

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP RI No 41, 1999). Pencemaran udara juga dapat berupa kombinasi dari beberapa bahan pencemar pada tingkat tertentu. Pencemaran udara tersebut dapat berupa padatan, cairan maupun gas yang dapat masuk dan terdispersi ke udara kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya. Kecepatan penyebaran akan bergantung pada kondisi geografis dan meteorologi tempatnya berada (Siregar *et al.*, 2018).

Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua macam yang berasal dari faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terjadi secara alamiah dan berasal dari alam, sedangkan faktor eksternal berasal dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada industri dan kendaraan bermotor (Situmorang, 2021). Emisi kendaraan bermotor sekitar 70% menjadi sumber utama pencemaran udara di perkotaan dan 30% dari sumber lainnya. Gas-gas yang dikeluarkan pada emisi kendaraan bermotor adalah CO sekitar 90%, HC 50%, NO_x 45% serta hampir 100% partikel timbal (Pb). Zat tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia dan dapat menyebabkan penyakit seperti infeksi saluran pernafasan atas, rusaknya paru-paru, hipertensi, jantung, dan kanker (Siregar *et al.*, 2018).

2.1.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) memiliki ciri-ciri tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan dapat berbentuk cair pada temperatur di bawah -192°C. Gas CO jika terhirup manusia dapat menyebabkan molekulnya masuk ke saluran pernafasan menuju paru-paru dan menempel pada hemoglobin membentuk COHb (Maryanto *et al.*, 2014). Gas buang ini dapat dihasilkan dari sumber alamiah maupun aktivitas manusia. Gas CO di atmosfer yang berasal dari sumber alamiah diperkirakan

berjumlah sekitar 0,1 ppm. Faktor eksternal akibat dari pembakaran tidak sempurna oleh bahan bakar fosil juga menjadi sumber keberadaan CO di udara. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batu bara menyebabkan kadar CO di udara bertambah (Situmorang, 2021).

2.1.2 Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon adalah kontributor penting dalam pembentukan ozon dan aerosol organik. Senyawa tersebut memiliki sifat volatilitas, sehingga dapat didistribusikan ke atmosfer dalam fase gas maupun partikel. Hidrokarbon dapat dipancarkan dari sumber alami dan antropogenik (Zielinska and Fung, 1994). Contoh senyawa hidrokarbon yang berasal dari sumber antropogenik adalah proses pembakaran tidak sempurna yang terjadi selama pengoperasian mesin kendaraan. Bahan bakar yang belum terbakar akibat dari pembakaran yang tidak sempurna namun sudah terbuang menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugus HC menjadi sumber keberadaan senyawa ini (Ningrat *et al.*, 2016).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu material padatan berpori yang mengandung karbon sebesar 85 - 95 % dan luas permukaan sekitar 800 – 1500 m²/g. Permukaan yang luas dan berpori dengan struktur berlapis membuat karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap (adsorben) gas atau zat lain di dalam udara maupun larutan (Bansal and Goyal, 2015).

Sintesis karbon aktif dari biomassa berlignoselulosa dapat melalui 3 proses pengerjaan yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Dehidrasi adalah penghilangan kandungan air bahan baku dengan cara dijemur di bawah sinar matahari atau dipanaskan menggunakan oven. Karbonisasi adalah proses memperkaya senyawa karbon menggunakan *furnace* pada suhu tinggi dan aktivasi adalah proses menambah atau mengembangkan pori-pori karbon aktif. Aktivasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Aktivasi fisika menggunakan gas-gas inert seperti uap (steam), CO₂ dan N₂, sedangkan aktivasi kimia umumnya menggunakan senyawa kimia seperti asam fosfat (H₃PO₄), kalium hidroksida (KOH) dan zink klorida

(ZnCl_2). Aktivasi kimia berperan penting dalam meningkatkan luas permukaan dengan cara menghilangkan senyawa non karbon dari pori-pori (Astuti, 2018).

2.3 Zink Klorida (ZnCl_2)

ZnCl_2 merupakan rumus kimia dari senyawa seng klorida. Senyawa ini memiliki ciri-ciri berbentuk kristal padatan putih, tidak berbau, sangat larut dalam air, bersifat higroskopis dan *deliquescent*. Dalam aplikasinya, ZnCl_2 sangat luas digunakan seperti dalam pengolahan tekstil, fluks metalurgi, dan sintesis kimia (Jaya, 2014). ZnCl_2 juga dapat digunakan sebagai *activating agent* dalam sintesis karbon aktif. Selama proses impregnasi, ZnCl_2 akan bertindak sebagai asam lewis. Beberapa keuntungan jika menggunakan ZnCl_2 sebagai *activating agent* adalah hasil karbon aktif yang lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan adanya penghambatan pembentukan zat yang mudah menguap oleh ZnCl_2 (Alothman. *et al.*, 2011).

2.4 Jeruk Siam Pontianak

Jeruk siam Pontianak (Gambar 2.1) ditanam di Kabupaten Sambas pertama kali pada tahun 1936 dan menjadi komoditas andalan mulai dari tahun 80-an hingga sekarang. Keputusan Bupati Sambas Nomor 163A Tahun 2001 menetapkan jeruk siam Pontianak sebagai komoditas unggulan daerah Kabupaten Sambas. Jeruk ini dapat tumbuh dan berproduksi pada dataran rendah maupun tinggi, selain itu juga dapat tumbuh pada lahan persawahan maupun tegalan (Aluhariandu *et al.*, 2016 ; Suyanto dan Irianti, 2011).



Gambar 2.1 Jeruk siam Pontianak (Barkah, 2020)

Jeruk siam mempunyai ciri-ciri yaitu kulit buahnya tipis sekitar 2 mm dengan permukaan yang halus dan licin serta warna kulit yang hijau kekuningan mengkilap. Kulit jeruk siam menempel lekat pada daging buahnya yang berwarna ranum jingga. Tangkai jeruk siam berukuran pendek sekitar 3 cm dengan diameter 2,6 mm,

biji berwarna putih kekuning-kuningan dengan jumlah biji per buah sekitar 20 biji (Kristiandi *et al.*, 2021 ; Setiawan & Suhendra, 2014).

2.4.1 Kandungan Kulit Jeruk

Karakteristik lain yang dimiliki jeruk adalah diperkirakan sekitar 20% dari jeruk merupakan kulitnya. Kulit jeruk mengandung senyawa lignoselulosa yang membuatnya dapat menjadi sumber biomassa. Hasil penelitian Ayala *et al* (2021) menyatakan kadar senyawa lignoselulosa dalam kulit jeruk terlihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kadar senyawa lignoselulosa kulit jeruk

Senyawa kimia	Persentase (%)
Selulosa	69,1
Hemiselulosa	5,4
Lignin	19,8

Limbah biomassa berlignoselulosa dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Beberapa keuntungan menggunakan biomassa adalah mendapatkan biaya material yang murah karena berasal dari limbah dan dapat mengurangi dampak lingkungan akibat limbah tersebut (Ibeh *et al.*, 2019).

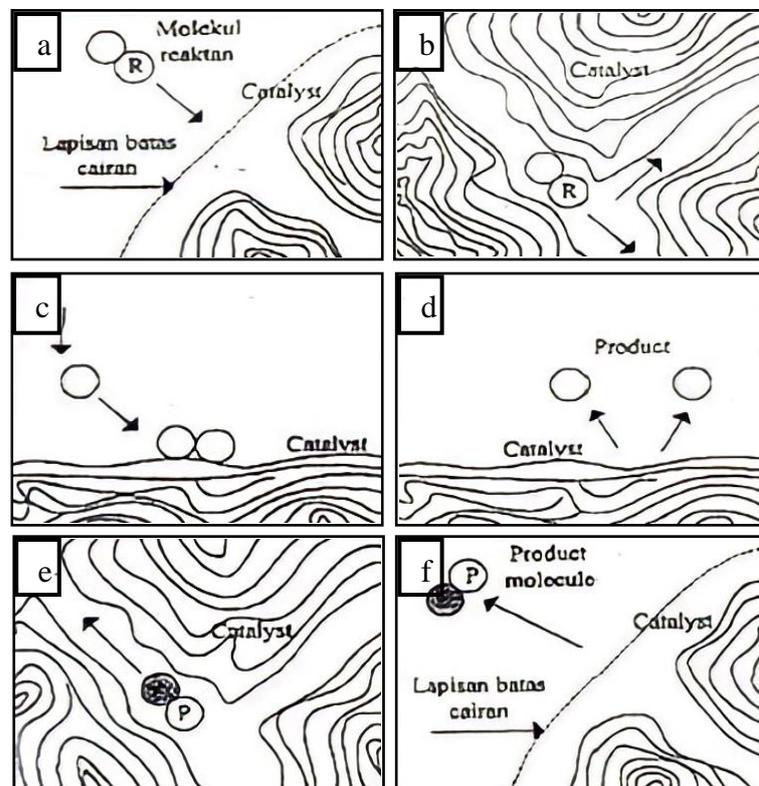
2.5 **Katalis Titanium Dioksida (TiO₂)**

TiO₂ adalah senyawa yang tersusun atas molekul Ti(IV) dan O₂ dalam konfigurasi oktahedron. Senyawa ini memiliki ciri-ciri berbentuk serbuk berwarna putih (Gambar 2.2), tidak larut dalam air, asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO₃) dan Aquaregia, namun dapat larut di dalam asam sulfat pekat (H₂SO₄) dan membentuk (TiSO₄) (Cotton and Wilkinson, 1988).



Gambar 2.2 Titanium dioksida (TiO₂) (Sumber : Dokumentasi pribadi)

TiO₂ memiliki beberapa sifat menguntungkan yang membuatnya dapat menjadi katalis. Sifat-sifat tersebut antara lain adalah TiO₂ tidak bersifat toksik, memiliki stabilitas kimia dan termal yang tinggi pada suhu ruang, mampu mengoksidasi polutan organik, serta harganya yang relatif murah. Berdasarkan hal tersebut TiO₂ bisa menjadi katalis heterogen yang dapat menjamin stabilitas dalam penggunaannya. Katalis heterogen dapat dijumpai pada konverter katalik pada sistem pembuangan kendaraan bermotor. Sistem kerja katalis heterogen adalah dengan mengubah senyawa-senyawa berbahaya yang terkandung di dalam emisi kendaraan bermotor menjadi senyawa-senyawa yang dampaknya kecil terhadap lingkungan (Tauster *et al.*, 1981 ; Sunarya, 2011). Mekanisme kerja dari katalis heterogen ditunjukkan oleh Gambar 2.3



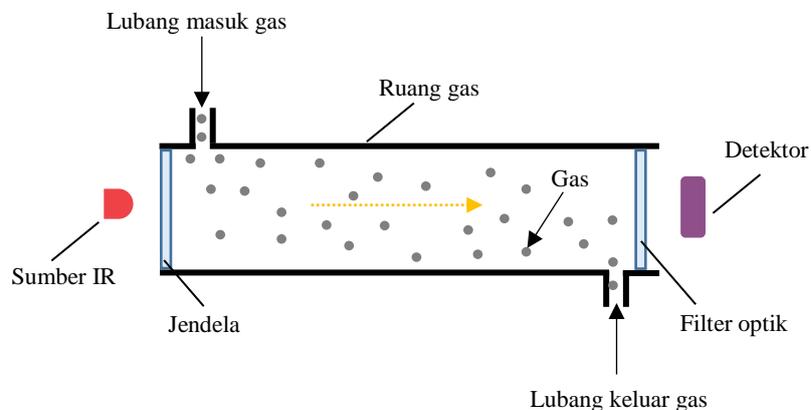
Gambar 2.3 Tahapan reaksi katalis heterogen (Simorjai, 1994)

Menurut Sunarya (2011), umumnya katalis heterogen melibatkan empat tahap dalam mekanisme kerjanya. Gambar 2.3 menunjukkan tahapan reaksi katalis heterogen yang diawali dengan terjadinya adsorpsi pereaksi pada permukaan katalis atau terjadinya proses perpindahan massa dari luar ke dalam substrat (Gambar 2.3(a) dan Gambar 2.3(b)), kemudian terjadi migrasi pereaksi teradsorpsi pada

permukaan katalis (Gambar 2.3(c)). Setelah molekul reaktan teradsorpsi, selanjutnya terjadinya reaksi yang menghasilkan suatu produk baru (Gambar 2.3(d)) yang dilanjutkan dengan terjadinya Proses desorpsi hasil reaksi meninggalkan permukaan katalis atau terjadinya proses perpindahan massa dari substrat ke luar (Gambar 2.3(e) dan Gambar 2.3(f)) (Simorjai, 1994).

2.6 Gas Analyzer

Gas analyzer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis kadar atau konsentrasi suatu gas yang menjadi indikator apakah kadar atau konsentrasi tersebut masih dalam ambang batas wajar atau membahayakan lingkungan sekitar dan manusia. Secara umum, gas-gas yang dapat diukur oleh *gas analyzer* adalah oksigen (O_2), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2) dan hidrokarbon (HC) (Martawati and Hardiyana, 2017). Dalam mengukur emisi gas CO, CO_2 dan HC metode yang digunakan oleh *gas analyzer* adalah *non-dispersive infrared* (NDIR). NDIR adalah perangkat spektroskopi sederhana yang sering digunakan sebagai detektor gas. Perangkat ini disebut *non-dispersive* karena panjang gelombang yang melewati ruang pengambilan sampel tidak disaring terlebih dahulu. Sebagai gantinya filter digunakan sebelum detektor. Komponen utama yang digunakan adalah sumber *Infrared* (IR) dengan konsentrasi gas diukur secara elektro-optik melalui penyerapan panjang gelombang tertentu dalam sinar IR (Thomas and Haider, 2013). Prinsip kerja NDIR terlihat pada Gambar 2.4

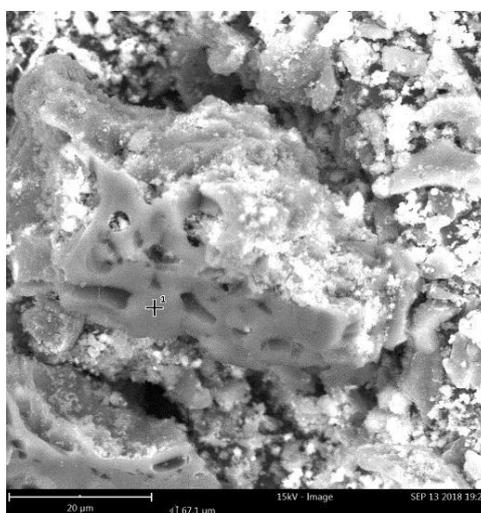


Gambar 2.4 Prinsip kerja NDIR pada *gas analyzer* (diadaptasi dari Dinh et al., 2016)

Prinsip kerja NDIR (Gambar 2.4) diawali dengan diarahkannya sinar IR dari sumber melalui ruang gas menuju detektor. Detektor yang memiliki filter optik di depannya akan menghilangkan semua cahaya, kecuali cahaya yang memiliki panjang gelombang yang dapat diserap oleh molekul gas. Gas-gas CO, CO₂ dan HC yang akan dianalisis konsentrasinya masuk ke dalam ruang gas dan akan menyerap sinar IR pada panjang gelombang tertentu. Gas-gas tersebut memiliki pita absorpsi dalam intensitas spektrum masing-masing agar tidak saling tumpang tindih dalam pengukurannya. Setelah itu, gas-gas yang sudah menyerap intensitas spektrum masing-masing akan keluar dan spektrum yang telah diserap akan diproses lebih lanjut dengan hasil berupa konsentrasi gas yang terlihat pada layar monitor (Xiaolong *et al.*, 2010 ; Thomas and Haider, 2013).

2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM adalah salah satu instrumen serbaguna yang berfungsi sebagai pemeriksa dan analisis morfologi mikrostruktur serta karakterisasi komposisi kimia suatu material. Beberapa material berukuran nano yang dapat dianalisis menggunakan SEM seperti *carbon nanotubes*, *nanowires*, *nanoparticles*, dan bahan berstruktur nano lainnya (Zhou *et al.*, 2007). Material lain yang dapat dianalisis menggunakan SEM adalah komposit karbon aktif/TiO₂. Seperti pada penelitian Nurjanah (2015) yang dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Morfologi permukaan komposit karbon aktif/TiO₂ (Nurjanah, 2015)

Untuk mendapatkan hasil Gambar 2.5 pada karakterisasi SEM diawali dengan permukaan sampel yang disinari oleh berkas elektron dari *electron gun*. Ketika berinteraksi dengan sampel, elektron menghasilkan *secondary electron* yang masuk kedalam detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang akan menghasilkan gambar berupa morfologi permukaan sampel pada layar monitor (Zhou *et al.*, 2007).