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 organic dan bahan buangan anorganik.

Secara umum limbah cair adalah limbah 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 mayarakat 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 seblum 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.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

2.2. Teknik Pengolahan Limbah cair

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, dan 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.

Presipitasi merupakan pengurangan bahan-bahan terlarut (kebanyakan bahan anorganik) dengan cara penambahan bahan-bahan kimia terlarut yang menyebabkan terbentuknya padatan-padatan (flok dan Lumpur).

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 adsorbsi atau proses reverse osmosisnya, akan dilaksanakan

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorbsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa.

a. 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 [$Cr(OH)_3$], terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan reduktor ($FeSO_4$, SO_2, atau $Na_2S_2O_5$).

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.

b. Pengolahan Secara Biologi

Semua air limbah yang mengandung bahan organik dapat diolah secara biologi (*biodegradation*). Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi banyak diterapkan karena merupakan pengolahan yang murah, efisien dan lebih

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 absorbsi 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 filmuntuk melekatkan dirinya.

Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain trickling filter, cakram biologi, filter terendam dan reactor 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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.

2.3 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 pada karbon aktif mempunyai suatu gaya gabung dengan bahan organik, hal tersebut dapat digunakan untuk meremoval bahan kontaminan organik dari air limbah (Cheremisionoff,1978). Tabel 2. berikut menunjukkan parameter standar kualitas air limbah nasional.

2.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Kekeruhan air yang disebabkan oleh zat yang tersuspensi , baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Kandungan padatan tersuspensi yang terlarutdi dalam air dapat ditentukan seberapa jauh tingkat kekeruhan air lingkungan dapat dilakukan dengan pengujian TSS.

Total Solid Suspended (TSS) merupakan zat-zat padat yang berada dalam suspense, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa. TSS yaitu jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 µm. Dimana membran berfungsi memisahkan

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran yang lebih kecil.

Tabel 1 Parameter standar kualitas air limbah nasional

PARAMETER	SATUAN	I	II	III	IV
	MUTU AIR	BAIK	SEDANG	KURANG	KURANG SEKALI
pH		6 - 9	5 - 9	4,5 - 9,5	4,0 - 10
Besi (Fe)	mg/1	5	7	9	10
Mangan (Mn)	mg/1	0,5	1	3	5
Tembaga (Cu)	mg/1	0,5	2	3	5
Seng (Zn)	mg/1	5	7	10	15
Krom heksavalen (Cr(VI))	mg/1	0,1	1	3	5
Kadmium (Cd)	mg/1	0,01	0,1	0,5	1
Raksa Total (Hg)	mg/1	0,005	0,01	0,05	0,1
Timbal (pb)	mg/1	0,1	0,5	1	5
Arsen (As)	mg/1	0,05	0,3	0,7	1
Salenium (Se)	mg/1	0,01	0,05	0,5	1
Sianida (CN)	mg/1	0,02	0,05	0,5	1
Sulfida (S)	mg/1	0,01	0,05	0,1	1
Fluorida (F)	mg/1	1,5	2	3	5
Klor aktif (Cl_2)	mg/1	1	2	3	5
Klorida (Cl)	mg/1	600	1000	1500	2000
Sulfat (SO4)	mg/1	400	600	800	1000
N - Kjeldahl (N)	mg/1	7	-	-	80
Amoniak Bebas (NH3-N)	mg/1	0,5	1	2	5
Nitrat (NO3-N)	mg/1	10	20	30	50
Nitrit (NO2-N)	mg/1	1	2	3	5
Kebutuhan Oksigen (BOD)	mg/1	20	100	300	500
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/1	40	200	500	1000

Sumber : Standar air di M.E.E., Official Journal of the EEC, No. C 214/6 s/d 11, 18/9/75 Directives.

Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air. Padatan ini terdiri dari partikel-partikel yang ukurannya maupun beratnya lebih kecil dari pada

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dan kikisan tanah yang disebabkan terjadinya erosi tanah.

2.5 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 kalapa, 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 pengadsorbsi 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 di*steaming*, dikondensasi, di*recovery* (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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 400-1600 m^2/g karbon aktif dan memiliki volume pori-pori besar lebih dari 30 $cm^3/100$ g. Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki luas permukaan seluas 500-1500 m^2, sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0.0000001 mm.

Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif tersebut manjadi 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. Reaktifasi 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

karbon aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dan material yang mengandung karbon rnisalnya 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.

2.5.1 Tipe Karbon Aktif

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

a. Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Sebagai pemucat biasanya berbentuk serbuk yang sangat halus dengan diameter pori mencapai 1.000 A°, 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 penganggu serta kegunaan yang lainnya pada industri kimia. Karbon aktif ini diperoleh dari serbuk-serbuk

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 adsorbsi dalam larutan, Misalnya untuk menghilangkan warna (*declorisasi*), sedangkan karbon bentuk *granular* digunakan untuk adsorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas.

b. Karbon Aktif Sebagai Penyerap Air

Biasanya berbentuk *granular pellet* yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å. Tipe porinya lebih halus dan digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut atau katalis pada pemisahan dan pemurnian air. 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 *fluideizet bed*. Sistem kontak yang umum digunakan adalah *fixed bed* atau *contercurrent moving bed*.

2.5.2 Sifat-Sifat yang Mempengaruhi Daya Serap Karbon Aktif

a) Luas Permukaan

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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 dan beberapa kelompok, umumnya terdapat dua jenis pori yaitu mikropori dan makroroni. Namun kedua kelompok ini agaknya kurang mewakili klasifikasi sebenarnya maka mengklasifikasikanya menjadi tiga yaitu mikropori, pori transisi dan makropori. Tiga tipe pori-pori tersebut dikarekteristikkan sebagai berikut: Struktur karbon aktif biasanya terdiri dari ketiga pori-pori di atas seperti pori makro, pori transisi dan poni 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 pan 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).

2.5.3 Struktur Karbon Aktif

Arang aktif mempunyai struktur berupa jaringan berpilin dari lapisan-lapisan karbon yang tidak sempurna, yang dihubung 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.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 adsorbsi 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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.

2.5.4 Kualitas Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif dipegaruhi 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 yang menunjukkan persyaratan mutu dari karbon aktif .

Tabel 2 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 3 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 benzena	Min 25%

Sumber: Dewan Standarisasi Nasional, 1995

2.5.5 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

beberapa jenis karbon dapat menyerap sejumlah gas tertentu atau menyerap zat-zat warna dan larutan. Peristiwa penyerapan ini disebut adsorbsi. Adsorbsi merupakan proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap.

Peristiwa adsorbsi 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 sarnpai adsorben jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi.

Kebanyakan zat pengadsorbsi 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 diadsorbsi atau absorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dan fluida tanpa terlalu banyak adsorbsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kernudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni.

2.5.6 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*

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

Berbagai proses di industri banyak menghasilkan buangan gas yang berbau tak sedap, berbagai metode dipakai untuk mengembalikan udara yang bersih ke atmosfir 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.

3. 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.

4. Industri Gula

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

5. Pengolahan Air Minum

Air minum yang dihasilkan dan 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.

6. Industri Kimia dan Farmasi

Karbon aktif digunakan untuk memurnikan bahan kimia seperti asam nitrat, *penicilin*, *streptomecin*, dan bahan kimia lainnya. Karbon aktif akan nenyerap 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).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 mengadsorp 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).

2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana suatu partikel menempel pada suatu permukaan akibat adanya perbedaan muatan lemah diantara kedua benda.

Adsorpsi adalah proses yang terjadi pada permukaan zat padat yang berkontak dengan suatu larutan dimana terjadi akumulasi molekul-molekul larutan pada permukaan zat padat tersebut. Absorpsi adalah suatu proses pemisahan suatu komponen fluida dari campurannya dengan menggunakan solven atau fluida lain.

Makin rendah kelarutan suatu zat organik di dalam air, makin mudah diadsorpsi dari larutannya. Hal yang sama, makin kurang polar suatu senyawa

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

organik makin baik teradsorpsi dari larutan yang bersifat polar ke permukaan yang non polar.

2.6.1 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 penyerapanya. 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. Adsorbsi adsorbat pada permukaan adsorben.

2.6.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi adalah agitasi, karakteristik karbon akitif, 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

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 karbon aktif

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 (*Potential Hidrogen*)

   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 menetralisasi permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organikpada 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). pH optimum untuk proses adsorpsi harus didapat dari tes laboratorium.

2. Suhu

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

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 menurunya 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 kontaknya dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com