

BAB II

TINJAUAN PUSAKA

2.1 Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa merupakan tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia, sehingga hasil alam berupa kelapa di Indonesia sangat melimpah. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam famili Palmae dan banyak tumbuh di daerah tropis, seperti di Indonesia. Tanaman kelapa membutuhkan lingkungan hidup yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksinya. Faktor lingkungan itu adalah sinar matahari, temperatur, curah hujan, kelembaban, dan tanah (Amin Muh, 2010).

Salah satu bagian yang terpenting dari tanaman kelapa adalah buah kelapa. Buah kelapa terdiri dari beberapa bagian, yaitu epicarp, mesocarp, endocarp, dan endosperm. Epicarp yaitu kulit bagian luar yang permukaannya licin agak keras dan tebalnya ± 1 mm. Mesocarp yaitu kulit bagian tengah yang disebut sabut. Bagian ini terdiri dari serat-serat yang keras, tebalnya 3-5 cm. Endocarp yaitu bagian tempurung yang sangat keras. Tebalnya 3-6 mm. Bagian dalam melekat pada kulit luar dari endosperm yang tebalnya 8-10 mm. Buah kelapa yang telah tua terdiri dari 35% sabut, 12% tempurung, 28% endosperm, dan 25% air (Purnama, 2013). Bagian dari buah kelapa yang di manfaatkan sebagai bahan pangan dalam kehidupan sehari-hari adalah daging buah dan air kepalanya. Oleh karena itu, studi pemanfaatan tempurung kelapa perlu dilakukan agar lebih memiliki nilai guna, sehingga dapat mereduksi jumlah tempurung kelapa dalam timbunan sampah.

Kandungan kimia dari tempurung kelapa adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, dan abu dengan komposisi masing-masing dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	34
Lignin	27
Hemiselulosa	21
Abu	18

(Sumber: Tamado, 2013)

Hemiselulosa adalah jenis polisakarida dengan berat molekul kecil berantai pendek dibanding dengan selulosa dan banyak dijumpai pada kayu lunak. Hemiselulosa disusun oleh pentosa ($C_5H_8O_4$) dan heksosa ($C_6H_{10}O_5$). Pentosan banyak terdapat pada kayu keras, sedangkan heksosan terdapat pada kayu lunak. Pentosan yang mengalami pirolisis menghasilkan furfural, furan, dan turunannya serta asam karboksilat. Heksosan terdiri dari mannan dan galakton dengan unit dasar mannosida dan galaktosa, apabila mengalami pirolisis menghasilkan asam asetat dan homolognya. Hemiselulosa tempurung kelapa juga mengandung selulosa dan lignin. Hasil pirolisis selulosa adalah asam asetat dan fenol. Sedangkan pirolisis lignin menghasilkan aroma yang berperan dalam produk pengasapan. Senyawa aroma yang dimaksud adalah fenol dan eterfenolik seperti guaikol (2-metoksi fenol), syringol (1,6-dimetoksi fenol) dan derivatnya (Kasim, 2012).

2.2 Karbon aktif (*Activated Carbon*)

Karbon aktif (*Activated Carbon*) adalah senyawa hasil pembakaran yang mengandung karbon dan memiliki ruang pori, dimana ruang pori tersebut berukuran sangat kecil (berdimensi atom) dan sulit digambarkan karena bentuknya sangat beragam. Efektivitas karbon aktif sangat tergantung dengan

porositasnya. Pori tersebut terbentuk dari atom karbon yang saling berikatan sehingga membentuk celah diantara ikatan-ikatan tersebut (Marsh dan Fransisco, 2006). Pada dasarnya seluruh bahan yang mengandung karbon yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau bahan mineral dapat dirubah menjadi arang aktif. Proses pembentukan arang aktif melalui dua tahap yaitu karbonisasi kemudian diikuti tahap aktivasi. Pada tahap karbonisasi akan menghasilkan arang aktif dengan daya absorban rendah, karena ruang pori yang dihasilkan masih kecil. Selain itu juga menghasilkan senyawa tar yang dapat menutup pori. Pada arang aktif berbahan aktif kayu, bahan aktivasi yang sering digunakan antara lain asam fosfat, seng klorida, dan kalium sulfida (Kurniadi dan Hasani, 1996). Mengolah arang menjadi arang aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi luas. Arang aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal dimana molekulnya berbentuk *amorf* yaitu merupakan pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon), maka permukaan dan pusat aktif menjadi luas. Hal ini mengakibatkan kemampuan absorben arang aktif juga semakin meningkat (BSN, 2011).



Gambar 1. Karbon Aktif Hasil Penelitian

2.3 Logam Chrom (Cr), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu)

Logam krom murni tidak ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Krom tahan korosi sehingga digunakan sebagai pelapis elektrolit. Senyawa krom seperti kromat dan dikromat banyak digunakan oleh industri tekstil, pencelupan, fotografi dan zat warna. Senyawa krom mempunyai warna yang sangat menarik sehingga banyak digunakan industri pewarna (*Ahmad,H,1991*) misalnya kuning krom pada senyawa PbCrO_4 , hijau krom pada senyawa Cr_2O_3 maka krom banyak digunakan dalam industri pelapisan logam. Cr (VI), salah satu bentuk krom yang memiliki tingkat toksisitas sangat tinggi pada kondisi asam berada dalam bentuk *dichromate* sedangkan dalam kondisi netral akan berada dalam bentuk *chromate*. Didalam air, kedua bentuk oksida krom ini akan membentuk kesetimbangan ion seperti ditunjukkan oleh persamaan berikut :



Dalam bidang industri, krom diperlukan dalam dua bentuk, yaitu krom murni dan aliansi besi-krom yang disebut ferokromium. Tahap-tahap ekstraksi krom dari bijihnya (*Ahmad H, 1991*) sebagai berikut.

1. Krom (III) diubah menjadi dikromat (VI)

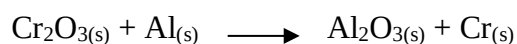


Asam

2. Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III)



3. Reduksi krom (III) oksida dengan Aluminium (reaksi termit)



Pada tahap ini diperoleh krom dengan kemurnian 97- 99%

Krom termasuk logam yang mempunyai daya racun yang tinggi. Daya racunnya ditentukan oleh bilangan oksidasinya. Untuk krom (VI) umumnya memiliki warna kuning merupakan oksidator kuat karena itu sangat berbahaya, beracun dan dapat mengubah struktur sel didalam tubuh. Keracunan oleh krom menyebabkan pembengkakan pada hati, kanker paru-paru (*Huheey, 1986*). Jika kontak dengan kulit menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah (*Khasani 2001*).

Nikel ditemukan oleh Cronstedt pada tahun 1751 dalam mineral yang disebutnya kupfernickel (nikolit). Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri.

Nikel merupakan komponen yang ditemukan banyak dalam meteorit dan menjadi ciri komponen yang membedakan meteorit dari mineral lainnya. Meteorit besi atau siderit, dapat mengandung alloy besi dan nikel berkadar 5-25%. Nikel diperoleh secara komersial dari pentlandit dan pirotit di kawasan Sudbury Ontario, sebuah daerah yang menghasilkan 30% kebutuhan dunia akan nikel. Deposit nikel lainnya ditemukan di Kaledonia Baru, Australia, Cuba, dan Indonesia.

2.4.1. Sifat Fisika dan Kimia Nikel

2.4.1.1 Sifat Fisika Nikel (Ni)

- Logam putih keperak-perakan yang berkilat, keras
- Dapat ditempa dan ditarik
- Feromagnetik
- TL : 1420°C, TD : 2900°C

Nikel berwarna putih keperak-perakan dengan pemolesan tingkat tinggi. Bersifat keras, mudah ditempa, sedikit ferromagnetis, dan merupakan konduktor yang agak baik terhadap panas dan listrik. Nikel tergolong dalam grup logam besi-kobal, yang dapat menghasilkan alloy yang sangat berharga.

2.4.1.2 Sifat Kimia Nikel (Ni)

Pada suhu kamar, reaksi dengan udara lambat

- Jika dibakar, reaksi berlangsung cepat membentuk oksida NiO
- Dengan Cl_2 membentuk Klorida (NiCl_2)
- Dengan steam H_2O membentuk Oksida NiO
- Dengan HCl encer dan asam sulfat encer, reaksi berlangsung lambat
- Tidak beraksi dengan basa alkali
- Bereaksi dengan H_2S menghasilkan endapan hitam dalam larutan akuatik $\text{Ni}[\text{H}_2\text{O}]_6^{2+}$ hijau

2.4.2. Efek Toksik

Nikel adalah logam yang banyak ditemukan di berbagai produk, baik dari HP sampai ke perhiasan dan bahkan ditemukan juga di kepala ikat pinggang, dan logam ini sangat sering menimbulkan radang pada kulit akibat kontak, demikian penelitian yang dilakukan oleh Mayo Clinic di Amerika.

Pada umumnya, orang bisa terpapar Ni di tempat kerja dalam produksi atau proses yang menggunakan bahan Ni atau bisa juga melalui kontak dengan perhiasan yang mengandung Ni, *stainless steel*, serta peralatan masak yang mengandung Ni atau berbahan asam tembakau.

Paparan nikel (Ni) bisa terjadi melalui inhalasi, oral, dan kontak kulit. Reaksi Ni dan karbonmonoksida (CO) menghasilkan nikel karbonil ($\text{Ni}[\text{CO}]_4$) yang bisa terurai menjadi Ni dan CO pada pemanasan 200°C . Proses tersebut merupakan metode yang mudah untuk pemurnian Ni. Nikel karbonil bersifat lebih toksik dan bisa mengganggu kesehatan masyarakat dibandingkan senyawa nikel lainnya dikarenakan nikel karbonil berbentuk cairan yang mudah menguap (*volatile liquid*) dan banyak digunakan dalam berbagai industri sehingga risiko

manusia terkontaminasi nikel karbonil sangat tinggi. Gejala awal dari paparan $\text{Ni}(\text{CO})_4$ berupa sakit kepala, mual, muntah, epigastrik, sakit dada, yang disertai gejala batuk-batuk, hiperpne, sianosis, sakit lambung dan usus, serta keadaan lemah. Gejala-gejala tersebut bisa disertai berbagai gejala demam, leukosistosis, dan pneumonia yang parah, kegagalan pernafasan, kadang-kadang edema serebral, yang kemudian dapat mengakibatkan kematian. Berdasarkan hasil autopsi terhadap korban yang meninggal akibat paparan $\text{Ni}(\text{CO})_4$, diketahui bahwa kadar Ni tertinggi adalah di paru-paru selanjutnya dalam jumlah rendah terdapat di ginjal, hati, dan otak.

Paparan akut Ni dosis tinggi melalui inhalasi bisa mengakibatkan kerusakan berat pada paru-paru dan ginjal serta gangguan gastrointestinal berupa mual, muntah, dan diare. Berdasarkan uji toksisitas akut pada hewan, diketahui bahwa tingkat toksisitas bervariasi dipengaruhi oleh tingkat kelarutan senyawa Ni. Senyawa larut seperti nikel asetat lebih toksik dibandingkan senyawa Ni yang tidak larut, seperti *nickel powder*.

Paparan Ni lewat kulit secara kronis bisa menimbulkan gejala, antara lain dermatitis nikel berupa eksema (kulit kemerahan, gatal) pada jari-jari, tangan, pergelangan tangan, serta lengan. Paparan kronis Ni secara inhalasi bisa mengakibatkan gangguan pada alat pernafasan, berupa asma, penurunan fungsi paru-paru, serta bronkitis.

Paparan inhalasi nikel oksida, nikel subsulfida, nikel sulfat heptahidrat pada hewan uji bisa mengakibatkan munculnya gangguan paru-paru dan gangguan sistem imunitas.

Tingginya kadar Ni dalam jaringan tubuh manusia bisa mengakibatkan munculnya berbagai efek samping, yaitu akumulasi Ni pada kelenjar pituitari yang bisa mengakibatkan depresi sehingga mengurangi sekresi hormon prolaktin di bawah normal. Akumulasi Ni pada pankreas bisa menghambat sekresi hormon insulin.

Konsumsi makanan mengandung Ni 600 mg/hari sudah menunjukkan toksisitas pada manusia (MD'S Choice Inc, 2000).

2.4.3. Penggunaan dalam Bidang Industri

Nikel (Ni) sebagai bahan paduan logam banyak digunakan di berbagai industri logam, berbagai macam baja, serta electroplating. Untuk mandaygunakan karakteristik logam yang kuat, tahan tempa, anti-karat, tahan temperature rendah maupun tinggi, nikel banyak digunakan sebagai campuran baja nirkarat, campuran baja berbasis logam Ni, untuk memproduksi baterai dan katalis, sebagai bahan campuran kawat las *cast iron* (besi tuang) karena Ni memiliki karakteristik *low solubility* pada karbon (C), *nickel screen*, yaitu *screen* pada mesin rotary print dalam industri printing tekstil, berbagai jenis *alloy* nikel, koin, industri *plumbing*, peralatan listrik, dan *stainless stell*.

Berbagai macam industri menggunakan bahan baku Ni atau garam nikel, antara lain industri kimia, industri elektronik, serta industri logam. Berbagai macam jenis produk yang dihasilkan oleh industri logam berbahan baku Ni, antara lain *compact disc* (CD), baterai kering (Ni-MH), pigmen (pewarna) cat, pelapisan permukaan (*plating*) logam/nonlogam, serta bahan magnetik.

2.5 Tembaga (Cu)

Tembaga adalah unsur kimia yang diberi lambang Cu (Latin: Cuprum). Logam ini merupakan penghantar listrik dan panas yang baik. Penggunaan tembaga dapat dilacak sampai 10,000 tahun yang lalu. Sebelum tembaga, diperkirakan hanya besi dan emas, logam yang terlebih dahulu digunakan manusia.

Tembaga ialah logam kemerahan, dengan kekonduksian elektrik dan kekonduksian haba yang tinggi (antara semua logam-logam tulen dalam suhu bilik, hanya perak mempunyai kekonduksian elektrik yang lebih tinggi daripadanya). Apabila dioksidakan, tembaga adalah bes lemah. Tembaga memiliki ciri warnanya itu oleh sebab struktur jalurnya, yaitu memantulkan cahaya merah dan jingga dan menyerap frekuensi-frekuensi lain dalam spektrum tampak. Bandingkan ciri-ciri optik ini dengan ciri-ciri optik perak, emas dan aluminium.

2.5.1 Sifat Fisika dan Kimia Tembaga

2.5.1.1 Sifat Fisika Tembaga (Cu)

- Tembaga merupakan logam yang berwarna kuning kemerahan seperti emas kuning dan keras bila tidak murni.
- Mudah ditempa (liat) dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.
- Konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.
- Titik leleh : 1.083°C , titik didih : 2.301°C
- Berat jenis tembaga sekitar $8,92 \text{ gr/cm}^3$

2.5.1.2 Sifat Kimia Tembaga (Cu)

- Tembaga tidak bereaksi dengan alkali, tetapi larut dalam amonia oleh adanya udara membentuk larutan yang berwarna biru dari kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^+$.
- Tembaga panas dapat bereaksi dengan uap belerang dan halogen. Bereaksi dengan belerang membentuk tembaga(I) sulfida dan tembaga(II) sulfida dan untuk reaksi dengan halogen membentuk tembaga(I) klorida, khusus klor yang menghasilkan tembaga(II) klorida.
- Pada umumnya lapisan Tembaga adalah lapisan dasar yang harus dilapisi lagi dengan Nikel atau crom. Pada prinsipnya ini merupakan proses pengendapan logam secara elektrokimia, digunakan listrik arus searah (DC). Jenis elektrolit yang digunakan adalah tipe alkali dan tipe asam.
- Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, sekitar 1000°C , akan terbentuk tembaga(I) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah.

2.5.2 Efek Toksik

Tembaga (Cu) merupakan unsur yang dibutuhkan dalam jumlah kecil. Apabila jumlah Tembaga (Cu) telah melampaui batas aman, akan muncul toksisitas. Manusia biasanya terpapar Tembaga (Cu) dari tanah, debu, makanan, serta minuman yang tercemar Tembaga (Cu) yang berasal dari pipa bocor pada penambangan Tembaga (Cu) atau industri yang menghasilkan limbah Tembaga (Cu). Kira-kira 75-99% total intake Tembaga (Cu) berasal dari makanan dan minuman. Setiap hari, manusia bisa terpapar Tembaga (Cu) yang antara lain berasal dari peralatan dapur ataupun koin.

Keracunan logam berat bersifat kronis dan dampaknya baru terlihat setelah beberapa tahun. Logam berat bersifat akumulatif didalam tubuh organisme dan konsentrasi mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dalam rantai makanan. Biomagnifikasi berhubungan langsung dengan manusia yang menempati posisi top level dalam rantai makanan karena konsentrasi logam berat yang dikandung dalam makanan manusia telah mengalami peningkatan mulai dari komponen tingkat dasar (produsen). Keracunan kronis Tembaga (Cu) dapat mengurangi umur, menimbulkan berbagai masalah reproduksi dan menurunkan fertilitas.(Widowati, 2008)

2.5.3 Penggunaan dalam Bidang Industri

Dalam industri tembaga mempunyai arti penting:

- Sebagai bahan untuk kabel listrik dan kumparan dinamo
- Sebagai bahan penahan untuk bangunan dan beberapa bagian dari kapal.
- Serbuk tembaga digunakan sebagai katalisator untuk mengoksidasi methanol menjadi metanal.
- Digunakan untuk menambah kekuatan dan kekerasan mata uang dan perkakas – perkakas yang terbuat dari emas dan perak.

- Dalam industri, tembaga banyak digunakan dalam industri cat, industri fungisida serta dapat digunakan sebagai katalis, baterai elektroda, sebagai pencegah pertumbuhan lumut, turunan senyawa – senyawa karbonat banyak digunakan sebagai pigmen dan pewarna kuning.

2.6 Adsorpsi

2.6.1. Proses Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu prosrs pemisahan dimana kmponen dari suatu fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (*adsorben*). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang diserap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorban, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorban adalah merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa silika.

2.6.2 Sifat Adsorpsi

Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing bersifat non polar. Srlain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. Sumber pori berhubungan dengan kuas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan juga diperhatikan.

2.6.3 Macam – Macam Adsorpsi

Adapun dua jenis adsorpsi berdasarkan penyerapannya,yaitu (Kipling, 1965) :

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi jenis ini bersifat reversibel, berlangsung secara cepat dengan penyerapan kalor kecil, interaksi yang dianggap hanya menghasilkan gaya

van der Waals dan terjadi pada semua proses adsorpsi serta berlangsung pada temperatur rendah.

2. Adsorpsi Kimia

Terjadi dalam bentuk reaksi kimia, membutuhkan energi aktivasi. Kalor penyerapan tinggi karena reaksi-reaksi yang membentuk reaksi kimia. Waktu penyerapan lebih lama dari adsorpsi secara fisika dan sulit diregenerasi. Untuk perbedaan adsorpsi fisika dan kimia dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 2. Perbedaan antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia

Adsorpsi Fisik	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya <i>van der Waals</i>	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi ± 4 sampai ± 40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi sekitar ± 40 sampai ± 800 kJ/mol
Membentuk lapisan <i>multilayer</i> di bawah titik didih adsorbat	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Terjadi pada suhu tinggi Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

Sumber : <http://www.scribd.com/doc/42622049/Fenomena-Adsorpsi> 2011

2.6.4 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap, yaitu :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.

2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*)
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya) (Reynolds, 1982).

Operasi dari proses adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Proses adsorpsi dilakukan dalam bentuk bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya berbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur dan di aduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.
2. Proses adsorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penyerap di alirkan air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk bongkahan atau butiran/granular dan proses adsorpsi biasanya terjadi selama air berada di dalam media penyerap (Reynold, 1982).

2.6.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

1. Agitation (pengadukan)

Tingkat adsorpsi dikontrol baik oleh difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem

2. Karakteristik adsorban

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting abu terbang yang mengandung silika sesuai dengan fungsinya sebagai adsorban. Ukuran partikel silika mempunyai tingkat adsorpsi, tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan silika bubuk lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan silika granular. Kapasitas total adsorpsi silika tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel silika tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu silika bentuk bubuk halus dan silika bentuk granular dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang berbeda.

3. Kelarutan Adsorbat

Senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutannya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

4. Ukuran molekul adsorbat

Tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehid atau alkohol naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori cukup besar untuk dilewatkan oleh molekul.

5. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

6. Temperatur

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan peurunan temperatur (Benefield, 1982).

Proses penyerapan dalam adsorpsi dipengaruhi oleh :

1. Bahan penyerap

Bahan yang digunakan untuk menyerap mempunyai kemampuan berbeda-beda, tergantung dari bahan asal dan juga metode aktivasi yang digunakan.

2. Ukuran butiran

Semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar permukaan sehingga dapat menyerap kontaminan makin banyak. Secara umum kecepatan adsorpsi ditunjukkan oleh kecepatan difusi zat terlarut ke dalam pori-pori partikel adsorben. Ukuran partikel yang baik untuk proses penyerapan antara -100 sampai +200 mesh.

3. Derajat keasaman (pH larutan)

Pada pH rendah, ion H^+ akan berkompetisi dengan kontaminan yang akan diserap, sehingga efisiensi penyerapan turun. Proses penyerapan akan berjalan baik bila pH larutan tinggi. Derajat keasaman mempengaruhi

adsorpsi karena pH menentukan tingkat ionisasi dapat diadsorpsi pada pH rendah dan sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi.

4. Waktu serap

Waktu serap yang lama akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang terserap berlangsung dengan baik.

5. Konsentrasi

Pada konsentrasi larutan rendah, jumlah bahan diserap sedikit, sedangkan pada konsentrasi tinggi jumlah bahan yang diserap semakin banyak. Hal ini disebabkan karena kemungkinan frekuensi tumbukan antara partikel semakin besar.

Beberapa adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi penyerapan. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase efisiensi adsorpsi yang tinggi. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{V (C_0 - C)}{m}$$

Efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = volume larutan (L)

C₀ = konsentrasi awal (mg/l)

C = konsentrasi akhir (mg/l)

M = massa (g)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi, yaitu:

1. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10-15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi ukuran pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben

Isoterm Adsorpsi *Freundlich*

Isoterm *freundlich* menggambarkan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm *freundlich* juga mengasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat heterogen. Cara konvensional untuk menyatakan isoterm *freundlich* diberikan persamaan sebagai berikut, (Sawyer dkk, 1994):

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots$$

Dimana: Q_e = jumlah adsorbat pada permukaan (mg/ g)

C_e = konsentrasi *equilibrium* (mg/l)

K_f dan n = konstanta

Konstanta *freundlich* menunjukkan ikatan antara adsorbat dengan adsorben dan diperoleh dengan cara eksperimen. Untuk mendapatkan konstanta dan $1/n$, maka perlu dilakukan linerisasi terhadap persamaan sebagai berikut:

$$\ln (Q_e) = \ln K_f + 1/n \ln C_e \dots\dots\dots$$

Dari data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $\ln (Q_e)$ sebagai sumbu y dan $\ln C$ sebagai sumbu x. Grafik yang diperoleh adalah garis linear dengan *slope* = $1/n$ dan *intercept* = $\ln K_f$ (Sawyer dkk, 1994).

Isoterm Langmuir

Isoterm *langmuir* mendefinisikan bahwa kapasitas adsorben maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat pada permukaan adsorben. Ada empat asumsi dalam isoterm jenis ini, yaitu (Ruthven, 1984):

- Molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi di permukaan adsorben) yang tetap.
- Setiap *site* dapat “memegang” satu molekul adsorbat.
- Semua *site* mempunyai energi yang sama.
- Tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya.

Dalam bentuk yang umum, persamaan isoterm *langmuir* adalah sebagai berikut (Siswoyo, 2014):

$$C_e/q_e = 1/q_e C_e + 1/K_L \cdot q_m \dots\dots\dots$$

Dimana: C_e = konsentrasi *equilibrium* (mg/ l)

Q_e = adsorbat yang terserap pada saat *equilibrium* (mg/g)

K_L = konstanta Langmuir (l/mg)

Q_m = kapasitas adsorpsi

Pada grafik isotherm langmuir dengan $1/Q_e$ sebagai sumbu y dan $1/C_e$ sebagai sumbu x akan diperoleh persamaan garis ($y = bx+a$) yang akan menentukan nilai Q_m dan K_L , dimana Q_m adalah $1/a$ sedangkan K_L adalah nilai b .