

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1997 tentang pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan makhluk hidup. Limbah cair adalah limbah yang berupa cairan yang berasal dari hasil buangan bahan-bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri, domestik (rumah tangga), pertanian serta laboratorium yang tercampur (tersuspensi) dan terlarut di dalam air. Limbah cair disebut juga sebagai pencemar air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik.

Secara umum limbah cair atau air limbah adalah air yang tidak terpakai lagi, yang merupakan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Pada umumnya limbah cair dibuang kedalam tanah, sungai, danau dan laut. Jika jumlah air limbah cair dibuang melebihi kemampuan alam untuk menerima atau menampungnya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan.

Banyaknya limbah cair yang dihasilkan dan kandungan kadar pencemarannya tergantung pada jenis produksi yang dihasilkan, biasanya air limbah mengandung zat-zat atau kontaminan yang dihasilkan dari sisa bahan baku, sisa pelarut atau bahan aditif, produk terbuang. Dampak negatif yang ditimbulkan adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan industri dapat berupa gangguan, kerusakan dan bahaya terhadap keselamatan atau kesehatan masyarakat sekeliling sehingga limbah cair tersebut harus diproses terlebih dahulu sebelum dibuang keperairan bebas.

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan (PP No . 18 Tahun 1999). Limbah yang banyak disoroti adalah limbah industri karena mengandung senyawa pencemaran yang dapat merusak lingkungan hidup. Industri mempunyai potensipembuat pencemaran karena adanya limbah dihasilkan baik dalam bentuk

padat, gas maupun cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik dengan jumlah melebihi batas yang ditentukan (Ginting 2007).

Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan oleh berbagai aktivitas manusia tersebut maka perlu dilakukan pengendalian terhadap pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan, termasuk baku mutu air pada sumber air, baku mutu limbah cair, baku mutu udara ambient, baku mutu udara emisi, dan sebagainya. Baku mutu air pada sumber air adalah batas kadar yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di dalam air, tetapi air tersebut tetap digunakan sesuai dengan kriterianya.

Berdasarkan analisa, limbah cair mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Sifat Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adanya sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai estetika, kejernihan, bau, warna dan temperatur (Hammer, 1975 : 89).

2. Sifat Biologi

Pemeriksaan biologis didalam limbah cair untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri patogen yang ada dalam air limbah, selain itu untuk menafsir tingkat kekotoran limbah cair sebelum dibuang ke Lingkungan. Limbah cair merupakan cairan yang tidak digunakan lagi, tetapi tidak berarti bahwa limbah ini tidak dikelola secara baik karena dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan.

3. Sifat Kimia

Kandungan bahan kimia yang ada didalam limbah cair dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu dapat berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Senyawa nitrogen merupakan senyawa yang menjadi parameter yang perlu diperhatikan dalam limbah cair. Dalam limbah cair itu senyawa nitrogen dapat terurai menjadi ammonia bebas, NH_4 , NH_3 , Nitrit dan Urea.

2.1.1. Limbah laboratorium kimia

Laboratorium adalah suatu bangunan yang di dalamnya dilengkapi dengan peralatan dan bahan-bahan kimia, untuk melakukan percobaan ilmiah, penelitian, praktek pembelajaran, kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi bahan tertentu. Beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium antara lain : pengujian fisika, kimia dan mikrobiologi. Data yang diperoleh dari hasil pengujian harus tertelusur dan absah, sehingga dapat digunakan sebagai: 1) dasar untuk mengambil keputusan kebijakan dan perencanaan dalam pengelolaan lingkungan hidup; 2) petunjuk indikasi adanya pencemaran lingkungan dan 3) sebagai alat bukti penting dalam penegakan hukum lingkungan.

Kegiatan pengujian di laboratorium yang dimulai dari persiapan contoh uji sampai dengan pengujian, akan membutuhkan bahan-bahan kimia yang bersifat asam, basa, organik dan anorganik, yang kemungkinan termasuk dalam kategori bahan berbahaya dan beracun. Dengan demikian limbah cair yang dihasilkan dari proses tersebut juga akan mengandung bahan berbahaya dan beracun.

Limbah cair laboratorium dapat berasal dari sisa – sisa sampel, sisa pelarut, dan bekas cucian alat-alat gelas. Karakteristik limbah cair laboratorium tersebut, karena sifat, konsentrasi dan kuantitasnya, maka dapat dikategorikan sebagai limbah cair bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah B3 tersebut apabila tidak dikelola dengan benar, dapat mencemari dan merusak lingkungan hidup, serta membahayakan kesehatan dan kelangsungan makhluk hidup.

2.1.2. Teknik Pengolahan Air Limbah

Teknologi pengolahan air limbah merupakan salah satu teknik untuk menurunkan tingkat pencemaran dan bahaya dari air limbah bagi lingkungan dan manusia. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk mengurangi bahan polutan didalamnya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Pengolahan air limbah yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 teknik pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Untuk mengolah suatu jenis air limbah

tertentu, ketiga teknik pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri, kombinasi dari dua teknik atau ketiganya.

a. Pengolahan Secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air limbah, bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Terdapat 5 cara untuk melakukan pemisahan bahan-bahan cemaran tersebut dalam air limbah yaitu dengan penyaringan, presipitasi, flotasi, filtrasi disentrifugasi. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Sedangkan bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan.

Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap. Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

Proses filtrasi di dalam pengolahan air limbah, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses reverse osmosisnya, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa. Proses adsorpsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air limbah tersebut. Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah dengan biaya instalasi dan operasinya sangat mahal.

b. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan penambahan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksiapatit. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air dan gt; 10,5 dan untuk hidroksiapatit pada pH dan gt; 9,5. Khusus untuk krom heksavalen, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida $[\text{Cr}(\text{OH})_3]$, terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan reduktor (FeSO_4 , SO_2 , atau $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor (Cl_2), kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida. Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia.

c. Pengolahan Secara Biologi

Semua air limbah yang mengandung bahan organik dapat diolah secara biologi (*biodegradable*). Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi banyak diterapkan karena merupakan pengolahan yang murah, efisien dan lebih ramah lingkungan. Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1. Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*)
2. Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reactor*)

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: *oxidation ditch* dan kontak stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, *oxidation ditch* mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85%-90% (dibandingkan 80%-85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90%-95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4-6 jam).

Proses kontak stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorpsi didalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan. Kolam oksidasi dan lagoon, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi.

Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam lagoon yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluen yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Didalam lagoon yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja. Didalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya.

Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain trickling filter, cakram biologi, filter terendam dan reaktor fludisasi seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90%. Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen
2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air limbah tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4.000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis.

2.1.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat maupun tidak dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts dan Sumestri,1984).

Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L.

Kadar COD dalam air limbah akan diserap karbon aktif yang mempunyai suatu gaya gabung dengan bahan organik, hal tersebut dapat digunakan untuk meremoval bahan kontaminan organik dari air limbah (Cheremisionoff,1978).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya arang kayu, tempurung kelapa dan sebagainya. Karbon aktif merupakan sejenis *adsorbent* (penyerap), berwarna hitam, berbentuk granular, bulat, pellet ataupun bubuk.

Karbon aktif dipakai dalam proses pemurnian udara, gas dan larutan atau cairan, dalam proses *recovery* suatu logam dari biji logamnya, dan juga dipakai sebagai katalis. Dipakai juga dalam pemurnian gas dan udara, *safety mask* dan respirator, *adsorbent foams*, industri nuklir, *electroplating solutions*, deklorinasi, penyerap rasa dan bau dari air, *cigarette filter*, dan juga penghilang senyawa-senyawa organik dalam air.

Karbon aktif biasanya dibuat dari *petroleum coke*, serbuk gergaji, batubara, kayu, tempurung kelapa, dan biji buah-buahan. Semuanya itu ada kalanya dapat langsung diproses sebagai karbon aktif dan ada pula yang melalui proses aktivasi. Karbon aktif yang berasal dari serbuk gergaji dan lignit mempunyai struktur yang rapuh dan berbentuk bubuk. Sedangkan karbon aktif yang berbentuk granula, keras,

dan dipakai sebagai pengadsorpsi vapor biasanya berasal dari tempurung kelapa, biji buah-buahan, atau briket batubara. Sedangkan sifat fisik yang paling penting adalah luas permukaannya. Banyak cara untuk mengaktifkan karbon, yang paling umum adalah dengan memakai gas pengoksidasi seperti udara, steam, atau karbondioksida (CO_2), dan karbonasi bahan baku dengan memakai *chemical agent* seperti Seng Klorida.

Setelah karbon aktif terpakai dan telah jenuh (dengan warna), maka zat-zat penyebab jenuh tersebut dapat *disteaming*, dikondensasi, *direcovery* (bila diperlukan), dan dihilangkan (bila tidak diinginkan), sehingga karbon aktif siap digunakan kembali. Perlakuan ini disebut regenerasi. Karbon merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

Karbon selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Karbon yang demikian disebut sebagai karbon aktif.

Karbon aktif adalah nama dagang untuk karbon yang mempunyai porositas tinggi, dibuat dari bahan baku yang mengandung zat karbon. Memiliki permukaan dalam besar mencapai $400\text{-}1600\text{ m}^2/\text{g}$ karbon aktif dan memiliki volume pori-pori besar lebih dari $30\text{ cm}^3/100\text{ g}$. Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki luas permukaan seluas $500\text{-}1500\text{ m}^2$, sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran $0.01\text{-}0.0000001\text{ mm}$.

Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif tersebut menjadi jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu biasanya karbon aktif di kemas

dalam kemasan yang kedap udara. Sampai tahap tertentu beberapa jenis karbon aktif dapat direaktivasi, meskipun demikian tidak karbon yang disarankan untuk sekali pakai. Reaktivasi karbon aktif sangat tergantung dari metode aktivasi sebelumnya, oleh karena itu perlu diperhatikan keterangan pada kemasan produk tersebut. Karbon aktif tersedia dalam berbagai bentuk misalnya *gravel*, pelet (0.8-5 mm) lembaran fiber, bubuk (PAC : *Powder Active Carbon*, 0.18 mm atau US mesh 80) dan butiran-butiran kecil (GAC : *Granular Active Carbon*, 0.2-5 mm) dsb. Serbuk karbon aktif PAC lebih mudah digunakan dalam pengolahan air dengan sistem pembubuhan yang sederhana. Serbuk (*powder*) Butiran (*granule*) Bongkahan (*gravel*) Pelet.

Karbon aktif adalah bentuk umum untuk senyawa berbahan dasar karbon yang telah diolah, sehingga menghasilkan derajat porositas tinggi. Karbon atau karbon aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa, dan sebagainya. Karbon aktif serbuk mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena butiran yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon aktif mengendap bersama lumpur yang berbentuk.
4. Kemungkinan tumbuh mikroorganisme kecil.

Kekurangannya adalah :

1. Cara penanganan karbon aktif, karena berbentuk serbuk yang sangat halus, kemungkinan mudah terbang terbawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena tercampur dengan lumpur maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.
3. Kemungkinan terjadi penyumbatan lebih besar karena karbon bercampur dengan lumpur.

Keuntungan pemakaian karbon aktif *granular* ialah :

1. Pengoperasian mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbonnya lebih besar.
3. Karbon tidak tercampur dengan lumpur sehingga dapat diregenerasi

Kerugian karbon aktif *granular* antara lain :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak persatuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

2.2.1 Tipe Karbon Aktif

Karbon aktif dibagi atas 2 tipe yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap.

a. Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Sebagai pemucat biasanya berbentuk serbuk yang sangat halus dengan diameter pori mencapai 1.000 Å°, dengan ukuran 0,18 mm atau US *mesh* 80 atau lebih kecil dari 200 *mesh* yang digunakan dalam fase cair. Umumnya berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan dan membebaskan pelarut dan zat-zat pengganggu serta kegunaan yang lainnya pada industri kimia. Karbon aktif ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.

Karbon aktif ini berbentuk serbuk, luas permukaannya lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif butiran, sehingga kecepatan adsorbsinya juga menjadi lebih besar. Karbon aktif serbuk dapat digunakan secara langsung pada proses fisik dan kimia. Setelah beberapa lama terjadi kontak maka karbon akan mengendap pada dasar bak pengolahan. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan, Misalnya untuk menghilangkan warna (*decolorisasi*), sedangkan karbon bentuk *granular* digunakan untuk adsorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas.

b. Karbon Aktif Sebagai Penyerap Uap

Biasanya berbentuk *granular pellet* yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å. Tipe porinya lebih halus dan digunakan dalam fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut atau katalis pada pemisahan dan pemurnian gas. Umumnya karbon aktif ini diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batubara atau bahan baku yang mempunyai struktur keras.

Karbon aktif berbentuk *granular* ini kecepatan adsorpsinya lebih kecil dibandingkan dengan karbon aktif berbentuk serbuk karena luas permukaan totalnya lebih sedikit dibandingkan karbon aktif berbentuk serbuk, dimana luas permukaan total akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Karbon aktif berbentuk granular dipakai untuk memisahkan kontaminan dalam air buangan seperti fenol, insektisida, deterjen, warna dan logam berat lainnya. Adsorpsi menggunakan karbon aktif butiran (*granular*) dapat menggunakan *system batch*, *column* atau *fluideized bed*. Sistem kontak yang umum digunakan adalah *fixed bed* atau *concurrent moving bed*.

2.2.2 Sifat-Sifat yang Mempengaruhi Karbon Aktif

a) Luas Permukaan

Semakin luas permukaan karbon aktif maka akan semakin meningkatkan daya serap karbon aktif tersebut. (Krik, 1964)

b) Porositas (*Porosity*)

Selama proses aktivasi jarak antara elemen-elemen kristal menjadi jelas dengan komponen yang memiliki karbon akan terpisah dan komponen non organik seperti membentuk struktur grafit dan jarak ini membentuk suatu ruang yang disebut pori. Proses aktivasi sangat menentukan total permukaan penyerapan dan menjadi penentu seberapa besar kapasitas penyerapan tersebut.

Karbon aktif mempunyai pori-pori yang terdiri dari beberapa kelompok, umumnya terdapat dua jenis pori yaitu mikropori dan makropori. Namun kedua kelompok ini agaknya kurang mewakili klasifikasi sebenarnya maka mengklasifikasikannya menjadi tiga yaitu mikropori, pori transisi dan makropori. Tiga tipe pori-pori tersebut dikarakteristikan sebagai berikut: Struktur karbon

aktif biasanya terdiri dari ketiga pori-pori di atas seperti pori makro, pori transisi dan pori mikro.

Hal tersebut terjadi pada masa penambahan pori-pori baru, dimana pori-pori yang telah ada mengalami peningkatan ukuran. Ketiga pori-pori tersebut memiliki fungsi masing-masing pada proses penyerapan oleh karbon aktif. Pori makro berfungsi sebagai penangkap molekul-molekul yang tertarik kedalamnya, membuat molekul-molekul tersebut mengalir deras menuju pori yang lebih kecil yaitu pori transisi, di transisi berfungsi sebagai penyedia jalan yang sempit bagi adsorbat menuju pori mikro. Pori mikro memiliki peranan paling besar dalam proses penyerapan, hal ini mengingat luas permukaan yang sangat besar dan juga volume yang sangat tinggi. (Krik,1978).

2.2.3 Struktur Karbon Aktif

Arang aktif mempunyai struktur berupa jaringan berpilin dari lapisan-lapisan karbon yang tidak sempurna, yang dihubungkan silangkan oleh suatu jembatan alifatik. Menurut Kyotani (2000) didalam Modi Lempang, (2009:20), luas permukaan, dimensi dan distribusi atom-atom karbon penyusun struktur arang aktif sangat tergantung pada bahan baku, kondisi karbonasi dan proses aktivasinya.

Susunan atom-atom karbon pada arang aktif mirip susunan atom-atom karbon dalam grafit, yang terdiri atas pelat-pelat datar. Atom-atom karbon penyusun struktur grafit terikat secara kovalen di dalam suatu kisi heksagonal dengan susunan paralel. Penelitian dengan sinar X memperlihatkan bahwa cincin-cincin enam atom karbon dengan susunan karbon yang teratur dan membentuk pelat-pelat. Pelat-pelat karbon heksagonal dalam struktur grafit terorientasi tegak lurus terhadap sumbunya.

Sedangkan struktur arang aktif berbeda dengan struktur grafit, karena pelat-pelat karbon heksagonal dalam struktur arang aktif tidak terorientasi sempurna terhadap sumbunya. Perbedaan ini berpengaruh pada besar kecilnya derajat kristalinitas, sehingga pelat-pelat tersebut bertumpuk satu sama lain secara tidak beraturan membentuk kristalit. Besar kecilnya ukuran pori dari kristalit-kristalit

arang aktif selain tergantung pada suhu karbonisasi juga bahan baku yang digunakan. Ukuran porinya dapat berkisar antara 10 Å sampai lebih besar dari 250Å

Besarnya ukuran pori ke dalam tiga katagori yaitu :

1. Makropori yang berukuran diameter lebih besar dari 250 Å dengan volume sebanyak 0,8 ml/g dan permukaan spesifik antara 0,5 - 2 m²/g.
2. Mesopori yang berukuran diameter berkisar antara 50 - 250 Å dengan volume 0,1 ml/g dan permukaan spesifik antara 20 - 70 m²/g.
3. Mikropori yang berukuran diameter lebih kecil dari 50 Å dan terdiri dari 3 bagian yaitu :
 - a. Maksi mikropori (diameter antara 25-50 Å), dapat digunakan untuk menyerap pigmen tanaman dan sangat baik untuk adsorpsi molase.
 - b. Mesi mikropori (diameter antara 15-25 Å) yang sangat baik untuk menyerap zat warna terutama metilen biru.
 - c. Mini mikropori (diameter lebih kecil dari 15 Å) yang dapat digunakan dengan baik untuk penyerapan yodium dan fenol.

Distribusi ukuran pori merupakan parameter yang penting dalam hal kemampuan daya serap arang aktif terhadap molekul yang ukurannya bervariasi. Disamping distribusi pori, bentuk pori merupakan parameter yang khusus untuk daya serap arang aktif yang terjadi. Pori-pori dengan bentuk silinder lebih mudah tertutup yang menyebabkan tidak aktifnya bagian permukaan dari arang aktif tersebut. Bila arang aktif digunakan untuk penjernihan air, lebih banyak dibutuhkan pori-pori yang terbuka karena air sebagian besar mengandung macam macam partikel.

2.2.4 Kualitas Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif dipengaruhi oleh jenis bahan baku. Bahan baku yang keras mempunyai berat jenis tinggi sehingga akan menghasilkan daya serap yang tinggi dibandingkan dengan bahan baku yang ringan dan mempunyai berat jenis rendah. Berikut ini merupakan tabel 2.1 dan table 2.2 yang menunjukkan persyaratan mutu dari karbon aktif .

Tabel 2.1 Syarat mutu karbon aktif (SII. 0258-88)

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Padatan
Kadar Air	%	max 4,5	Max 10
Kadar Abu	%	Max 2,5	Max 10
Daya Serap terhadap larutan I2	mg/gram	Min 750	Min 750
daya serap terhadap benzene	ml/gram	Min 25	-
daya serap terhadap methylene blue	ml/gram	Min 60	Min 120
lolos ukuran mesh 325	%	-	Min 90

Sumber: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1997

Tabel 2.2 Persyaratan arang aktif (SNI) 06 - 3730 1995

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Max 15%
Kadar Abu	Max 10%
Kadar zat menguap	Max 25%
Kadar karbon terikat	Min 65%
Daya serap terhadap Iodine	Min 750 mg/g
Daya serap terhadap benzene	Min 25%

Sumber: Dewan Standarisasi Nasional, 1995

2.2.5 Daya Serap

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan. Penyerapan zat terlarut oleh zat padat bersifat selektif yaitu yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Telah diketahui, bahwa beberapa jenis karbon dapat menyerap sejumlah gas tertentu atau menyerap zat-zat warna dan larutan. Peristiwa penyerapan ini disebut adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap. Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul dipermukaan adsorben. Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan didalam suatu hamparan tetap, lalu fluida dialirkan melalui hamparan itu sampai zat padat itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung. Kemudian aliran tersebut dipindahkan ke hamparan kedua sampai adsorben jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi.

Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan absorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel itu. Oleh karena itu pori-pori itu biasanya sangat kecil sehingga luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dan permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat dan pada molekul-molekul lainnya. Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau absorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dan fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni.

2.2.6 Pemakaian Karbon Aktif

1. Recovery of Solvent

Digunakan untuk memurnikan pelarut sehingga bisa digunakan kembali, biasanya pelarut tersebut merupakan pelarut yang mahal dan dibutuhkan dalam jumlah banyak, seperti: pemisahan larutan alkohol dan proses pembuatan selulosa, benzena dan proses ekstraksi dan ester dan pembuatan plastik.

2. Deodorization of Air

Berbagai proses di industri banyak menghasilkan buangan gas yang berbau tak sedap, berbagai metode dipakai untuk mengembalikan udara yang bersih ke atmosfer agar tidak mencemari lingkungan, dalam kaitannya dengan fungsi karbon aktif maka dipakailah metode resirkulasi udara setelah udara ini disaring melalui filter yang berupa karbon aktif.

1. Respirator

Karena fungsinya sebagai penyerap gas adsorben sangatlah efektif maka karbon aktif juga digunakan sebagai penyaring gas pada masker gas yang biasa dipakai pada saat perang dunia, namun kini juga telah banyak digunakan di laboratorium-laboratorium kimia.

2. Industri Gula

Di industri gula karbon aktif digunakan untuk menghilangkan warna dan kotoran dalam larutan gula, sehingga dapat menghasilkan kristal-kristal gula yang berwarna putih.

3. Pengolahan Air Minum

Air minum yang dihasilkan dari sumber air bersih masih sering mengandung rasa dan bau yang tidak diinginkan. Untuk itu digunakan karbon aktif sehingga bau dan rasa yang masih terkandung didalam air tersebut dapat dihilangkan.

4. Industri Kimia dan Farmasi

Karbon aktif digunakan untuk memurnikan bahan kimia seperti asam nitrat, *penicilin*, *streptomycin*, dan bahan kimia lainnya. Karbon aktif akan menyerap bahan atau zat asing dan larutan dan penambahan karbon aktif ini dilakukan sebelum terjadi pengkristalan sehingga akan menghasilkan kristal yang murni dan baik bentuknya. Karbon aktif merupakan bahan yang multifungsi dimana hampir sebagian semua telah dipakai penggunaannya oleh berbagai macam jenis industri.

Karbon aktif sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintetis, tapi karbon aktif juga efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti radon-222, merkuri, dan logam beracun lainnya (Ronald L,1997).

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon (Cheremisinoff, 1978). Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas karbon aktif dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan.

Ukuran partikel tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan total sebagian besar meliputi pori-pori partikel karbon. Struktur pori-pori karbon aktif mempengaruhi perbandingan antara luas permukaan dan ukuran partikel. Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk di adsorpsi. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam micropore sehingga

membuat area permukaan yang tersedia untuk mengadsorpsi menjadi sia-sia. Karena bentuk molekul yang tidak beraturan dan pergerakan molekul yang konstan, pada umumnya molekul yang lebih kecil dapat menembus kapiler yang ukurannya lebih kecil juga.

Karena adsorpsi merupakan proses masuknya molekul ke dalam pori-pori, menyebabkan proses adsorpsi karbon bergantung pada karakteristik fisik karbon aktif dan ukuran molekul adsorbat (Cheremisinoff, 1978).

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang terjadi pada permukaan suatu zat padat yang berkontak dengan suatu larutan dimana terjadi akumulasi molekul-molekul larutan pada permukaan zat padat tersebut.

Makin rendah kelarutan suatu zat organik di dalam air, makin mudah diadsorpsi dari larutannya. Hal yang sama, makin kurang polar suatu senyawa organik makin baik teradsorpsi dari larutan yang bersifat polar ke permukaan yang non polar.

Adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen tertentu dan suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap. Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik molekul - molekul di permukaan adsorben. Biasanya partikel - partikel kecil zat penyerap ditempatkan di dalam suatu hampan tetap, dan fluida dialirkan melalui hampan itu sampai zat padat itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung. Aliran itu lalu dipindahkan ke hampan kedua sampai adsorbat jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi.

Kebanyakan zat pengadsorben adalah bahan - bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding - dinding pori atau pada letak - letak tertentu didalam partikel itu. Oleh karena pori - pori itu biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dan permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan molekul atau karena perbedaan polaritas

menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul - molekul lainnya.

Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dan fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni (McCabe, 1999). Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan karbon aktif bersifat non polar.

Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap.

Proses adsorpsi dapat dinyatakan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat akibat ikatan kimia dan fisika. Mekanisme adsorpsi dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya intramolekular. Gaya intermolekular adalah gaya tarik menarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri sedangkan gaya intramolekular adalah gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul permukaan padatan. Di dalam adsorpsi fisika, adsorbat ditahan pada bagian permukaan karbon karena adanya fluktuasi distribusi muatan listrik yang lemah.

Adsorpsi fisika ini dapat berlangsung di bawah temperatur kritis adsorbat yang relatif rendah. Jenis adsorpsi ini umumnya adalah lapisan ganda (*multilayer*) dimana tiap lapisan molekul yang terbentuk di atas lapisan-lapisan yang proporsional dengan konsentrasi kontaminan. Makin besar konsentrasi kontaminan

dalam suatu larutan maka makin banyak lapisan molekul yang terbentuk pada adsorben.

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi jenis ini merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer. Yang paling penting dalam adsorpsi kimia adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer. Pendekatannya adalah dengan menentukan kondisi reaksi sehingga hanya adsorpsi kimia yang terbentuk dan hanya terbentuk monolayer.

Adsorpsi kimia bersifat tidak reversibel dan umumnya terjadi pada temperatur tinggi di atas temperatur kritis adsorbat sehingga panas adsorpsi yang dilepaskan juga tinggi. Sedangkan untuk mencapai terjadinya peristiwa desorpsi dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Beberapa faktor yang mempengaruhi mekanisme daya serap adsorpsi, yaitu:

1. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dan struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dan senyawa serapan.

2. Temperatur

Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk

senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih rendah.

3. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya semakin besar ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lambat.

4. pH (Derajat Keasaman).

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral, ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Singgung

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis karbon aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.3.1 Laju Adsorpsi

Laju reaksi kimia merupakan laju penurunan konsentrasi pereaksi atau peningkatan konsentrasi hasil reaksi per satuan waktu. Laju reaksi akan menentukan ukuran keaktifan dan kestabilan yang diberikan oleh sistem. Jumlah variabel yang diamati mempengaruhi laju reaksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju adsorpsi yaitu:

- 1) Konsentrasi reaktan, produk dan katalis.
- 2) Faktor lingkungan seperti suhu, tekanan, dan oksigen.
- 3) Panjang gelombang dan intensitas cahaya, dan
- 4) Faktor fisik seperti viskositas (Petrucchi, 1992).

Menurut Suhartono (1987), untuk menilai suatu reaksi maka tingkat energi reaktan harus terlebih dahulu dinaikan sehingga mencapai tingkat energi yang aktif. Energi yang digunakan untuk meningkatkan tingkat energi disebut energi aktivasi (E_a). Nilai E_a dapat dijadikan parameter besarnya ketergantungan laju reaksi terhadap suhu. Semakin kecil ukuran partikel karbon aktif semakin tinggi nilai E_a , maka semakin besar laju reaksi. Selanjutnya energi aktivasi (E_a) diartikan sebagai energi penghalang yang harus dilalui reaksi untuk menjadi suatu produk. Semakin besar penghalang, semakin sedikit tumbukan antar molekul yang membutuhkan energi cukup untuk melaluinya. Nilai E_a yang besar menyebabkan nilai k kecil dan reaksi berjalan lambat, demikian pula sebaliknya. Semakin besar ukuran partikel karbon aktif menyebabkan lebih banyak energi yang dibutuhkan.

Laju reaksi berkaitan erat dengan terjadinya reaksi kimia dari suatu zat dalam membentuk hasil reaksi. Reaksi kimia terjadi sebagai akibat adanya tumbukan antara molekul-molekul dari zat yang bereaksi. Akan tetapi akibat adanya distribusi energi kinetik molekul-molekul yang bertumbukan, maka hanya sebagian tumbukan molekul-molekul yang efektif yang menghasilkan reaksi.

Hal ini kemudian menunjukkan adanya suatu energi yang harus dimiliki oleh molekul sehingga mampu bereaksi. Energi tersebut adalah energi aktivasi. Hanya sebagian molekul-molekul atau fraksi molekul yang teraktifkan, yaitu molekul-molekul yang memiliki energi kinetik melebihi energi aktivasi, yang dapat menghasilkan tumbukan yang efektif sehingga mampu bereaksi. Semakin tinggi nilai energi aktivasi, semakin kecil fraksi molekul yang teraktifkan dan semakin lambat reaksi berlangsung. Selain itu, tumbukan molekul yang menghasilkan reaksi juga tergantung dari orientasi molekul tersebut. Oleh karena itu, laju reaksi dipengaruhi oleh fraksi molekul yang teraktifkan dan orientasi dari molekul tersebut (Petrucchi, 1992; Saeni, 1989).

2.3.2 Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia-fisika antara substansi dengan penyerapnya. Proses perlekatan dapat saja terjadi antara cairan dan gas, padatan, atau cairan lain.

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya ikatan Van der Waals, dan bila ikatan tarik antar molekul zat terlarut dengan zat penyerapnya lebih besar dari ikatan antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut akan dapat diadsorpsi (Reynold, 1982). Sedangkan adsorpsi kimia merupakan hasil dari reaksi kimia antara molekul adsorbat dan adsorben dimana terjadi pertukaran elektron (Benefield, 1982).

Adsorpsi terhadap air buangan mempunyai tahapan proses seperti berikut (Benefield, 1982):

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorban (proses *pore diffusion*)
4. Adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorben.

2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi adalah agitasi, karakteristik karbon aktif, ukuran molekul adsorbat, pH larutan, temperatur dan waktu kontak (Benefield, 1982).

1. Agitasi

Jika agitasi yang terjadi antara partikel karbon dengan cairan relatif kecil, permukaan film dari liquid sekitar partikel akan menjadi tebal dan difusi film akan terbatas.

2. Karakteristik karbon Aktif

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik terpenting dari karbon aktif sebagai adsorban. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi yang terjadi tingkat adsorpsi meningkat seiring mengecilnya ukuran partikel. Tingkat adsorpsi untuk karbon aktif powder lebih cepat dari pada granular. Total kapasitas adsorpsi tergantung pada total luas permukaan dimana ukuran partikel karbon tidak berpengaruh besar pada total luas permukaan karbon.

3. Ukuran molekul Adsorbat

Ukuran molekul merupakan bagian yang penting dalam adsorpsi karena molekul harus memasuki micropore dari partikel karbon untuk diadsorpsi. Tingkat adsorpsi biasanya meningkat seiring dengan semakin besarnya ukuran molekul dari adsorbat.

Kebanyakan limbah terdiri dari bahan-bahan campuran sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalan masuknya molekul yang lebih kecil. Beberapa pengaruh yang dapat menghambat proses adsorpsi :

1. pH

pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan mudah pada pH rendah, Sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. Pada umumnya adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat seiring dengan menurunnya pH (Culp, RL dan Culp, GL, 1986).

Pada pH rendah, jumlah ion H^+ lebih besar dimana ion H^+ tersebut akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada pH tinggi, jumlah ion OH^- berlimpah, sehingga menyebabkan

proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalang (RaniSahu, [www .GIS development.net](http://www.GISdevelopment.net)). pH optimum untuk proses adsorpsi harus didapat dari tes laboratorium.

2. Suhu

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu.

3. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.