasilitas yang banyak dikunjungi, memikul tanggung jawab besar dalam menjaga kebersihan dan sanitasi demi memastikan kesehatan pelanggan dan staf. Suasana yang bersih di restoran tidak hanya menghindari penyebaran penyakit yang ditularkan melalui makanan, tetapi juga menciptakan lingkungan yang nyaman bagi pengunjung. Praktik sanitasi yang baik, seperti pengelolaan limbah secara efisien dan pemeliharaan kebersihan area makan, dapat mengurangi risiko kontaminasi dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap makanan yang disajikan. Selain itu, restoran juga memiliki peran dalam meningkatkan kesadaran mengenai pentingnya kebersihan di tempat umum lainnya, karena pelanggan yang teredukasi tentang sanitasi akan lebih memperhatikan praktik kebersihan di sekitar mereka. Dengan demikian, restoran yang menerapkan standar sanitasi yang tinggi tidak hanya memberikan kontribusi pada kesehatan individu tetapi juga pada kesehatan dan lingkungan masyarakat secara keseluruhan.

Standar higiene dan sanitasi jasaboga untuk rumah makan relevan dengan kategori jasaboga Golongan A3 dengan kriteria dan persyaratan teknis sebagai berikut (Permenkes, 2011) :

- A. Kriteria : jasaboga yang melayani kebutuhan masyarakat umum, dengan pengolahan menggunakan dapur khusus,
- B. memperkerjakan tenaga kerja.
- C. Persyaratan teknis
 - 1) Memenuhi persyaratan teknis jasaboga golongan A2
 - 2) Memenuhi persyaratan khusus antara lain :
 - a. Setting ruangan pengolahan makanan dilakukan terpisah dari rumah hunian.
 - b. Sirkulasi udara yang lancar dengan cara mengatur tentang pembuangan asap dapur dilengkapi cerobong asap atau alat penangkap asap (smoke hood).
 - c. Ruangan pengolahan makanan sebagai tempat memasak diatur terpisah dengan tempat penyajian makanan matang. Ruangan ini harus dilengkapi lemari pendingin dengan spesifikasi suhu mencapai -50 derajat Celcius dan kapasitas yang memadai untuk cakupan kegiatan berdasarkan bahan atau jenis makanan yang ada.
 - d. Alat angkut makanan menggunakan kendaraan khusus pengangkut makanan desain tertutup dan khusus untuk mengangkut makanan siap saji. Spesifikasi alat angkut makanan yaitu kondisi tertutup sempurna, terbuat dari bahan kedap air, permukaan yang halus dan mudah dibersihkan. Wadah makanan digunakan sekali pakai, kemasannya harus tercantum identitas perusahaan, nomor Sertifikat Laik Higiene Sanitas (SLHS) dan surat izin usaha. Jika Jasaboga tidak menggunakan wadah kotak, maka tetap harus tercantum

identitas perusahaan, nomor Sertifikat Laik Higiene Sanitas (SLHS) dan surat izin usaha di tempat penyajian sehingga mudah diketahui oleh khalayak umum. (Tanjung *et al.*, no date)

D.2 Hubungan Restoran dengan Polusi Udara

Restoran memiliki hubungan yang signifikan dengan polusi udara, baik secara langsung maupun tidak langsung. Aktivitas restoran, seperti memasak, penggunaan alat pendingin, dan pengelolaan limbah, dapat menghasilkan emisi yang berkontribusi pada kualitas udara di sekitarnya. Misalnya, proses memasak, terutama dengan menggunakan bahan bakar fosil, dapat melepaskan partikel dan gas berbahaya seperti karbon monoksida dan nitrogen oksida ke atmosfer. Selain itu, penggunaan alat pendingin dan pemanas yang kurang efisien dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

Di sisi lain, restoran juga memiliki tanggung jawab untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan menerapkan praktik ramah lingkungan, seperti menggunakan peralatan memasak yang efisien energi, mengelola limbah dengan baik, dan memilih bahan makanan lokal dan organik, restoran dapat membantu mengurangi jejak karbon mereka dan polusi udara. Kesadaran akan pentingnya kualitas udara yang baik tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan pelanggan dan staf, tetapi juga bagi komunitas secara keseluruhan. Oleh karena itu, hubungan antara restoran dan polusi udara sangat penting untuk dipahami, mengingat dampak yang dapat terjadi terhadap kesehatan lingkungan dan masyarakat.

E. PENGENDALIAN KUALITAS UDARA

Pengendalian kualitas udara melalui ventilasi merupakan langkah krusial dalam menciptakan lingkungan yang sehat, seperti yang diungkapkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Ventilasi yang baik dapat membantu mengurangi konsentrasi polutan udara dalam ruangan, termasuk

partikel halus seperti PM_{2.5} dan gas berbahaya lainnya. Dengan meningkatkan aliran udara segar dan mengeluarkan udara tercemar, sistem ventilasi efektif dapat mencegah kontaminasi yang dapat membahayakan kesehatan penghuninya. WHO memberi izin penggunaan ventilasi alami atau mekanis yang sesuai, tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis bangunan, untuk memastikan kualitas udara dalam ruangan tetap terjaga. Selain itu, WHO juga menekankan pentingnya pemeliharaan sistem ventilasi agar tetap berfungsi secara optimal, sehingga dapat melindungi kesehatan masyarakat dari dampak negatif polusi udara.

F. PEMBERSIHAN UDARA

Pembersihan udara menggunakan filter HEPA (High Efficiency Particulate Air) merupakan metode yang sangat efektif untuk mengurangi kontaminan di dalam ruangan. Filter HEPA dirancang untuk menangkap partikel halus hingga 0,3 mikrometer dengan efisiensi minimal 99,97%. Ini termasuk debu, serbuk sari, jamur, dan partikel berbahaya lainnya seperti PM_{2.5}, yang dapat berdampak negatif pada kesehatan. Dengan menggunakan perangkat yang dilengkapi filter HEPA, kualitas udara dapat ditingkatkan secara signifikan, menjadikannya pilihan yang baik untuk individu dengan alergi atau masalah pernapasan. Selain itu, keberadaan filter HEPA dalam sistem ventilasi dan penyaringan udara di rumah, kantor, atau fasilitas kesehatan dapat membantu menciptakan lingkungan yang lebih aman dan nyaman, mengurangi risiko infeksi dan meningkatkan kesejahteraan secara keseluruhan.

G. PENELITIAN TERDAHULU

G.1 Restoran

Kualitas udara dalam ruangan restoran sangat penting untuk kesehatan dan kenyamanan pelanggan serta staf. Aktivitas memasak, kepadatan pengunjung, dan sistem ventilasi yang tidak memadai dapat meningkatkan risiko paparan polutan udara dalam ruangan. Faktor-

Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Udara di Restoran seperti ; Penggunaan bahan bakar seperti gas, arang, atau kayu dapat menghasilkan polutan seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel halus (PM_{2,5}) (A'yun and Umaroh, 2023), kepadatan pengunjung, dan sistem ventilasi.

G.2 Sekolah

Lingkungan dalam ruangan merupakan lingkungan mikro yang penting bagi siswa yang menghabiskan 6-8 jam di ruang sekolah dan rentan terhadap polusi udara. Beberapa penyakit pernapasan dalam kelompok ini terkait dengan kualitas udara yang buruk (Andriani, 2021).

Kualitas udara dalam ruangan tidak mendapat perhatian yang memadai meskipun penting bagi kesehatan manusia, terutama untuk sekolah karena anak-anak adalah salah satu kelompok yang paling sensitif terhadap polusi udara (Anh Le and Quynh Linh, 2020).

Sementara kualitas udara dalam ruang kelas termasuk di dalamnya aktivitas dalam ruang kelas seperti pergerakan siswa, penggunaan alat tulis, serta ventilasi yang buruk dapat berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi partikulat.

G.3 Kantor

Lingkungan mikro udara di dalam ruangan kantor merupakan suatu faktor penting yang dapat mempengaruhi kesehatan serta produktivitas para pekerja di dalamnya. Kondisi udara dalam ruang kerja harus di perhatikan karena para pekerja menghabiskan waktunya selama 5 - 8 dalam sehari. Peraturan pemerintah seperti Permenkes No 48 Tahun 2016 dan Permenaker No. 5 Tahun 2018 telah menetapkan standar kualitas udara di dalam ruangan kerja untuk mencegah gangguan kenyamanan dan kesehatan pekerja. Kondisi udara yang buruk dalam ruangan, yang disebabkan oleh pencemaran atau

kontaminasi, dapat menimbulkan berbagai masalah seperti Sick Building Syndrome dan penurunan produktivitas pada pekerja. (Bardi et al., 2021).

Beberapa sumber utama pencemaran udara dalam ruangan kantor teridentifikasi, antara lain kurangnya ventilasi yang memadai untuk memasok udara segar, akumulasi debu dan partikulat dari tumpukan buku-buku serta berkas di dalam ruangan kantor. Selain itu, sumber-sumber polutan juga dapat berasal dari peralatan elektronik dan material pembersih di dalam ruang kantor. Kondisi suhu ruangan yang ekstrem, seperti terlalu panas, juga dapat berdampak negatif pada kenyamanan dan kesehatan pekerja. (Yulianti et al., 2021)

G.4 Dapur

Kualitas udara dalam ruangan dapur sangat penting untuk kesehatan dan kenyamanan. Aktivitas memasak dapat menghasilkan polutan seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), partikel halus (PM_{2,5}), dan senyawa organik volatil (VOC) yang dapat memengaruhi kualitas udara.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di Dapur seperti; proses memasak, ventilasi, dan asap dari makanan yang terbakar.

G.5 Gym

Kualitas udara dalam ruangan gym sangat penting untuk kesehatan dan kenyamanan pengunjung. Aktivitas fisik yang intens dapat meningkatkan produksi keringat dan bau tubuh, sementara peralatan gym dapat melepaskan debu dan partikel kecil yang memengaruhi kualitas udara.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di Gym seperti aktivitas pengunjung, Peralatan gym yang sering digunakan dapat

melepaskan debu dan partikel kecil yang memengaruhi kualitas udara dan ventilasi yang tidak memadai.

H. REGULASI DAN STANDAR KUALITAS UDARA

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara bahwasannya di tetapkan nilai ambang batas untuk $PM_{2,5}$ adalah $31,4 \mu g/m^3$ selama 24 jam.

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengurangi tingkat polusi partikulat halus atau $PM_{2,5}$ yang dianggap aman bagi manusia untuk bernapas dari $10 \mu g/m^3$ menjadi $5 \mu g/m^3$ (WHO, 2021).

I. ALAT LOW-COST SENSOR

Low Cost Sensor (LCS) adalah sebuah alat atau sebuah sensor untuk mengukur kualitas udara yang memiliki biaya relatif rendah dibandingkan dengan sensor lainnya tetapi tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari alat atau sensor yang memiliki harga lebih tinggi.

Pemantauan polusi udara, termasuk sensor berbiaya rendah dan metode inovatif lainnya, hanyalah salah satu aspek dari manajemen kualitas udara. Selain data pemantauan, perkiraan emisi polutan dari sumber utama harus digunakan untuk menginformasikan rencana aksi udara bersih untuk mengurangi emisi berbahaya (Kushwaha Meenakshi *et al.*, 2020).

Low- Cost Sensors / LCSs telah muncul dalam beberapa tahun terakhir sebagai alat pelengkap yang ketika dikombinasikan dengan peralatan konvensional, memungkinkan pemantauan kualitas udara menjadi lebih efektif, secara signifikan meningkatkan resolusi spasial data pemantauan udara dan secara efektif melibatkan warga dalam pengukuran eksperimental (Robinson, J.A., 2018).



Gambar 2.2 Alat Low Cost Sensor

J.AIR QUALITY INDEX

AQI, atau Indeks Kualitas Udara, adalah ukuran dampak kesehatan yang biasanya dibuat oleh badan pemerintah. Nilai AQI dihitung menggunakan pengukuran mentah seperti yang disebutkan di atas. Pengukuran ini dapat memperhitungkan satu atau beberapa polutan udara untuk menghasilkan nilai. Tujuan AQI adalah untuk mengambil pengukuran polusi udara mentah dan menerapkannya pada skala yang secara langsung menunjukkan dampak kualitas udara terhadap kesehatan manusia. Hal ini mengubah data mentah menjadi pengukuran yang dapat berguna dan memberikan wawasan bagi warga negara pada umumnya. Tanpa adanya konteks yang diperlukan, data tentang polusi udara akan terlihat seperti angka yang tidak bermakna, dengan signifikansi yang kurang berarti. Namun, AQI memberikan konteks tersebut.

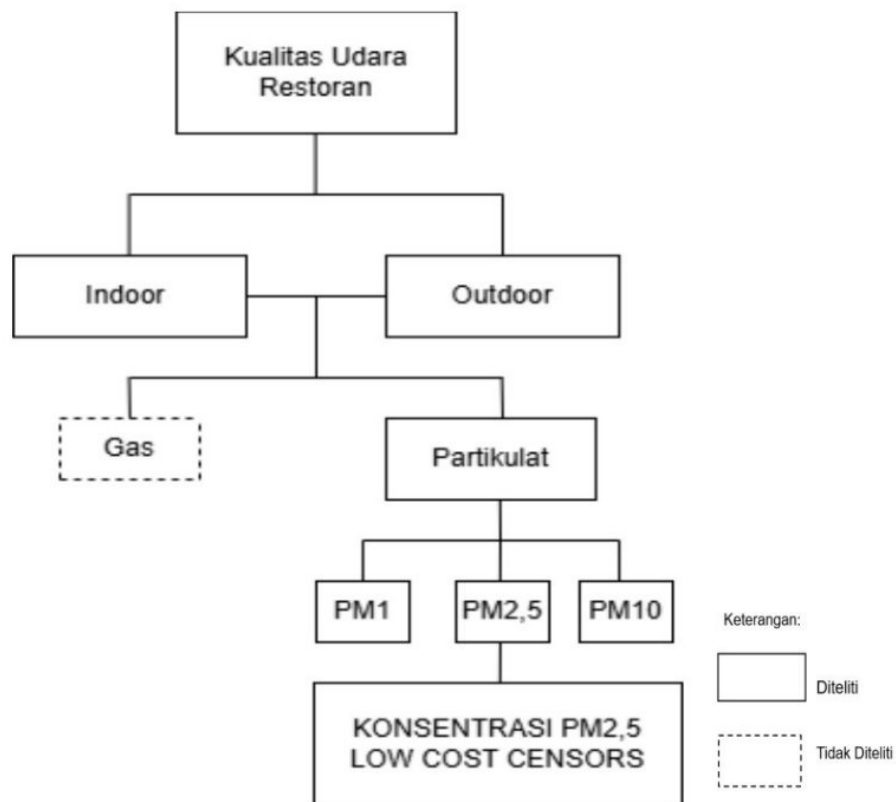
Dengan kata lain, AQI dapat menunjukkan apakah kualitas udara baik atau buruk, serta seberapa besar dampaknya. Seperti yang dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Indeks Kualitas Udara

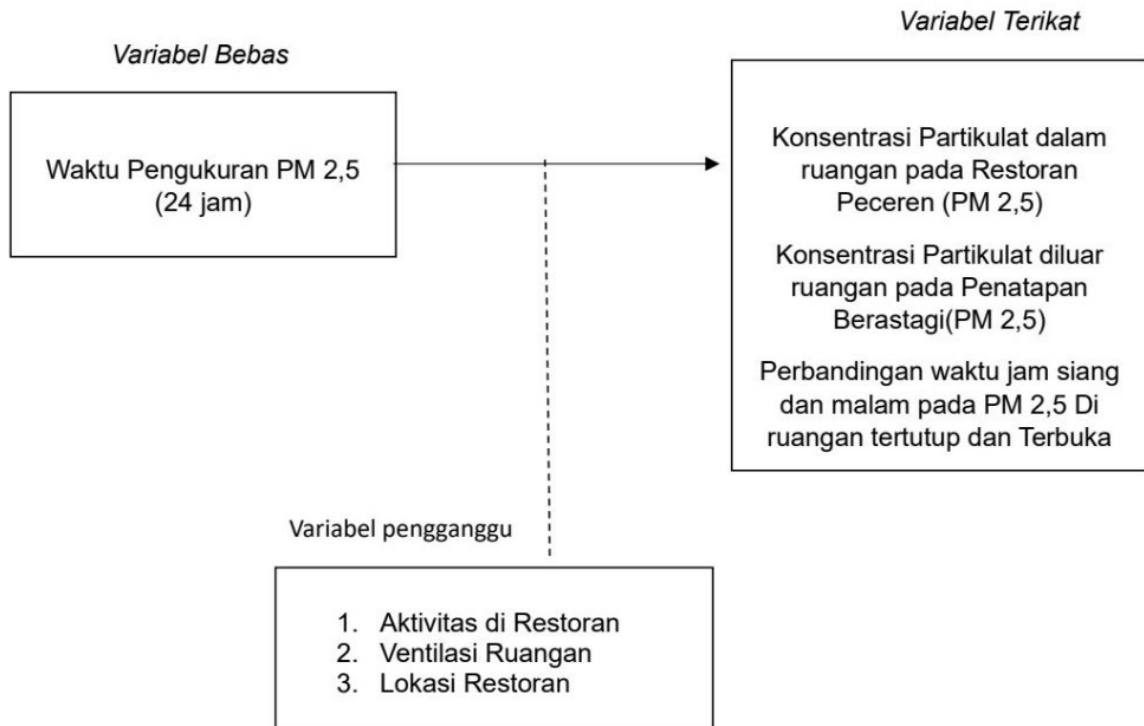
Nilai AQI dihitung menggunakan pengukuran mentah seperti yang disebutkan di atas. Pengukuran ini dapat memperhitungkan satu atau beberapa polutan udara untuk menghasilkan nilai. Tujuan AQI adalah untuk mengambil pengukuran polusi udara mentah dan menerapkannya pada skala yang secara langsung menunjukkan dampak kualitas udara terhadap kesehatan manusia. Hal ini mengubah data mentah menjadi pengukuran yang dapat berguna dan memberikan wawasan bagi warga negara pada umumnya (Community Air, 2023)

K.KERANGKA TEORI



Gambar 2.3 Modifikasi Kerangka Teori Richard W. Bel

L.KERANGKA KONSEP



Gambar 2.4 Kerangka Konsep

M.DEFINISI OPERASIONAL

Tabel 2.1 Defenisi Operasional

No	Variabel	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Low-Cost Sensor	Alat pengukuran $PM_{2,5}$	Restoran	$\mu g/m^3$	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.	Restoran Tertutup	Restoran yang tertutup	Low-Cost Sensor (PurpleAir)	$\mu g/m^3$	Ratio
4.	Restoran Terbuka	Restoran yang terbuka	Low-Cost Sensor (PurpleAir)	$\mu g/m^3$	Ratio
6.	Waktu Pengukuran	Lamanya waktu yang diperlukan pada jam siang dan malam	Jam	Jam	Ratio
8.	Suhu dan Kelembapan	kondisi udara di suatu tempat dan waktu tertentu	Suhu dan Kelembapan	$^{\circ}C$	Ratio
9.	Aktivitas di Restoran	Kegiatan yang dilakukan tamurestoran di jam buka restoran	Observasi	Tenang, sedang, aktivitas	Ordinal

10	Ventilasi Ruangan	proses pertukaran udara yang dilakukan untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan	Meteran	M ²	Ratio
11	Lokasi Restoran	ruangan di dalam bangunan restoran yang berfungsi menjadi tempat makan pengunjung dan diluar restoran yang berfungsi menjadi tempat makan pengunjung	Meteran	M	Ratio

N. HIPOTESA

H₀: Konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruang Restoran di bawah baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara dan Diluar Ruangan di atas baku mutu tidak ada perbedaan antara Restoran Tertutup dan Restoran Terbuka.

H_a: Konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruangan Restoran di atas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara dan Diluar ruangan di bawahbaku mutu serta ada perbedaan antara Restoran Tertutupdan Restoran Terbuka.