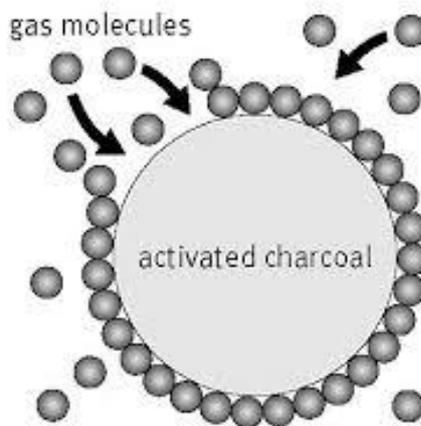


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terkait kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap/adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap/adsorbat) pada permukaannya.



Gambar 2.1 Proses Adsorpsi (Borhan, dkk.2015)

Kecepatan atau besar kecilnya adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya :

- Macam Adsorben
- Macam zat yang diadsorpsi
- Luas permukaan adsorben
- Konsentrasi zat yang diadsorpsi
- Temperatur

Teknologi adsorpsi merupakan salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengontrol emisi gas buang. Karbon aktif dari kulit pisang dapat menyisihkan gas 1,65% (b/b) CO₂ pada aliran udara dengan proses adsorbs pada suhu 25°C. Karbon aktif dari kulit kakao memiliki kemampuan menurunkan kadar gas buang NO sebesar 55,2%, gas buang NOX sebesar 55,1% serta gas buang CO sebesar 70,6% menggunakan metode adsorpsi pada gas buang kendaraan (Jaya, 2014).

Proses adsorpsi sendiri adalah proses dimana suatu zat menarik zat lain yang berada di sekitarnya untuk berinteraksi dan berikatan dengan zat tersebut. Proses adsorpsi ini dapat terjadi antara zat yang berada dalam satu fase seperti padat dengan padat atau zat yang berbeda fase misalnya padat dengan cair. Sedangkan peristiwa yang berkebalikan dengan adsorpsi yaitu desorpsi yang merupakan proses pelepasan suatu materi dari material lain. Adanya peristiwa adsorpsi ini akan membuat zat yang awalnya menyebar ke lingkungan menjadi terkumpul dan terikat pada satu media adsorpsi yang dinamakan sebagai adsorben dimana material adsorben ini memiliki kemampuan dalam menarik zat lain yang cocok untuk berinteraksi dengan material tersebut. Sedangkan zat lain yang tertarik atau terikat ke dalam material adsorben dinamakan sebagai adsorbat (Treybal, 1980).

Terjadinya adsorpsi melibatkan interaksi antar permukaan pada suatu molekul dimana material adsorben memiliki permukaan dengan tendensi untuk menarik material lain sehingga material adsorbat yang telah terikat akan menempel pada permukaan adsorben.

Terjadinya adsorpsi dikarenakan adanya ketidakstabilan atau dalam bahasa ilmiah dinamakan residual forces pada permukaan suatu zat adsorben dimana adanya kestabilan itu membuatnya cenderung berikatan dengan zat lain yang cocok untuk mencapai kestabilan. Maka dari itu, pada umumnya material adsorben memiliki gugus yang dinamakan dengan sisi aktif dimana gugus ini berperan penting pada proses adsorpsi yaitu dalam berinteraksi dengan molekul adsorbat. Selain adanya interaksi ini, adsorpsi juga bisa disebabkan karena keberadaan rongga atau pori pada material adsorben. Material seperti karbon aktif dan zeolit merupakan material berpori yang memiliki luas permukaan besar di dalamnya. Akibatnya, adsorbat dapat masuk ke dalam pori dan memenuhi rongga yang ada sehingga akan terjebak di dalam pori tersebut. Selanjutnya material yang telah berada dalam adsorben dapat distabilkan posisinya dengan berbagai interaksi seperti ikatan hidrogen, interaksi dipol, interaksi elektrostatik, interaksi van der Waals, dan lain sebagainya (Treybal, 1980)

Pada proses adsorpsi, adsorben yang akan digunakan harus diaktivasi terlebih dahulu. Proses aktivasi ini memiliki tujuan untuk membuat material

adsorben itu memiliki atau mempunyai kemampuan untuk menyerap zat lain. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti pemanasan untuk menguapkan zat guest atau juga dengan metode pencucian asam kuat dengan melarutkan material guest di adsorben yang akan diaktivasi (Treybal, 1980).

2.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben (Treybal, 1980).

1. Jenis Adsorbat

- Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan dengan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori adsorben.

- Kepolaran Zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polardibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

2. Karakteristik Adsorben

- Kemurnian Adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

- Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsimeningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben sering kali ditingkatkan luas permukaannya karena

luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

3. Temperatur

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksotermis, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

4. Tekanan adsorbat

Untuk setiap jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekular yang terjadi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat. Pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

2.1.2 Mekanisme Adsorpsi

Menurut Reynolds (1982), mekanisme penyerapan adsorbent terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap diantaranya :

- Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
- Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (film diffusion process).
- Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (pore diffusion process).
- Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

2.1.3 Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

- Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik-menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil dari pada gaya tarik-menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversible. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori (Murti, 2008).

- Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Ikatan yang terbentuk sangat kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditemukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk, maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Prabowo, 2009).

Menurut Langmuir, molekul adsorbat ditahan pada permukaan adsorben oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan adsorben, maka akan terbentuk suatu lapisan dimana lapisan tersebut akan menghambat proses adsorpsi selanjutnya oleh adsorben sehingga efektifitas berkurang. Adsorpsi kimia biasanya digunakan untuk penentuan daerah pusat aktif dan kinetika reaksi permukaan (Murti, 2008).

2.2 Gas NO dan CO

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik dan pusat-pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar, kini kering dan kotor. Hal ini bila tidak segera ditanggulangi, perubahan tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan, hewan serta tumbuhan (Soedomo, 2001).

Kualitas udara telah mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor (Irawan, 2008). Hal itu terjadi karena emisi gas buang yang keluar melalui knalpot telah mencemari udara (Hastuti dan Utama, 2008). Emisi tersebut diantaranya CO dan NO yang merupakan kelompok gas yang berbahaya (Budiyono, 2001). NO berpotensi menyebabkan hujan asam sehingga menimbulkan kerusakan hutan, menghancurkan hasil panen, merusak lahan pertanian, korosi bangunan, dan masalah-masalah kesehatan (Sukarsono, 2004). Sementara gas CO dapat menyebabkan rasa sakit pada mata, gangguan saluran pernapasan, dan paru-paru (Arisma, 2010).

Nitrogen monoksida adalah senyawa dengan rumus kimia berupa NO yang memiliki sifat fisik tidak berwarna dan tidak berbau, namun dapat menyebabkan pencemaran udara. Molekul NO sering juga diproduksi oleh polutan dari asap rokok, kendaraan dan lain-lain, sehingga sering dianggap bersifat toksik dan sangat reaktif, namun penggunaan gas NO konsentrasi rendah untuk perawatan hipertensi paru pada bayi yang baru dilahirkan, mendapatkan persetujuan dari FDA. Selain itu, NO dapat diproduksi oleh neuron selama 80 tahun di dalam otak manusia tanpa menimbulkan efek keracunan, kadar NO yang cukup diperlukan tubuh untuk memelihara hati dari kerusakan iskemik akibat sepsis, namun produksi NO saat terjadi iskemia otak akan merusak neuron yang sama. (Suryawan, 2004).

Karbon monoksida, rumus kimia CO, adalah gas yang tak berwarna, takberbau, dan tak berasa. Ia terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen

Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida

terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Karbon monoksida mudah terbakar dan menghasilkan lidah api berwarna biru, menghasilkan karbon dioksida. Walaupun ia bersifat racun, CO memainkan peran yang penting dalam teknologi modern, yakni merupakan prekursor banyak senyawa karbon.

Karbon monoksida dihasilkan pada pembakaran tidak sempurna. Contoh, 4 sampai 7 persen dari gas buangan kendaraan bermotor dan gas dari cerobong asap merupakan CO. Senyawa ini sangatlah beracun karena dapat berikatan kuat dengan hemoglobin dan menghambat proses pengangkutan oksigen ke jaringan-jaringan tubuh. Karbon monoksida berikatan 200 kali lebih kuat dengan hemoglobin daripada oksigen dan oleh karenanya sangat sulit untuk melepaskannya ketika telah berikatan dengan darah (Soetrisno, 2003).

Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada (Fardiaz, 2008). Karbon monoksida (CO) adalah pencemar primer berbentuk gas yang tidak berwarna, tidak memiliki rasa, tidak berbau, dan memiliki berat jenis yang lebih kecil dari udara serta sangat stabil dan mempunyai waktu tinggal 2-4 bulan. CO berbentuk gas yang tidak berwarna dalam suhu udara normal. CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin (Satria, 2006).

Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut :

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon

Oksidasi tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon terjadi jika jumlah oksigen yang tersedia kurang dari jumlah yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna dimana dihasilkan karbon dioksida. Pembentukan karbon monoksida hanya terjadi jika reaktan yang ada terdiri dari karbon dan oksigen murni. Jika yang terjadi

adalah pembakaran komponen yang mengandung karbon di udara, prosesnya lebih kompleks dan terdiri dari beberapa tahap reaksi.

Reaksi pertama berlangsung sepuluh kali lebih cepat daripada reaksi kedua, oleh karena itu CO merupakan intermediet pada reaksi pembakaran tersebut dan dapat merupakan produk akhir jika jumlah O_2 tidak cukup untuk melangsungkan reaksi kedua. CO juga dapat merupakan produk akhir meskipun jumlah oksigen di dalam campuran pembakaran cukup, tetapi antara minyak bakar dan udara tidak tercampur rata. Pencampuran yang tidak rata antara minyak bakar dengan udara menghasilkan beberapa tempat atau area yang kekurangan oksigen. Semakin rendah perbandingan antara udara dengan minyak bakar, semakin tinggi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan.

- b. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi

Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi dapat menghasilkan karbon monoksida. Reaksi ini sering terjadi pada suhu tinggi yang umum terdapat pada industri-industri, misalnya pada pembakaran di dalam furnis. CO yang diproduksi dengan cara ini mempunyai keuntungan dan diperlukan pada beberapa proses, misalnya pada furnis cepat, dimana CO bertindak sebagai komponen pereduksi dalam produksi besi dari besi oksida.

- c. Pada suhu tinggi, CO_2 terurai menjadi karbon monoksida dan O

Suhu tinggi merangsang pembentukan CO dan O. Sebagai contoh, pada suhu $29600^\circ C$ terjadi disosiasi CO_2 sebanyak 1 persen menjadi CO dan O, sedangkan pada suhu $24950^\circ C$ sebanyak 5 persen CO_2 yang terdisosiasi menjadi CO dan O. Jika campuran ekuilibrium pada suhu tinggi tiba-tiba didinginkan, CO akan tetap berada dalam campuran yang telah didinginkan tersebut karena dibutuhkan waktu yang lama untuk mencapai ekuilibrium yang baru pada suhu rendah.

Sumber CO buatan antara lain kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, jumlah CO dari sumber

buatan diperkirakan mendekati 60 juta ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. Didalam laporan WHO (1992), dinyatakan paling tidak 90% dari CO diudara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Selain itu asap rokok juga mengandung CO, sehingga para perokok dapat memajan dirinya sendiri dari asap rokok yang sedang dihisapnya (Anggraeni, 2009). Sumber lain CO adalah gas arang batu yang mengandung kurang lebih 5% CO, alat pemanas berbahan bakar gas, lemari es gas, kompor gas, dan cerobong asap yang bekerja tidak baik (Anggraeni, 2009).

Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan karbon aktif sebagai adsorben emisi gas CO dan NO karena tersedia dalam jumlah besar dan memiliki harga yang murah. Berbagai mitagasi telah dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi emisi gas CO dan NO diantaranya meningkatkan efisiensi energi kendaraan bermotor. Akan tetapi, jumlah kendaraan tersebut meningkat pesat sehingga membuat upaya ini kurang efektif (Angreni, 2013). Sebuah penelitian menyebutkan bahwa pelarut amina dapat digunakan sebagai adsorben, namun zat ini memiliki kapasitas adsorpsi gas yang rendah dan berpotensi menimbulkan korosi (Murshid, 2011).

2.3 Karbon Aktif



Gambar 2.2 Gambar Karbon Aktif (Arifin, 2007)

Karbon aktif merupakan adsorben yang efektif digunakan karena luas permukaan area yang tinggidan volume pori yang besar , meskipun memiliki

harga yang lebih mahal dibandingkan dengan adsorben lainnya. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut (Zhao, 2002).

Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, tetapi beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri. Hal ini dapat diakali dengan memilih bahan baku karbon yang menggunakan limbah biomassa (Musapatika, 2010). Salah satu limbah biomassa yang dapat digunakan adalah Ampas Tebu.

2.3.1 Struktur Fisik Karbon Aktif

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Karbon aktif memiliki bentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal.

Proses Pembuatan Karbon Aktif Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahapan, yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi (Kinoshita, 1988).

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven.

2. Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam furnace. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah.

Karbonisasi melibatkan dua proses utama yaitu proses pelunakan dan penyusutan. Kedua proses ini berkaitan dengan sifat-sifat hasil akhir produk karbonisasi. Selama proses pelunakan akan terjadi pembentukan pori yang diikuti dengan dekomposisi yang sangat cepat pada interval suhu yang sangat pendek.

Setelah proses pelunakan, arang akan mulai mengeras, kemudian menyusut dimana penyusutan arang juga memiliki peran dalam pengembangan porositas. Suhu saat pelunakan terjadi dan tingkat pelunakannya akan tergantung pada bahan dasar dan rata-rata pemanasannya. Karbonisasi dihentikan bila tidak mengeluarkan asap lagi. Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000oC akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi yaitu :

- Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah.

- Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat terurai dan yang teruapkan.

3. Aktivasi

Pada proses karbonisasi, daya adsorpsi karbon tergolong masih rendah karena masih terdapat residu yang menutupi permukaan pori dan pembentukan pori-pori belum sempurna. Maka dari itu, perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi

molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, M.T. dan T. Sinaga, 2003).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi yaitu :

- Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa.

- Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa untuk keluar melewati mikropori karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator telah mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga permukaannya semakin porous.

- Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran atau diameter arang maka akan semakin besar daya serap karbon aktif tersebut karena porinya semakin banyak.

2.3.2 Sifat-Sifat Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki sifat-sifat yaitu diantaranya yaitu luas permukaan dan porositas (porosity).

- Ukuran Partikel

Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi proses kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon.

- Luas Permukaan

Semakin luas permukaan karbon aktif maka akan semakin meningkatkan daya serap karbon aktif tersebut.

- Porositas (Porosity)

Selama proses aktivasi, terjadi proses pemisahan antara komponen berkarbon dengan komponen non-organik sehingga membentuk suatu ruang yang disebut dengan pori.

Karbon aktif adalah karbon padat yang memiliki luas permukaan yang cukup tinggi berkisar antara 100 sampai dengan 2000 m²/g. Bahkan ada peneliti yang mengklaim luas permukaan karbon aktif yang dikembangkan memiliki luas permukaan melebihi 3000 m²/g. Bisa dibayangkan dalam setiap gram zat ini mengandung luas permukaan puluhan kali luasan lapangan sepak bola. Hal ini dikarenakan zat ini memiliki pori – pori yang sangat kompleks yang berkisar dari ukuran mikro dibawah 20 Å (Angstrom), ukuran meso antara 20 sampai 50 Angstrom dan ukuran makro yang melebihi 500 Å (pembagian ukuran pori berdasarkan IUPAC). Sehingga luas permukaan disini lebih dimaksudkan luas permukaan internal yang diakibatkan dari adanya pori – pori yang berukuran sangat kecil. Karena memiliki luas permukaan yang sangat besar, maka karbon aktif sangat cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan luas kontak yang besar seperti pada bidang adsorpsi (penyerapan), dan pada bidang reaksi dan katalisis. Contoh yang mudah dari karbon aktif adalah yang banyak dikenal dengan sebutan norit yang digunakan untuk mengatasi gangguan pencernaan. Prinsip kerja norit adalah ketika masuk kedalam perut dia akan mampu menjerap bahan – bahan racun dan berbahaya yang menyebabkan gangguan pencernaan. Kemudian menyimpannya di dalam permukaan porinya sehingga nantinya keluar nantinya bersama tinja. Secara umum karbon aktif ini dibuat dari bahan dasar batu bara dan biomasa. Intinya bahan dasar pembuat karbon aktif haruslah mengandung unsur karbon yang besar. Dewasa ini karbon aktif yang berasal dari biomasa banyak dikembangkan para peneliti karena bersumber dari bahan yang terbarukan dan lebih murah. Bahkan karbon aktif dapat dibuat dari limbah biomasa seperti kulit kacang-kacangan, limbah padat pengepresan biji – bijiaan, ampas, kulit buah dan lain sebagainya. Proses pembuatan arang aktif dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pengaktifan secara fisika dan secara kimia. Pengaktifan secara fisika pada dasarnya dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku pada suhu yang cukup tinggi (600°C – 900°C) pada kondisi miskin udara(oksigen),

kemudian pada suhu tinggi tersebut dialirkan media pengaktif seperti uap air dan CO₂. Sedangkan pada pengaktifan kimiawi, bahan baku sebelum dipanaskan dicampur dengan bahan kimia tertentu seperti ZnCl₂, KOH, NaOH, K₂CO₃ dan lain sebagainya. Biasanya pengaktifan secara kimiawi tidak membutuhkan suhu tinggi seperti pada pengaktifan secara fisis, tetapi diperlukan tahap pencucian setelah diaktifkan untuk membuang sisa – sisa bahan kimia yang dipakai. Sekarang ini telah dikembangkan penggabungan antara metode fisika dan kimia untuk mendapatkan sekaligus kelebihan dari kedua tipe pengaktifan tersebut.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI-06-3730,1995), karbon aktif yang memenuhi standar memiliki kadar air maksimal 15%, kadar zat menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10%, serta kadar karbon terikat minimal 65%. Jika karbon aktif yang dihasilkan memiliki kadar air, kadar zat menguap, kadar abu melebihi batas maksimal, serta memiliki kadar karbon terikat dibawah batas, maka karbon aktif tidak bisa digunakan karena tidak memenuhi standar.

2.4 Ampas Tebu (*Baggase*)

Ampas tebu merupakan limbah dari tanaman tebu yang sudah dilakukan penggilingan untuk proses pembuatan gula (Rokhman dkk, 2014). Ampas Tebu memiliki kandungan selulosa, lignoselulosa, serta lignin yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Selain kandungannya yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben, ampas tebu juga mudah dijumpai di berbagai daerah.

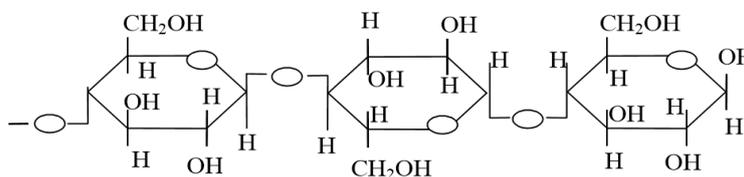


Gambar 2.3 Ampas Tebu (Purnawan dkk, 2012)

Ampas tebu merupakan salah satu potensi serat alam dengan jumlah yang melimpah yaitu sekitar 30% dari berat tanaman tebu tersebut (Purnawan dkk, 2012).

Sejauh ini pemanfaatan ampas tebu belum maksimal, sebagian besar hanya digunakan sebagai bahan bakar. Beberapa penelitian menyatakan ampas tebu dapat digunakan sebagai penguat material lain seperti serat sintetik dalam pembuatan kapal, papan partikel, mortar dan tapakrem (Andriyanti dkk, 2012). Bentuk serat ampas tebu hamper menyerupai bentuk fiber sintetik yang tersedia di pasaran. Kandungan ampas tebu terdiri dari selulosa (52,42%), hemiselulosa (25,8%), lignin (21,69%), abu (2,73%) dan ethanol (1,66%) (Tewari dkk, 2012).

2.4.1 Selulosa

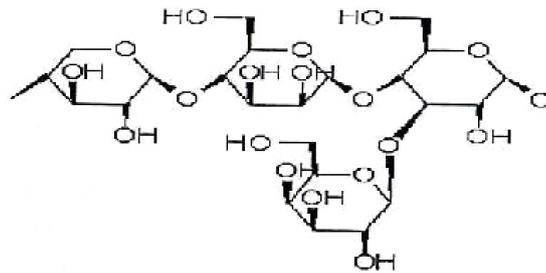


Gambar 2.4 Struktur Selulosa (Oktarina, 2009)

Selulosa adalah senyawa organik penyusun utama dinding sel tumbuhan. Polimer selulosa tersusun oleh monomer-monomer anhidroglukosa atau glukopiranososa yang saling berhubungan. Di alam, selulosa berkaitan dengan lignin dan hemiselulosa membantuk bagian-bagian tanaman seperti kayu, batang, daun, dan sebagainya. Selulosa termasuk homopolimer linier dengan monomer berupa D-anhidroglukosa yang saling berkaitan dengan ikatan β -1,4-glikosidik. Rumus empiris selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n adalah jumlah satuan glukosa yang berkaitan dan berarti juga derajat polimerisasi selulosa. Selulosa murni memiliki derajat polimerisasi sekitar 14.000, namun dengan pemurnian biasanya akan berkurang menjadi 2500 (Oktarina, 2009).

2.4.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida non selulosa yang pokok, terdapat dalam serat dengan berat molekul 4000-15000 (Soenardi, 1976). Hemiselulosa terdapat di dinding sel bersamaan dengan selulosa, terutama didaerah amorf dan juga dalam lamella tengah (Soenardi, 1976).

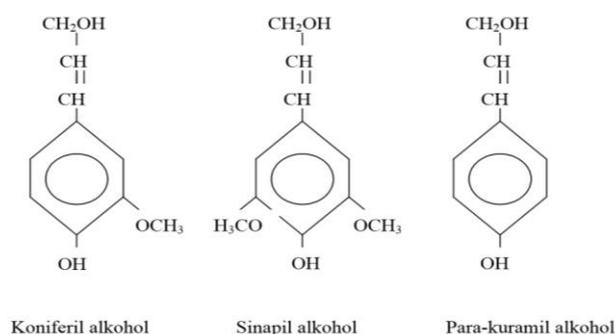


Gambar 2.5 Unit Dasar Penyusun Hemiselulosa (Fangel dan Wegener, 1995)

Hemiselulosa merupakan polisakarida lain yang terdapat dalam serat dan tergolong senyawa organik. Molekul hemiselulosa mudah menyerap air, bersifat plastis dan mempunyai permukaan kontak antar molekul yang lebih luas. Hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polymer gula. Namun, berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun dari glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkabon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya xylosa, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoronat dan asam galaturonat. Xylosa adalah salah satu gula C-5 dan merupakan gula terbanyak kedua di biosfer setelah glukosa. Perbedaan hemiselulosa dan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedang selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa (Winarno, 1984).

2.4.3 Lignin

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat didalam struktur tiga dimensi.



Gambar 2.6 Unit Dasar Penyusun Lignin (Nugraha, 2003)

Lignin adalah material yang paling kuat didalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi.

Lignin merupakan polimer alami dan tergolong kedalam senyawa rekalsitran karena tahan terhadap degradasi atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan.

2.5 KOH (Kalium Hidroksida)



Gambar 2.7 Kalium Hidroksida (Nurfitria, dkk).

Kalium hidroksida adalah suatu senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH. Kalium hidroksida memiliki pemerian bentuk kristal 5 kecil berwarna putih dan mudah rapuh. Kalium hidroksida bersifat higroskopis dan mudah meleleh (Kibbe, 2009).

Pada aktivasi secara kimia, perbedaan bahan aktivasi yang digunakan memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan karbon aktif. KOH adalah aktivator kimia yang baik pada karbon karena dapat meningkatkan luas permukaannya hingga 3000 m²/g. Selain itu, KOH yang juga bertindak sebagai basa kuat yang dapat menghilangkan zat pengotor dalam karbon hasil pengarangan yang kurang sempurna seperti zat volatil dan tar. Produk karbon aktif hasil aktivasi kimia pada penelitian ini ditemukan sedikit serbuk putih seperti abu. Hal ini dikarenakan sifat basa kuat larutan KOH yang korosif sehingga menghasilkan senyawa karbonat/ kapur hasil reaksi dengan karbon. Reaksi karbon

dengan KOH juga akan mengeluarkan air (dehidrasi) karena KOH merupakan dehydrating agent. Reaksi dehidrasi ini akan membuat karbon terkikis dan terjadi peningkatan luas permukaan karbon aktif karena pembentukan pori-pori yang lebih banyak sehingga diharapkan efisiensi adsorpsinya terhadap gas CO dan NO akan meningkat. Pori-pori tersebut yang akan memberikan peranan penting dalam penyerapan gas CO dan NO pada kendaraan bermotor (Nurfitria, N. Dkk.)

Menurut Mahmud Sudibandriyo dan Lydia (2011), Kelebihan aktivasi dengan menggunakan KOH adalah sebagai berikut :

- a. Massa yang hilang tidak jauh berbeda pada setiap perbandingan rasio
- b. Presentase massa karbon aktif yang didapat semakin besar rasio karbon aktif maka semakin besar massa karbon aktif yang didapat
- c. Semakin besar rasio maka semakin besar luas permukaan karbon aktif

Karbon aktif dengan Aktivator KOH terlihat bahwa untuk semua perlakuan suhu karbonisasi hasil berupa padatan granular yang tidak begitu halus namun lebih halus daripada karbon aktif yang tidak diimpregnasi. Hal ini disebabkan karena adanya KOH sebagai agen aktivator yang dapat menjaga sampel agar tidak terbakar dengan cara bereaksi dengan kandungan mineral dalam bahan baku sehingga tidak terbentuk abu yang menyebabkan warna keabu – abuan. Karbon aktif Ampas tebu yang diaktivasi dengan KOH didapat bahwa semakin besarnya suhu karbonisasi maka semakin meningkat juga Gas CO dan NO yang diserap oleh karbon aktif yang diaktivasi menggunakan aktivator KOH.

Aktivator dapat meningkatkan keaktifan adsorben melalui mekanisme sebagai berikut :

- a. Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif) yang berbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.
- b. Aktivator mencegah senyawa organik bereaksi dengan oksigen yang akan bereaksi dengan kristalit oksigen.
- c. Menurut teori interkalasi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipkan ion atau atom lain kedalam struktur

tersebut. Pada aktivasi maka ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.

- d. Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas inert seperti uap air (steam), CO₂ dan N₂. Sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara menngusir senyawa non karbon dari pori-pori.

2.6 Polusi Udara



Gambar 2.7 Polusi Udara akibat Kendaraan Bermotor (Sudrajad, 2006).

Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik untuk pergerakannya, dan digunakan untuk transportasi darat. Umumnya kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam (perkakas atau alat untuk menggerakkan atau membuat sesuatu yg dijalankan dengan roda, digerakkan oleh tenaga manusia atau motor penggerak, menggunakan bahan bakar minyak atau tenaga alam). Kendaraan bermotor memiliki roda, dan biasanya berjalan di atas jalanan.¹⁰ Berdasarkan UU No. 14 tahun 1992 , yang dimaksud dengan peralatan teknik dapat berupa motor atau peralatan lainnya yang berfungsi untuk mengubah suatu sumber daya energi tertentu menjadi tenaga gerak kendaraan bermotor yang bersangkutan.

Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor pribadi bukan hanya berimbas pada bertambahnya tingkat kemacetan, tetapi juga bertambah kotornya udara di sekitar kita. Sejauh ini, terdapat beberapa polutan utama yang mencemari dan menurunkan kualitas udara kawasan perkotaan di negeri ini yakni

nitrogen dioksida (NO_2), nitrat oksida (NO), partikel debu, karbon monoksida (CO) serta timbal (Pb).

Di kota-kota besar, sumber utama penghasil CO adalah kendaraan bermotor seperti mobil, truk, bus, dan sepeda motor karena pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM) yang tidak sempurna. CO dapat terbentuk secara alamiah maupun sebagai hasil sampingan kegiatan manusia (Aji, 2008). Setiap lima liter bensin dapat menghasilkan 1 - 1,5 kg CO. Bayangkan saja jika di suatu kota dengan sejuta mobil dan setiap mobil menghabiskan 10 liter bensin sehari. Maka bisa dipastikan betapa banyaknya kadar CO di udara yang dihasilkan dari buangan asap kendaraan (Sastrawijaya, 2009).

Zat-zat polutan tersebut sebagian besar dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor. Nitrogen dioksida, nitrat oksida, partikel debu serta karbon monoksida dapat mengiritasi paru-paru dan menurunkan daya tahan tubuh terhadap serangan infeksi pernafasan, dapat mengakibatkan pembengkakan paru-paru dan gangguan jantung serta meningkatkan risiko kanker paru. Sementara itu, timbal berpotensi membuat terjadinya penurunan fungsi mental, mengganggu fungsi ginjal, mengganggu saluran pencernaan, menurunkan fertilitas dan berpotensi menurunkan kecerdasan anak-anak serta memicu kerusakan saraf otak. Dengan demikian, anak-anak yang kerap menghirup udara yang telah terkontaminasi timbal diyakini kecerdasan otaknya akan menurun. Saat ini, kita semua telah mengetahui bahwa polusi udara dapat menyebabkan efek rumah kaca dan *global warming* (Sudrajad, 2006)

Atmosfer berfungsi sebagai media penyebaran polutan udara. Dua besaran utama yaitu suhu dan kelengasan atau kelembaban pada atmosfer, merupakan suatu ukuran sebenarnya dari energi termal dan status air atmosfer. Keduanya terikat pada dasar-dasar daur air dan daur energi yang mencakup proses hantaran, konversi, penyimpanan energi, dan massa dengan energi tata surya sebagai sumber energi utamanya (Sasongko, dkk., 2000). Penyebaran pencemaran udara berhubungan dengan keadaan atmosfer, sedangkan keadaan atmosfer tergantung pada perubahan sistem cuaca, sirkulasi angin regional dan turbulensi, dan efek mikrometeorologi. Parameter-parameter penting yang diperlukan dalam menetapkan potensi penyebaran pencemaran udara adalah ketinggian, tinggi

pembalikan, kecepatan angin tahunan, potensi tinggi cemaran udara yang dapat mempengaruhi suatu wilayah, dan kegiatan harian. Adapun efek mikrometeorologi tergantung pada insolasi solar, topografi, kekasaran permukaan, lahan yang digunakan, dan radiasi panjang gelombang (Mikkelsen, 2003).

2.6.1 Macam- Macam Pecemaran Udara

Polusi udara atau pencemaran udara dibedakan menjadi dua macam, yaitu pencemaran udara primer dan sekunder (KLH, 2009) :

1. Pencemaran Udara Primer

Pencemaran udara primer adalah substansi polusi udara yang diciptakan langsung dari sumber pencemarannya. Misalnya karbon monoksida (CO) yang merupakan salah satu zat kimia pencemar udara primer yang dihasilkan langsung dari proses pembakaran.

2. Pencemaran Udara Sekunder

Pencemaran udara sekunder adalah substansi polusi udara yang tercipta dari reaksi polutan-polutan primer di udara. Salah satu contohnya adalah pembentukan ozon yang terjadi dalam proses fotokimia yang terjadi secara sekunder.

2.7 Flue Gas Analyzer

Flue Gas Analyser adalah alat untuk mengukur gas buang sisa pembakaran/emisi tak bergerak dari mesin kendaraan maupun cerobong pabrik. Gas buang yang diukur berupa O₂, CO, CO₂, NO(x), SO₂.



Gambar 2.8 Alat Ukur Emisi Gas *Portable Gas Analyzer*

Alat *gas detector* tersebut digunakan pada kendaraan yang bermesin diesel dan bensin yang terdapat banyak polusi selain itu juga digunakan pada uji emisi mesin pada industri plastik, resin, pigmen, zat warna, pestisida dan pemrosesan karet, dan lainnya. Model *Flue gas analyzer* sangat praktis, sehingga dapat dibawa dan digunakan dimana-mana.

Gas analyzer adalah alat yang digunakan untuk menganalisis, mengukur kadar atau konsentrasi gas tertentu apakah kadar dari gas tersebut masih dalam ambang batas yang diperbolehkan atau melebihi batas yang dapat membahayakan lingkungan dan makhluk hidup. Pada bidang otomotif, *gas analyzer* digunakan untuk mengukur kadar atau konsentrasi emisi gas buang dan digunakan sebagai indikator apakah kadar atau konsentrasi emisi gas buang sebuah kendaraan masih layak atau tidak. Karena emisi gas buang yang berada di atas batas aman yang diperbolehkan akan membahayakan lingkungan sekitar dan manusia. Secara umum, gas-gas yang dapat diukur oleh *gas analyzer* adalah HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksida), karbon dioksida (CO₂), dan oksigen (O₂) (Mira dan Hani, 2017).

2.7.1 Analisa Flue Gas Buang

Berikut Analisa Uji Emisi Gas Buang ;

- Uji Gas Nitrogen Oksida (NO_x) yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Kedua Gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara yang berbahaya bagi manusia. Ketika nitrogen dioksida hadir, nitrogen oksida juga ditemukan ; gabungan dari NO dan NO₂ secara kolektif mengacu kepada nitrogen oksida (NO_x).
- Uji Nitrogen monoksida (NO) merupakan gas yang berpotensi menyebabkan hujan asam sehingga menimbulkan kerusakan hutan, menghancurkan hasil panen, merusak lahan pertanian, korosi bangunan, dan masalah-masalah kesehatan.
- Uji Gas CO₂ (Karbon dioksida), Seperti yang anda tahu, gas karbondioksida sangat penting untuk proses fotosintesis tumbuhan.

- Uji Gas CO (Karbon monoksida) adalah gas pencemar udara yang sangat berbahaya bagi tubuh. Ia dapat berikatan dengan hemoglobin dalam tubuh, sehingga pengikatan oksigen oleh darah menjadi terganggu. Bahkan kalau manusia menghirup gas CO dalam kadar tinggi, resikonya adalah kematian. Jika dalam kadar sedikit, menghirup CO dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, mata berkunang-kunang, lemas dan mual-mual.

2.7.2 Prinsip Kerja *Flue Gas Analyzer*

Prinsip kerja gas analyzer ialah mengambil gas sample dari probe lalu akan masuk ke masing-masing sample cell, lalu, gas sample akan dikomparasikan dengan gas standar melewati pemancaran sistem.

Setelah itu, akan menghasilkan perbedaan panjang gelombang dan dikonversi menjadi sinyal analog oleh receiver. Jika ada penyimpangan (error) maka gas analyzer kembali di adjust melalui panel control. Untuk hasil pengukuran gas emisi udara (analyzer) pada mesin kendaraan yakni CO₂, O₂, CO, NO, NO_x dan HC.