

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. UDARA

A.1 Pengertian Udara

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. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2019).

Udara memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk bertahan hidup, manusia sangat membutuhkan udara, proses metabolisme dalam tubuh manusia juga tidak dapat berlangsung tanpa oksigen dari udara, tanpa oksigen pada waktu tertentu, sel-sel tubuh dapat mengalami kerusakan permanen, seperti misalnya organ otak. hanya bisa bertahan 3 -5 menit kekurangan oksigen, jika lebih dari 5 menit menyebabkan kerusakan sel otak permanen. Normalnya, seseorang membutuhkan 7,5 liter udara per menit saat istirahat, 15 liter per menit saat bekerja normal, dan 45 liter per menit saat bekerja berat. Sehubungan dengan kebutuhan udara, ini berarti 1,57 liter oksigen dikonsumsi per menit selama istirahat dan 3,14 liter selama kerja normal. Udara juga merupakan bagian yang sangat penting dari sistem atmosfer yang mengelilingi bumi, yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di bumi. Baru-baru ini, kualitas udara seperti yang kita ketahui telah memburuk, sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia (selain aktivitas alam). (Syaputri *et al.*, 2023) (Syaputri *et al.*, 2023)

Ada beberapa kegiatan manusia yang menyebabkan penurunan kualitas udara seperti transportasi, merokok, kegiatan industri, pembakaran lahan dan lain-lain. Karena itu, sirkulasi udara harus dijaga. Peran kita sebagai manusia disini dituntut untuk mengembalikan komposisi udara

sesuai kebutuhan. Teknologi yang dimiliki manusia untuk mencegah dan memerangi polusi udara telah berkembang pesat. Model teknologi yang diperlukan untuk aplikasi tergantung pada jenis polusi. mengurangi pembakaran lahan, produk bersih tanpa polutan di industri, memantau emisi lalu lintas dan lain-lain.(Syaputri *et al.*, 2023)

A.2 SIFAT-SIFAT UDARA

Secara umum, benda-benda yang ada di permukaan Bumi terbagi menjadi tiga kategori, yaitu benda padat, benda cair, dan benda gas. Setiap jenis benda tersebut memiliki bentuk dan sifat yang berbeda-beda. Udara termasuk dalam kategori benda gas, sehingga ia memiliki beberapa sifat khas yang melekat pada benda gas. Berikut adalah beberapa di antaranya:

1. Berbentuk Gas

Udara adalah salah satu contoh benda yang berbentuk gas. Di permukaan Bumi, udara terdiri dari berbagai macam gas, yang mengartikan bahwa udara adalah benda gas. Meskipun kita tidak dapat melihat atau mencium bau udara, kita tetap bisa merasakannya. Salah satu buktinya adalah saat kita menghirup udara atau ketika udara bergerak, kita dapat merasakan gerakannya melalui pori-pori kulit kita.

2. Memiliki Massa atau Berat

Salah satu sifat penting dari udara adalah adanya massa atau berat. Kita semua mengetahui bahwa setiap benda memiliki massa. Walaupun udara adalah benda tidak berwujud (tidak bisa terlihat) dan tidak dapat dicium, ia tetap memiliki massa yang bisa diukur dengan alat tertentu. Misalnya, kita bisa membandingkan tabung gas kosong dan tabung gas yang berisi. Ketika kita mengangkat keduanya, kita akan merasakan bahwa tabung yang berisi lebih berat dan memiliki massa dibandingkan dengan tabung yang kosong.

3. Menempati Ruang

Udara memiliki sifat unik, yaitu menempati ruang di sekeliling kita. Meskipun tidak terlihat, keberadaan udara selalu ada di setiap sudut ruangan, bahkan di celah-celah terkecil sekalipun. Salah satu

buktinya adalah kemampuan kita untuk bernafas di mana pun, termasuk di tempat yang tertutup dan tanpa ventilasi. Ini adalah pengingat bahwa udara senantiasa ada, bahkan di ruang yang tampaknya tertutup. Namun, penting untuk diingat bahwa di tempat tertutup tanpa sirkulasi, kita memang dapat bernafas pada awalnya, tetapi seiring waktu, kekurangan oksigen bisa membuat kita sulit bernafas. Hal ini terjadi bukan karena udara habis, melainkan karena saat kita menghirup udara, kita mengambil oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Jika pasokan oksigen menipis, kita bisa mengalami sesak nafas.

4. Mempunyai Tekanan

Udara juga memiliki tekanan yang bervariasi di setiap lokasi. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi tekanan udara adalah ketinggian. Udara panas cenderung memiliki tekanan yang lebih rendah dibandingkan udara dingin. Selain itu, udara yang bergerak juga memiliki tekanan lebih rendah dibandingkan udara yang diam. Perbedaan ini menjelaskan variasi antara udara bertekanan tinggi dan rendah. Untuk mengukur tekanan udara, kita dapat menggunakan alat tertentu yang dirancang untuk itu.

5. Akan Memuai Apabila Dipanaskan

Meskipun udara tidak memiliki bentuk yang terlihat, ia tetap dapat mengalami perubahan. Salah satu sifat udara adalah kemampuannya untuk memuai saat dipanaskan. Jika kita ingin membuktikan hal ini, kita bisa melakukan percobaan sederhana di rumah.

6. Akan Menyusut Apabila Didinginkan

Seperti yang telah dijelaskan, udara dapat memuai saat dipanaskan. Sebaliknya, ketika didinginkan, udara akan menyusut. Jika kita ingin memahami sifat udara lebih dalam, kita juga bisa melakukan percobaan sederhana untuk melihat fenomena ini secara langsung.

7. Berhembus dari Area Bertekanan Tinggi Menuju Area Bertekanan Rendah Udara adalah zat gas yang memiliki sifat sangat fleksibel, bahkan jauh lebih fleksibel daripada zat cair. Udara senantiasa ada di sekitar kita, meliputi permukaan Bumi dengan lapisan-lapisan udara. Ia bisa bergerak dengan bebas, meskipun tidak dapat kita lihat atau cium, namun sering kali dapat kita rasakan. Pergerakan udara mengikuti pola tertentu, mirip dengan aliran air yang bergerak dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dengan demikian, udara berhembus dari area bertekanan tinggi menuju area bertekanan lebih rendah, itulah salah satu karakteristik gerak yang dimiliki udara.

8. Ada di Mana Saja

Bumi dihuni oleh berbagai makhluk hidup, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Semua makhluk hidup di permukaan Bumi memerlukan udara untuk tumbuh dan bertahan hidup. Di manapun kita berada di Bumi, udara selalu ada. Banyak makhluk hidup dapat bertahan di sudut-sudut terpencil atau bahkan di tempat yang tertutup sekalipun. Ini menunjukkan bahwa udara senantiasa ada di mana-mana. Sebagai contoh, kita masih bisa bernapas meskipun berada di ruang tertutup, seperti lift, yang membuktikan bahwa udara memang selalu ada di sekitar kita.

9. Tidak Dapat Dilihat, Namun Dapat Dirasakan

Di Bumi, terdapat tiga jenis zat: padat, cair, dan gas. Benda padat dan cair dapat kita lihat dan rasakan, sementara benda gas memiliki sifat yang berbeda, yaitu tidak terlihat oleh mata manusia. Meskipun tidak bisa dilihat, udara tetap bisa kita rasakan, terutama saat udara bergerak. Pergerakan udara muncul dalam bentuk angin, dan kita dapat merasakannya ketika angin menyentuh kulit kita. Kita juga merasakan perubahan suhu yang bisa membuat kita merasa dingin atau segar. Terkadang, kekuatan udara yang bergerak dapat mengangkat helai-helai rambut kita, menegaskan keberadaan udara

di sekitar. Contoh lain yang jelas adalah kemampuan kita untuk bernapas berkat adanya udara yang melingkupi kita.

10 . Bentuk, Volume, dan Massa Jenisnya Selalu Berubah-Ubah

Salah satu sifat udara adalah fleksibilitasnya yang tinggi. Udara memiliki beberapa karakteristik, seperti bentuk, volume, dan massa jenis, yang selalu berubah tergantung pada wadahnya. Meskipun tidak terlihat, udara memiliki bentuk yang bervariasi sesuai dengan tempatnya. Selain itu, volume dan massa jenis udara juga berbeda-beda, tergantung pada keberadaan udara itu sendiri. Inilah beberapa sifat dari udara sebagai zat gas yang menunjukkan karakteristik uniknya.

Gas umumnya memiliki karakteristik tertentu. Namun, ada kemungkinan bahwa beberapa sifat unik tidak dimiliki oleh gas lainnya selain udara.(Syaputri *et al.*, 2023)

A.3 POLUSI UDARA

Polusi udara merupakan ancaman serius bagi kesehatan masyarakat di seluruh dunia dan memerlukan respons yang melibatkan berbagai disiplin ilmu, termasuk kesehatan masyarakat. Pada tahun 2019, sebanyak 99% populasi dunia tinggal di wilayah yang tidak memenuhi standar kualitas udara yang ditetapkan oleh WHO. Di Kota Tangerang, hasil pemantauan kualitas udara pada tahun 2021 menunjukkan bahwa kondisi udara dapat dikategorikan cukup baik, dengan sebagian besar hasil pemantauan berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Namun, jika kita melihat grafik pemantauan kualitas udara dari tahun 2015 hingga 2021, tampak bahwa parameter SO_2 , CO_2 , dan NO_2 menunjukkan kecenderungan yang meningkat.(Syaputri *et al.*, 2023)

Tiga parameter utama yang digunakan untuk menghitung Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) mencakup Partikulat (PM10 dan PM2.5), Karbon Dioksida (CO), Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Dioksida (NO_2), Ozon (O_3), dan Hidrokarbon (HC). ISPU dirancang untuk memberikan akses yang lebih mudah terhadap informasi mengenai mutu udara ambien

kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu. Selain itu, ISPU juga berfungsi sebagai salah satu pertimbangan bagi pemerintah, baik pusat maupun daerah, dalam upaya pengendalian pencemaran udara.(Hastiaty *et al.*, 2024)

A.4 SUMBER POLUSI UDARA

Kualitas udara saat ini telah menjadi masalah global yang patut kita perhatikan bersama. Pencemaran udara terjadi akibat sejumlah faktor, baik berasal dari aktivitas manusia maupun proses alam. Zat-zat pencemar dapat masuk ke dalam atmosfer secara alami, seperti asap yang dihasilkan dari kebakaran hutan, letusan gunung berapi, debu meteorit, dan partikel garam yang terbawa dari laut. Namun, sebagian besar pencemaran udara disebabkan oleh tindakan manusia, antara lain dari aktivitas transportasi, industri, pembuangan sampah, baik melalui proses dekomposisi maupun pembakaran, serta aktivitas di rumah tangga.(Syaputri *et al.*, 2023)

Pencemar udara dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu:

1. Zat pencemar primer: Ini adalah zat kimia yang langsung mengkontaminasi udara dalam konsentrasi yang berbahaya. Zat ini dapat berasal dari komponen alami, seperti karbon dioksida yang meningkat di atas kadar normal, atau bisa juga zat yang tidak biasa, seperti timbal.
2. Zat pencemar sekunder: Ini adalah zat kimia berbahaya yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi kimia antara berbagai komponen udara. (Kuat Prabowo, 2018).

A.5 JENIS-JENIS SUMBER PENCEMARAN UDARA

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

A.5.1.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.

A.5.2 Karbon Dioksida(CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) atau asam karbonat merupakan sebuah senyawa yang terbentuk dari satu atom karbon yang terikat dengan dua atom oksigen melalui ikatan kovalen. Dalam kondisi suhu dan tekanan standar, senyawa ini berada dalam bentuk gas dan dianggap sebagai salah satu gas paling penting di atmosfer Bumi.(MURSHAL, 2023)

Dua ciri khas dari karbon dioksida:

- Sifat fisik: berupa gas yang tak terlihat, tanpa bau, serta tidak gampang terbakar.
- Sifat kimia: cenderung kurang reaktif terhadap beragam zat, namun mampu berinteraksi dengan air dan membentuk asam karbonat.

Dampak buruk dari gas CO₂ bagi manusia adalah bahwa udara terdiri dari 20,95% oksigen. Ketika paru-paru mengambil napas, oksigen akan masuk ke dalam aliran darah dan membentuk oksi-hemoglobin sekitar 98,5% serta sekitar 1,5% yang larut dalam plasma darah. Selain oksigen, udara juga mengandung gas CO₂. Saat udara dihirup, gas CO₂ akan larut

dalam plasma darah, dan sebagian diikat oleh hemoglobin menjadi Hb-CO₂ (karbomino hemoglobin).

Pada kondisi di mana tingkat gas CO₂ sangat tinggi, gas ini dapat membahayakan kesehatan manusia. Tingkat gas CO₂ yang dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan adalah lebih dari 1,5%. Ketika konsentrasi gas ini melampaui 3%, bisa menyebabkan gejala seperti sakit kepala dan kelelahan, disertai dengan napas yang cepat, kehilangan kesadaran, bahkan kematian. Oleh karena itu, upaya dilakukan untuk memastikan bahwa konsentrasi di udara ambient tidak melebihi 0,5%. (MURSHAL, 2023)

A.5.2.1 Sumber-sumber Karbon Dioksida

Karbon Dioksida dapat dihasilkan oleh berbagai sumber, baik dari kegiatan rumah tangga maupun industri. Di antara sumber utama CO₂ adalah kendaraan bermotor, pembakaran kayu, pembakaran gas di rumah tangga, serta rokok. Di ruangan tertutup, seperti ruang merokok, konsentrasi CO₂ dapat meningkat dengan cepat, meningkatkan potensi paparan bagi penggunanya. (Ramadhani, Huboyo and Muhlisin, 2011)

A.5.2.2 Metode Penurunan Karbon Dioksida di Udara

Beberapa metode telah dikembangkan untuk menurunkan kadar CO₂ di udara, antara lain menggunakan ventilasi yang baik, penyaringan udara, serta penggunaan adsorben alami yang dapat mengikat dan menurunkan konsentrasi gas tersebut. Adsorpsi CO₂ oleh bahan alami adalah salah satu metode yang mulai mendapatkan perhatian sebagai solusi ramah lingkungan dalam mengurangi polusi udara di ruang tertutup. (Muhlisin, 2011)

A.5.2.3 Nilai Ambang Batas Karbon Dioksida (CO₂)

Berikut adalah beberapa ambang batas konsentrasi CO₂ yang wajib diperhatikan:

- Udara di luar: Tingkat normal CO₂ di udara luar berkisar antara 250-350 ppm.
- Ruang yang digunakan: Ruang yang memiliki ventilasi yang baik biasanya menunjukkan konsentrasi CO₂ antara 350-1.000 ppm.
- Batas kesehatan: Ambang batas CO₂ yang dianggap aman bagi kesehatan manusia adalah kurang dari 5.000 ppm.
- Batas berisiko: Kadar CO₂ yang berada di antara 5.000 hingga 40.000 ppm dianggap berisiko bagi kesehatan.
- Batas fatal: Kadar CO₂ yang melebihi 40.000 ppm dianggap sudah mematikan.

A.6 Pemanfaatan Limbah Organik dalam Pengelolaan Pencemaran Udara

A.6.1 Karakteristik Bahan Adsorben Alami

Bahan adsorben alami, seperti limbah pertanian, telah banyak diteliti untuk kemampuannya dalam menyerap berbagai polutan gas, termasuk karbon dioksida. Karakteristik utama bahan adsorben yang efektif antara lain adalah luas permukaan yang besar, porositas, serta kemampuan untuk berinteraksi dengan molekul gas. Banyak penelitian menunjukkan bahwa bahan-bahan alami, seperti arang aktif, zeolit, dan bahan organik lainnya, memiliki kemampuan adsorpsi yang signifikan terhadap berbagai jenis polutan, termasuk CO₂. (Blachnio *et al.*, 2020)

A.6.2 Kulit Kokoa sebagai Bahan Adsorben

Kulit kokoa, limbah dari pengolahan biji kokoa, mengandung serat yang cukup tinggi dan memiliki struktur poros yang dapat mendukung proses adsorpsi gas berbahaya, seperti CO₂. Penelitian oleh [Penulis, Tahun] menunjukkan bahwa kulit kokoa memiliki potensi sebagai bahan adsorben karena sifat fisik dan kimianya yang mendukung penyerapan molekul gas. Selain itu, kulit kokoa juga ramah

lingkungan, mudah didapat, dan dapat dijadikan solusi pengolahan limbah yang berkelanjutan(Najafabadi, 2021)

A.6.3 Ijuk sebagai Pengikat Media

Ijuk, serat alami yang berasal dari daun pohon palem, memiliki struktur yang juga dapat digunakan untuk pengikat media. Ijuk telah digunakan dalam berbagai penelitian sebagai bahan alami dalam pengikatan media. Ijuk mengandung lignin dan selulosa yang berperan dalam menyediakan situs-situs aktif untuk interaksi dengan molekul gas, sehingga meningkatkan efektivitasnya .(Eva Gusmira, 2024)

A.6.4 Cangkang Telur sebagai Bahan Adsorben

Cangkang telur, yang merupakan limbah dari industri pangan, memiliki kandungan kalsium karbonat yang cukup tinggi. Kalsium karbonat diketahui dapat berfungsi dalam reaksi kimia yang mengikat gas CO_2 . Penelitian menunjukkan bahwa cangkang telur dapat mengurangi kadar gas berbahaya ini melalui mekanisme penyerapan fisik maupun reaksi kimia. Selain itu, cangkang telur memiliki keuntungan sebagai bahan yang mudah didapatkan, murah, dan ramah lingkungan.(Gusmira, 2024)

Pemanfaatan limbah organik, seperti kulit kokoa, ijuk, dan cangkang telur, sebagai bahan adsorben dalam pengelolaan pencemaran udara merupakan langkah yang semakin populer di kalangan peneliti dan praktisi lingkungan. Limbah organik ini tidak hanya mengurangi pencemaran udara, tetapi juga dapat mengurangi beban limbah yang tidak terkelola dengan baik, sehingga mengarah pada solusi yang lebih berkelanjutan. Beberapa studi menunjukkan bahwa kombinasi bahan-bahan alami ini dapat meningkatkan efektivitas penyerapan gas CO_2 dengan memberikan variasi porositas dan sifat kimia yang saling melengkapi.

A.7 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.

A.8 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 NO₂ adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Warna gas NO₂ adalah merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Seperti halnya CO₂, 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.

A.9 Oksidan Fotokimia

Oksidan fotokimia adalah komponen atmosfer Yang diproduksi oleh proses fotomikia, 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 NO₂. Polutan sekunder yang paling berbahaya yang dihasilkan oleh reaksi hidrokarbon dalam siklus tersebut adalah ozon (O₃) dan peroksiasetilnitrat, yaitu salah satu komponen yang paling sederhana dari grup peroksiasilnitrat (PAN). (Kuat Prabowo, 2018)

B.ROKOK

Rokok adalah salah satu bentuk produk tembakau yang berbentuk gulungan, digunakan dengan cara dibakar, dihisap, atau dihirup. Bahan utamanya terbuat dari tanaman *Nicotiana tabacum*, *Nicotiana rustica*, serta spesies lainnya. Rokok mengandung nikotin, Karbon Dioksida, tar, dan berbagai zat beracun lainnya seperti benzene, arsenik, dan formaldehida. Konsumsi rokok diperkirakan menyebabkan sekitar 71% kanker paru-paru, 42% penyakit pernapasan kronis, dan hampir 10% penyakit kardiovaskular. Ini menunjukkan bahwa kematian akibat rokok menyumbang 10% dari total kematian di dunia. (Muharry *et al.*, 2021)

Tingginya jumlah perokok di Indonesia mengakibatkan sekitar 97 juta orang non-perokok terpapar asap rokok secara reguler. Data menunjukkan bahwa asap rokok orang lain dapat dianggap sebagai polusi dalam ruangan yang sangat berbahaya, terutama karena lebih dari 90% orang menghabiskan waktunya di dalam ruangan. Berdasarkan informasi ini, peneliti menemukan bahwa penggunaan rokok dan bahaya yang ditimbulkan oleh asap rokok merupakan masalah serius yang perlu diatasi, dengan semakin banyaknya pengguna rokok dan tempat-tempat yang terkontaminasi asap rokok. (Muharry *et al.*, 2021)

Selain itu, pengukuran massal menunjukkan bahwa total partikulat (TPM) dari rokok konvensional adalah sekitar 31.4 mg per batang, dengan proporsi soot partikel tetap relatif rendah (~15.5 µg), menandakan peningkatan aerosol organik dan partikel halus sebagai komponen utama emisi (Zarvalis *et al.*, 2025)

Oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki sistem pemantauan alat pendeteksi asap rokok di dalam ruangan. Dengan adanya sistem ini, kita dapat mengurangi kontaminasi polusi asap rokok dalam ruangan serta melindungi banyak orang dari bahaya merokok pasif.

C.KADAR KARBON DIOKSIDA(CO₂) PADA ASAP ROKOK

Ketika sebatang rokok dibakar terjadi pelepasan zat-zat kimia berbahaya yang bersifat karsinogenik. Karbon dioksida (CO₂) adalah salah satu gas yang terdapat pada asap rokok. CO₂ adalah gas yang memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau dan bersifat beracun. Karbon dioksida dikenal sebagai silent killer, gas ini apabila memasuki sirkulasi darah akan berikatan dengan hemoglobin dengan daya ikat 250 kali lebih kuat dibanding dengan daya ikat oksigen dengan hemoglobin. Kondisi seperti ini dapat menimbulkan gangguan sirkulasi darah dan jantung (Putri, 2018). Selain itu Hosseinpoor et al., (2011) menyatakan bahwa salah satu penyebab utama kematian bayi prematur dan disabilitas adalah kebiasaan merokok.(Muharry et al., 2021)

Adanya masalah polusi dari asap rokok ini, diharapkan teknologi plasma dapat mereduksi kandungan karbon dioksida (CO₂) yang terdapat dalam asap rokok karena karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu faktor penurunan kualitas udara. Dalam penelitian sebelumnya, teknologi plasma dapat menyisihkan emisi CO₂ pada asap rokok dengan efisiensi sebesar 58% (Prasetya, 2011).

D.BAHAYA ASAP ROKOK

Bahaya asap rokok tetap menjadi isu penting yang perlu dijelaskan dalam pengabdian masyarakat. Berdasarkan laporan dari WHO (2022), asap rokok telah menyebabkan kematian sekitar 8 juta orang di seluruh dunia dalam satu tahun. Penelitian oleh Benowitz NL (2009) menunjukkan bahwa asap rokok dihirup melalui saluran pernapasan menuju paru-paru. Asap ini mengandung nikotin yang dapat mengganggu fungsi berbagai organ tubuh, terutama paru-paru, jantung, pembuluh darah, ginjal, dan otak

manusia. Asap rokok berkontribusi terhadap peningkatan angka kesakitan dan kematian. Di dalam asap rokok terkandung berbagai bahan kimia beracun, karsinogenik, mutagenik, serta reaktif spesies oksigen (ROS) yang berbentuk partikel, yang semuanya memiliki potensi merusak secara biologis. Setiap batang rokok mengandung berbagai jenis senyawa kimia, termasuk karbon dioksida (CO_2), hidrogen sianida, amonia, nitrogen oksida (N_2O), senyawa hidrokarbon, tar, nikotin, dan benzopiren (LI Y dan Hect, 2022).

Salah satu senyawa beracun dalam asap rokok, nitrosonornikotin, merupakan penyebab kanker rongga mulut dan telah diidentifikasi di negara-negara Asia Tenggara. Selain itu, senyawa beracun lainnya seperti nitrosamines, poliaromatik hidrokarbon, dan senyawa organik volatil juga terdapat dalam asap rokok. Kombinasi senyawa kimia ini dapat menyebabkan mutasi gen, yang berkontribusi pada perkembangan penyakit kanker. Penyakit kanker berpotensi dicegah dengan berhenti merokok (Hect, 2022).

Asap rokok merupakan faktor penyebab kematian yang berhubungan dengan penyakit jantung dan pembuluh darah. Asap rokok secara signifikan berkontribusi terhadap penebalan dan penyempitan pembuluh darah, dan paparan terhadap asap rokok memiliki korelasi yang kuat dengan meningkatnya jumlah penderita penyakit jantung. Senyawa kimia yang menyebabkan gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah juga ditemukan dalam asap rokok, yang dapat memicu reaksi peradangan, penyempitan pembuluh darah, serta peningkatan kolesterol teroksidasi, sehingga berpotensi menimbulkan penyakit jantung dan pembuluh darah. (Ambrose, 2004)

E. PENGENDALIAN KADAR CO_2 PADA ASAP ROKOK

Pengendalian kadar karbon dioksida (CO_2) dalam asap rokok telah menjadi perhatian utama dalam penelitian yang bertujuan melindungi kesehatan masyarakat. Sebuah studi yang dipublikasikan dalam jurnal *Environmental Health Perspectives* mengungkapkan bahwa paparan CO_2

dari asap rokok dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit kardiovaskular dan gangguan pernapasan. Penelitian tersebut mendukung penerapan sistem ventilasi yang efektif serta penggunaan filter udara yang dirancang khusus untuk menurunkan konsentrasi CO₂. Selain itu, penekanan diberdayakan pada pentingnya kebijakan pengendalian asap rokok yang ketat di tempat umum, guna melindungi non-perokok dari paparan yang berbahaya. Dengan strategi yang tepat, termasuk edukasi masyarakat mengenai bahaya Karbon Dioksida, kita dapat berkontribusi pada kesehatan yang lebih baik (Utami, 2014).

Dalam jurnal yang dipublikasikan di Journal of Environmental Science and Health, para peneliti telah mengungkapkan efektivitas teknik filtrasi sederhana dalam mengendalikan kadar karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari asap rokok. Penelitian ini menunjukkan bahwa filter berbasis karbon aktif mampu secara signifikan mengurangi konsentrasi CO₂ di lingkungan tertutup yang terpapar asap rokok. Hasil penelitian menggarisbawahi kemampuan filter ini dalam menangkap gas berbahaya serta partikel kecil, sehingga dapat meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan. Selain itu, para peneliti merekomendasikan penerapan sistem sirkulasi udara yang baik serta penggantian filter secara berkala untuk menjaga efektivitasnya. Pendekatan ini, yang terjangkau dan mudah diterapkan, diharapkan dapat membantu melindungi kesehatan penghuni ruangan serta mengurangi risiko gangguan kesehatan yang terkait dengan paparan Karbon Dioksida dari asap rokok. (Utami, 2014)

F. NILAI AMBANG BATAS KADAR KARBON DIOKSIDA (CO₂)

Berdasarkan PERMENKES NOMOR.1077/MENKES/PER/V/2011 kadar maksimal karbon dioksida (CO₂) yang diperbolehkan di dalam ruangan adalah sebesar 1000 ppm untuk durasi paparan selama 8 jam. Karbon dioksida merupakan gas yang dihasilkan secara alami oleh pernapasan manusia maupun dari proses pembakaran. Dalam ruang tertutup tanpa ventilasi yang memadai, konsentrasi CO₂ dapat meningkat dan melebihi ambang batas tersebut. Paparan CO₂ di atas 1000 ppm dalam

waktu lama dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti sakit kepala, kelelahan, sulit berkonsentrasi, serta perasaan pengap atau tidak nyaman. Oleh karena itu, kadar CO₂ dalam ruangan sering dijadikan indikator untuk menilai kualitas ventilasi udara. Jika kadar CO₂ melebihi ambang batas ini, maka diperlukan upaya peningkatan ventilasi atau sirkulasi udara agar kualitas udara dalam ruangan tetap sehat dan aman bagi penghuninya. (Kemenkes RI, 2011)

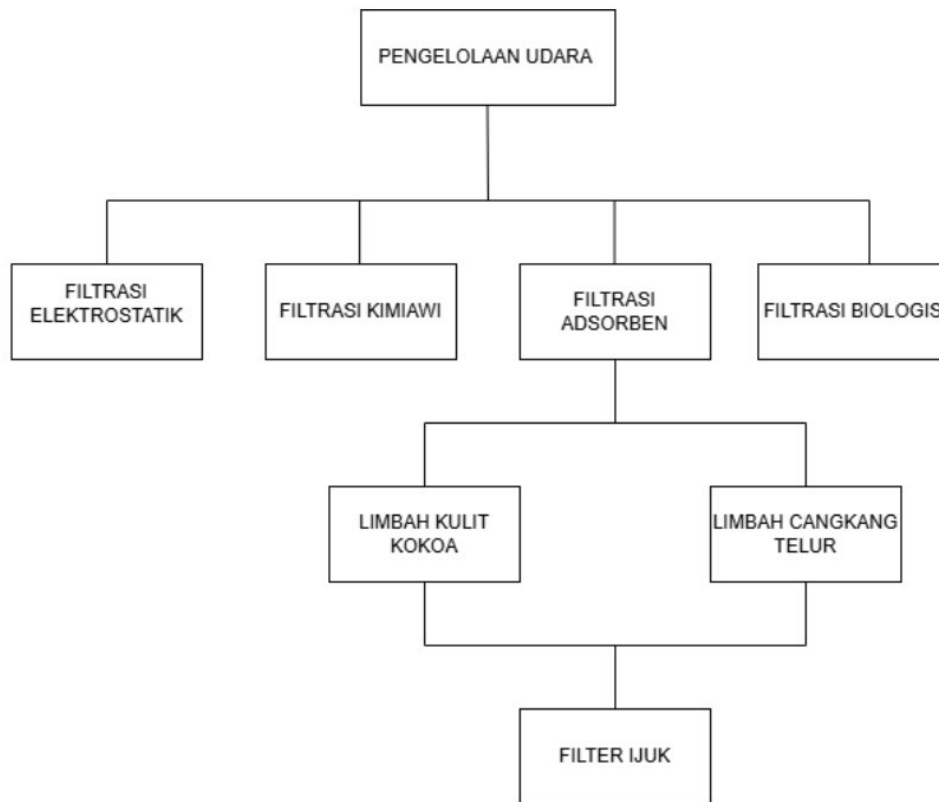
G. ALAT DETECTOR CO₂

Alat pengukur CO₂ adalah sebuah perangkat yang dibuat khusus untuk menemukan dan menilai tingkat gas karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. Perangkat ini sangat vital untuk mengawasi mutu udara, terutama di area tertutup, karena tingginya kadar CO₂ dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia serta menunjukkan adanya masalah pada sistem ventilasi (Hardiyana 2017).

G.1 Mengukur CO₂ pada Asap Rokok Menggunakan Detector CO₂

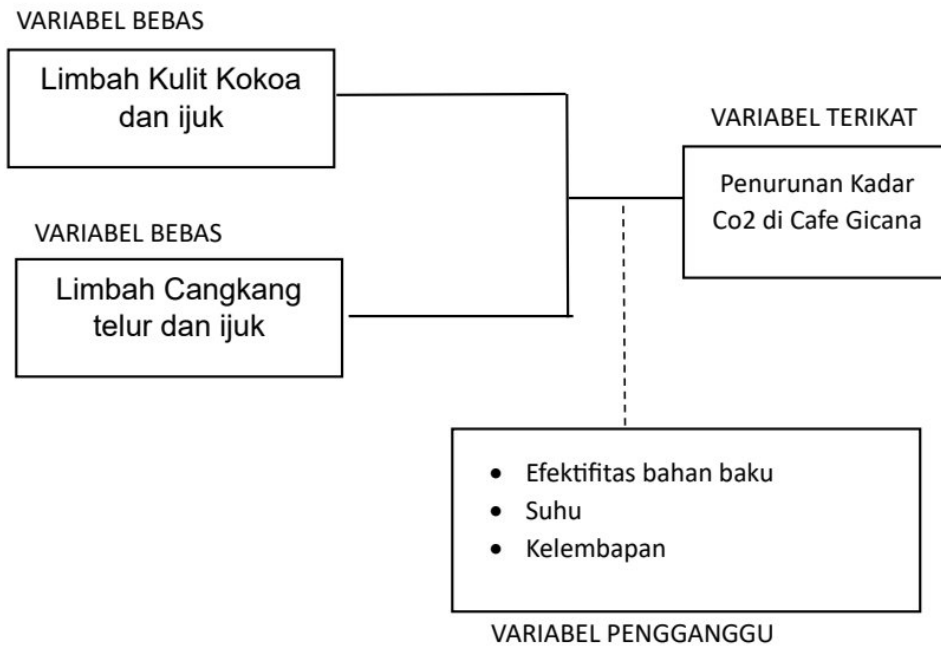
Pengukuran karbon dioksida (CO₂) dari asap rokok dilakukan menggunakan detector CO₂ yang memanfaatkan teknologi sensor sensitif terhadap gas berbahaya ini. Pertama-tama, alat detector CO₂ dihidupkan dan dikalibrasi untuk memastikan bahwa pengukurannya akurat. Ketika asap rokok dihisap atau dihembuskan, bagian sampling dari detector CO₂ terhubung ke sumber asap, yang memungkinkan gas masuk ke dalam ruang analisis. Di dalam alat tersebut, sensor yang ada akan mendeteksi konsentrasi CO₂ dengan menganalisis panjang gelombang cahaya yang diserap oleh gas ini, biasanya melalui metode inframerah. Hasil pengukuran kemudian ditampilkan dalam satuan yang relevan, seperti ppm (parts per million), sehingga memberikan informasi yang akurat mengenai kadar CO₂ dalam asap rokok. Dengan cara ini, detector CO₂ berfungsi sebagai alat yang efektif untuk mengevaluasi dampak asap rokok terhadap kualitas udara dan kesehatan. (Thi *et al.*, 2022)

H. KERANGKA TEORI



Gambar 2.1 Kerangka Teori Modifikasi kerangka teori Riska (Afriyani and Eva Gusmira, 2024)

I. KERANGKA KONSEP



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

J.DEFINISI OPERASIONAL

Tabel 2.1 Defenisi oparesional

NO	Variabel	Defenisi	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	limbah kulit kokoa	Penyaringan yang terbuat dari limbah kulit kokoa untuk menurunkan kadar CO ₂ di udara	Timbangan	gr	Ratio
2.	limbah Cangkang telur	Penyaringan yang terbuat dari limbah cangkang telur untuk menurunkan kadar CO ₂ di udara	Timbangan	gr	Ratio
3.	Kadar CO ₂	Hasil pengukuran kadar CO ₂ yang ada di udara sebelum dan sesudah melalui filter (kadar CO ₂ diukur sebagai konsentrasi gas CO ₂ dalam ruangan merokok	Detector CO ₂	part per million) atau mg/m ³ .	Ratio

4.	Ijuk	Penyaringan yang terbuat dari limbah ijuk aren untuk menurunkan kadar CO ₂ di udara	Timbangan	gr	Ratio
5.	Kombinasi Ijuk dengan Limbah Kulit kokoa	Penyaringan yang terbuat dari ijuk dan limbah kulit kokoa untuk menurunkan kadar CO ₂	Timbangan	gr	Ratio
6.	Kombinasi Ijuk dengan Limbah cangkang telur	Penyaringan yang terbuat dari ijuk dan limbah cangkang telur untuk menurunkan kadar CO ₂	Timbangan	gr	Ratio

K.HIPOTESA

H₀: Tidak Terdapat perbedaan signifikan dalam penurunan kadar CO₂ antara kombinasi limbah kulit kokoa dan ijuk dengan kombinasi limbah cangkang telur dan ijuk.

H_a: Terdapat perbedaan signifikan dalam penurunan kadar CO₂ antara kombinasi limbah kulit kokoa dan ijuk dengan kombinasi limbah cangkang telur dan ijuk