

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

2.1.1 Pengertian Limbah Cair

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan. Limbah berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, atau membahayakan lingkungan hidup manusia serta makhluk hidup (Suharto, 2010).

Limbah cair adalah bahan-bahan pencemar berbentuk cair. Air limbah adalah air yang membawa sampah (limbah) dari rumah tinggal, bisnis, dan industri yaitu campuran air dan padatan terlarut atau tersuspensi dapat juga merupakan air buangan dari hasil proses yang dibuang ke dalam lingkungan. Berdasarkan sifat fisiknya limbah dapat dikategorikan atas limbah padat, cair, dan gas.

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi (Suharto, 2010).

2.1.2 Netralisasi dengan Asam atau Basa

Limbah cair dari industri pada umumnya bersifat alkali atau asam sehingga diperlukan proses kimia netralisasi limbah cair. Limbah cair yang bersifat basa, maka proses netralisasi dilakukan dengan penambahan HCl, atau asam sulfat, atau gas CO₂ sehingga dicapai nilai pH antara 6,50-8,50.

Jika gas CO₂ tidak tersedia, maka netralisasi dilakukan dengan menggunakan asam sulfat karena harganya jauh lebih murah jika dibandingkan dengan asam klorida. Reaksi kimia netralisasi berlangsung cepat, diperlukan pengadukan, dilengkapi dengan sensor nilai pH, dan alat pengendali penambahan

asam. Limbah cair yang bersifat asam dinetralkan dengan penambahan bahan kimia air kapur atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$, kaustik soda atau NaOH , soda abu atau Na_2CO_3 .

2.2 Karbon Aktif

2.2.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m^2 (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri (Idrus Rosita, 2013).

Proses meliputi produk seperti tar dan hidrokarbon lainnya. Karbon aktif tersedia secara juga komersial dibuat dari bahan yang memiliki kandungan karbon yang tinggi seperti batubara, lignit, kayu, gambut, kulit biji, tempurung kelapa, lignin, kokas minyak bumi, dan polimer tinggi sintetik. Proses manufaktur terdiri dari dua tahap, karbonisasi dan aktivasi. karbonisasi pengeringan dan pemanasan untuk menghapus yang tidak diinginkan oleh bahan karbon kemudian pyrolyzed dan berkarbonisasi dalam rentang temperatur $400\text{-}600^\circ\text{C}$ dalam suasana kekurangan oksigen. Hal ini menghilangkan fraksi molekul rendah-berat mudah menguap dan menyebabkan bahan untuk menjalani proses aktivasi. Aktivasi dapat dicapai secara termal oleh penggunaan gas oksidasi seperti uap di atas 800°C atau CO_2 disuhu yang lebih tinggi (Ferhan Cecen dkk, 2012).

Pengaktifan arang pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi lebih luas, yaitu dari $2 \text{ m}^2/\text{g}$ pada arang yang sifatnya lembam menjadi $300\text{--}2000 \text{ m}^2/\text{g}$ pada arang aktif. Arang aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal yang amorf dan berupa pelat datar. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dari gugus hidrokarbon, permukaan dan pusat arang aktif menjadi luas (Suhartana, 2006).

Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih seperti:

1. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.
2. Sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Rumidatul Alfi, 2006).

Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas.

a. Karbon aktif fasa cair

Karbon aktif fasa cair biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000\AA , dihasilkan dari bambu kuning, serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah, rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya.

b. Karbon aktif fasa gas

Karbon aktif fasa gas biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara $10\text{-}200\text{\AA}$ dan mempunyai tipe pori lebih halus. Karbon aktif fasa gas diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai berat jenis tinggi dan biasa digunakan untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas.

Kegunaan karbon aktif dalam dunia industri di Indonesia umumnya meningkat. Kebutuhan karbon aktif di dalam negeri umumnya masih dipenuhi dari impor. Hal ini disebabkan karena kurangnya produksi dalam negeri serta mutu karbon aktif yang masih rendah.

Kegunaan karbon aktif dalam industri di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1. Karbon aktif juga mempunyai persyaratan mutu yang harus dipenuhi. Persyaratan mutu karbon aktif dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Manfaat Karbon Aktif dalam Dunia Industri

Industri	Digunakan Untuk
GAS	
1. Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun/ bau busuk/asap, menyerap racun
2. Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan vinil asetat
ZAT CAIR	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna/ bau/ rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna dan bau pada arak, minuman keras & minuman ringan
3. Pengolahan Air	Menyaring, menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, dan alat pengolahan air
4. Pengolahan air buangan	Membersihkan air buangan dari pencemar, warna, bau, logam berat
5. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut sisa (metanol, etil asetat dan lainnya)
LAIN – LAIN	
1. Pengolahan pulp	Pemurnian, penghilangan bau
2. Pengolahan pupuk	Pemurnian
3. Pengolahan emas	Pemurnian
4. Pengolahan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan bau, warna serta rasa tidak enak

Sumber : Pusat Dokumentasi Dan Informasi Ilmiah, 1997

Tabel 2. Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI) No. 06-3730-1995

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Padatan
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Maks 15	Maks 25
2.	Kadar air	%	Maks 4,4	Maks 15
3.	Kadar abu	%	Maks 2,5	Maks 10
4.	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
5.	Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65

Sumber : LIPI (2005)

2.2.2 Struktur Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki struktur yang terbentuk selama proses karbonisasi. Akan tetapi struktur mikrokristalin karbon aktif berbeda dengan grafit, karena jarak interlayer karbon aktif yaitu 0,335 nm sedangkan pada grafit berbeda antara

0,34 dan 0,35 nm dari karbon aktif (Meenakshi, Goyal, Bansal RC, 2005). Penyelidikan dengan sinar-X menunjukkan bahwa arang aktif berbentuk kristal yang sangat kecil mirip dengan struktur grafit. Grafit terdiri dari sejumlah pelat yang tersusun secara paralel dan masing-masing pelat mempunyai sistem heksagonal dengan enam atom karbon (Suhartana, 2006). Daerah kristalin hanya pada ketebalan 0,7 sampai 1,1 nm, lebih kecil dibanding grafit yang teramati.

Hal ini berarti bahwa tiap-tiap kristalin biasanya hanya tiga atau empat lapis atom dengan 20 sampai 30 karbon heksagonal pada masing-masing lapisan. 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- \rightarrow 250 A° membagi besarnya ukuran pori kedalam tiga kategori yaitu :

1. Makropori

Makropori didefinisikan sebagai ukuran pori arang aktif yang mempunyai diameter lebih besar dari 250 A° dengan volume sebanyak 0,8 ml/g dan permukaan spesifik antara 0,5 – 2 m^2/g .

2. Mesopori

Pori-pori arang aktif yang diameternya berkisar antara 50 – 250 A° dengan volume 0,1 ml/g dan permukaan spesifik antara 20 – 70 m^2/g .

3. Mikropori

Pori arang aktif dengan ukuran diameter lebih kecil dari 50 A° dan terbagi atas tiga bagian yaitu :

- a. Maksi mikropori

Maksi mikropori merupakan pori dengan diameter pori antara 25 – 50 A° , dapat digunakan untuk menyerap pigmen tanaman dan sangat baik untuk adsorpsi molase.

- b. Mesi mikropori

Diameter pori dari mesi mikropori adalah antara 15 – 25 A° , yang sangat baik untuk menyerap zat warna terutama metilen biru.

c. Mini mikropori

Diameter pori mini mikropori lebih kecil dari 15 \AA , dan dapat digunakan dengan baik untuk penyerapan yodium dan fenol.

Pada gambar 1 berikut merupakan bentuk dari karbon aktif.



Gambar 1. Karbon Aktif

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.

2.2.3 Proses Aktivasi Karbon Aktif

Dalam proses aktivasi arang aktif dapat dilakukan secara fisika dan secara kimia. Proses-proses tersebut, yaitu :

1. Proses aktivasi secara fisika

Proses aktivasi dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu $800 - 1000^\circ\text{C}$. Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 . Umumnya arang dipanaskan didalam tanur pada temperatur $800-900^\circ\text{C}$. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk

mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO₂ pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktifasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktifasi dengan uap. Juga memungkinkan untuk memperlakukan arang kayu dengan uap belerang pada temperature 500°C dan kemudian desulfurisasi dengan H₂ untuk mendapatkan arang dengan aktifitas tinggi. Dalam beberapa bahan arang yang diaktifasi dengan pencampuran bahan kimia, diberikan aktifasi kedua dengan uap untuk memberikan sifat fisika tertentu (Rumidatul Alfi, 2006).

2. Proses aktivasi secara kimia

Proses ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti H₃PO₄, ZnCl₂, HCl, H₂SO₄, CaCl₂, K₂S, NaCl, dan lain-lain. Arang aktif mengandung unsur selain karbon yang terikat secara kimiawi, yaitu hidrogen dan oksigen. Kedua unsur tersebut berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya karbonisasi atau dapat juga terjadi ikatan pada proses aktivasi. Adanya hidrogen dan oksigen mempunyai pengaruh yang besar pada sifat-sifat karbon aktif. Unsur unsur ini berkombinasi dengan unsur-unsur atom karbon membentuk gugus fungsional misalnya: gugus karboksilat, gugus hidroksifenol, gugus kuinon tipe karbonil, gugus normalakton, lakton tipe fluresence, asam karboksilat anhidrida dan peroksida siklis (Sudibandriyo dkk, 2011).

2.2.4 Sifat Karbon Aktif

Karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada SNI No.06-3730-1995. Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi 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 dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

2. Temperatur/Suhu

Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk menyelidiki suhu pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai suhu yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi suhu proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan (Atmoko R.D, 2012). Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna atau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada suhu kamar atau bila memungkinkan pada suhu yang lebih kecil.

3. 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.

4. Waktu Singgung

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang 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 (Suhendra, 2010).

2.2.5 Kualitas Karbon Aktif

Kualitas arang aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjaan dan ketetapan penggunaannya. Oleh karena itu, dari produsen yang perlu diketahui adalah kualitas apa yang ingin dihasilkan dengan menggunakan bahan baku yang ada, serta untuk apa tujuan kegunaan arang aktif tersebut.

2.2.6 Kegunaan Karbon Aktif

Ada dua macam jenis arang aktif yang dibedakan menurut fungsinya

1. Arang penyerap gas (*gas adsorbent carbon*)

Jenis arang ini digunakan untuk menyerap kotoran berupa gas. Pori-pori yang terdapat pada arang jenis ini adalah mikropori yang menyebabkan molekul gas akan mampu melewatinya, tapi molekul dari cairan tidak bisa melewatinya. Karbon jenis ini dapat ditemui pada karbon tempurung kelapa.

2. Arang fasa cair (*liquid-phase carbon*)

Arang jenis ini digunakan untuk menjerap kotoran/zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan. Jenis pori-pori dari karbon ini adalah makropori yang memungkinkan molekul besar untuk masuk. Arang jenis ini biasanya berasal dari batubara dan selulosa. Saat ini arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, pangan dan farmasi (Yustinah Hartini, 2011). Umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penjerap dan pemurni, dalam jumlah kecil juga digunakan sebagai katalis. Arang aktif dapat memurnikan produk yang dihasilkan industri dan juga berguna untuk mendapatkan kembali zat-zat berharga dari campurannya serta sebagai obat.

2.3 Adsorpsi

2.3.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cairan dikontakkan dengan suatu permukaan padatan tersebut. Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair

mempunyai gaya dalam keadaan tidak setimbang (*unbalance*) yang cenderung tertarik ke arah dalam (gaya kohesi > gaya adhesi) (Atmoko RD, 2012).

Walaupun adsorpsi biasanya dikaitkan dengan perpindahan dari suatu gas atau cairan ke suatu permukaan padatan, perpindahan dari suatu gas ke suatu permukaan cairan juga terjadi. Substansi yang terkonsentrasi pada permukaan didefinisi sebagai adsorbat dan material dimana adsorbat terakumulasi didefinisi sebagai adsorben.

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben), dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan (Ginting FD, 2008).

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika suatu permukaan padatan dan molekul-molekul gas atau cair, dikontakkan dengan molekul-molekul tersebut, maka didalamnya terdapat gaya kohesif termasuk gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak setimbang pada batas fasa tersebut menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada *interface solid/fluida*. padatan berpori yang menghisap (*adsorption*) dan melepaskan (*desorption*) suatu fluida disebut adsorben. Molekul fluida yang dihisap tetapi tidak terakumulasi/melekat disebut *adsorptive*, sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat.

Adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisika (disebabkan oleh gaya Van Der Waals penyebab terjadinya kondensasi gas untuk membentuk cairan yang ada pada permukaan adsorben) dan adsorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap dengan adsorben, banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat khas zat padatnya yang merupakan fungsi tekanan dan suhu). Adsorben yang dapat mengadsorpsi secara fisika dan kimia seperti *composite adsorbent*.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Performa mesin pendingin adsorpsi sangat dipengaruhi baik oleh perpindahan kalor maupun perpindahan massa. Sedangkan daya adsorpsi dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu :

1. Tekanan (P), Tekanan yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diadsorpsi.
2. Temperatur absolut (T), Temperatur yang dimaksud adalah temperatur adsorbat. Pada saat molekul-molekul gas atau adsorbat melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan sejumlah energi yang dinamakan peristiwa eksotermis. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang akan teradsorpsi demikian juga untuk peristiwa sebaliknya.
3. Interaksi potensial (E), interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi, tergantung dari sifat adsorbat-adsorben.
4. Jenis adsorbat
 - a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

- b. Kepolaran zat

Apabila berdiameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul tidak polar. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang terlebih dahulu teradsorpsi.

2.3.3 Adsorben

Kemampuan kerja alat untuk menghasilkan suhu yang rendah sangat dipengaruhi oleh jenis adsorben. Dimana penyerapan adsorben dipengaruhi oleh volume yang dipakai dan luas permukaan spesifik. Karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi yang baik :

1. Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi.
3. Kemurnian adsorben. Adsorben yang memiliki tingkat kemurnian tinggi, daya adsorpsinya lebih baik.

Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben. Sifat-sifat atom di permukaan berkaitan dengan interaksi molekular antara adsorbat dan adsorben yang lebih besar pada adsorbat tertentu (Ginting FD, 2008).

2.3.4 Peralatan Penyerap Limbah Cair Laboratorium

Terdapat berbagai macam cara pengolahan limbah cair, salah satunya dengan menggunakan suatu peralatan penyerap yang menggunakan karbon aktif sebagai media penyerap limbah. Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben), dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan (Ginting FD, 2008).

Berdasarkan beberapa pertimbangan akan banyaknya limbah yang dihasilkan dari hasil buangan zat kimia cair dari laboratorium, para mahasiswa kelas kerjasama Talisman berupaya untuk membuat peralatan penyerap limbah cair laboratorium dengan memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai media adsorpsi dengan cara dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan karbon aktif. Namun, peralatan tersebut ternyata secara maksimal dan diperlukan beberapa pembaharuan dan modifikasi pada alat tersebut agar dapat menyerap secara optimal. Peralatan penyerap tersebut dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Peralatan Penyerap Limbah Cair Laboratorium

2.4 Tongkol Jagung

Jagung adalah salah satu tanaman dari sektor pertanian yang cukup banyak dikonsumsi oleh berbagai masyarakat di dunia. Tanaman jagung terdiri dari banyak bagian, salah satunya tongkol. Tongkol jagung merupakan limbah padat karena tongkol jagung tidak dapat dikonsumsi. Seringkali limbah yang tidak tertangani akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pada dasarnya limbah tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan mungkin bernilai negative karena memerlukan biaya penanganan. Namun demikian, limbah lignoselulosa sebagai bahan organik memiliki potensi besar sebagai bahan baku industry pangan, minuman, pakan, kertas, tekstil, dan kompos. Disamping itu, fraksinasi limbah ini menjadi komponen penyusun yang akan meningkatkan daya gunanya dalam berbagai industri.

Salah satu sisa tanaman pangan dan perkebunan yang mempunyai potensi cukup besar adalah tongkol jagung. Tongkol jagung adalah bagian dalam organ betina tempat bulir menempel. Tongkol terbungkus oleh kelobot atau kulit jagung. Tongkol jagung muda disebut juga *babycorn*, dapat dimakan dan dijadikan sayuran. Tongkol yang tua ringan namun kuat dan menjadi sumber furfural, sejenis monosakarida dengan lima atom karbon (Wikipedia, 2014).

Pada gambar 3 berikut merupakan bentuk dari tongkol jagung yang merupakan limbah dari jagung yang bisa diolah menjadi karbon aktif.



Gambar 3. Tongkol Jagung

Jagung merupakan salah satu komoditi unggulan provinsi Gorontalo, dimana produksi jagung gorontalo dari tahun ketahun mengalami peningkatan. Disamping untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat gorontalo, jagung juga telah diekspor ke luar negeri seperti Malaysia dan Singapura untuk bahan baku berbagai produk seperti tepung jagung (*maizena*), pati jagung, minyak jagung, dan pakan ternak. Dari setiap panen jagung diperkirakan jagung (rendemen) yang dihasilkan sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah berupa batang, daun, kulit, dan tongkol jagung (Anonymous, 2003).

Badan Pusat informasi jagung Provinsi Gorontalo (BPIJ) melaporkan bahwa luas lahan pertanian jagung di Provinsi Gorontalo pada tahun dari 2007 sekitar 136.087 Ha dengan hasil produksi 572.785 ton, dan pada tahun 2010 sekitar 164.999 Ha dengan hasil produksi mencapai 679.168 ton. Tingginya produksi jagung tiap tahunnya berdampak pada tingginya limbah yang dihasilkan terutama limbah tongkol jagung.

Tongkol jagung/janggal merupakan limbah yang diperoleh ketika biji jagung dirontokkan dari buahnya. Akan diperoleh jagung pipilan sebagai produk utamanya dan sisa buah yang disebut tongkol atau janggal (Rohaeni et al., 2006).

Dari 1 ha tanaman jagung ternyata dihasilkan limbah pertanian sebanyak 3,5 ton. Limbah ini berbentuk batang, daun, atau tongkol. Sedangkan jumlah tongkol jagung adalah sebanyak 1 ton/ha (Rahmawati Elvianora Pul, 2014).

Salah satu metode pengolahan limbah cair yaitu metode adsorpsi dengan adsorben berupa karbon aktif. Adsorben dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah senyawa organik dan anorganik. Salah satu limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah tongkol jagung. Tongkol jagung mengandung komponen-komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif yang dapat menjadi karbon aktif (Gufta, 1998). Komposisi dari tongkol jagung dapat dilihat pada tabel 3.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan dengan modifikasi tongkol jagung menjadi karbon aktif sebagai adsorben Pb (II). Modifikasi asam terhadap tongkol jagung terbukti mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi Pb(II). Kapasitas adsorpsi Pb(II) oleh adsorben modifikasi pada larutan tunggal adalah 2274.60 $\mu\text{g/g}$ adsorben, lebih besar dibandingkan adsorben tanpa modifikasi, yaitu 1362.11 $\mu\text{g/g}$ adsorben, sedangkan kapasitas adsorpsi Pb(II) oleh adsorben tanpa dan dengan modifikasi pada limbah industri aki masing-masing sebesar 21.73 dan 121.71 $\mu\text{g/g}$ adsorben. Arang aktif yang digunakan sebagai pembanding memiliki kapasitas adsorpsi Pb(II) sebesar 2908.07 $\mu\text{g/g}$ adsorben untuk penjerapan larutan tunggal dan 485.11 $\mu\text{g/g}$ adsorben untuk penjerapan limbah industri aki (Sulistyawati, 2008).

Penelitian tentang adsorpsi rhodamin B dan metanil yellow juga dilakukan dengan tujuan yaitu membuat adsorben dari tongkol jagung yang selama ini pemanfaatannya masih belum maksimal. Tongkol jagung diaktivasi menggunakan H_2SO_4 0.5 M untuk meningkatkan penyerapan terhadap zat warna. Penelitian meliputi penentuan pH optimum dengan pH (2, 3,4, 5, 6, 7, dan 8), waktu kontak optimum (0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, dan 120 menit) dan konsentrasi optimum dari kedua zat warna tersebut. Hasil penelitian menunjukkan pH optimum untuk rhodamin B terjadi pada pH 6 dan metanil yellow pada pH 2. Waktu kontak optimum terjadi pada menit ke-30 untuk rhodamin B dan menit ke-40 untuk metanil yellow. Kapasitas adsorpsi adsorben tongkol jagung terhadap rhodamin B sebesar 0.11 mg/gram dan terhadap metanil yellow sebesar 0.14 mg/gram (Imroatul Munawaroh, 2012).

Modifikasi selulosa pada tongkol jagung juga mampu menyerap limbah *metilenblue* dari limbah tekstil dengan kapasitas adsorpsi 518,07 $\mu\text{g/g}$ adsorben (Fahrizal, 2008). Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan arang aktif, karena selain bahan ini mudah didapat dengan jumlah yang berlimpah juga mengandung kadar unsur karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7 - 18,9 MJ/kg (Herlin Alfiany, dkk, 2013).

Keunggulan tongkol jagung yaitu sebagai berikut :

- Limbah tongkol jagung belum dimanfaatkan secara optimal.
- Kandungan karbon pada tongkol jagung 45.21% dengan kandungan abu yang rendah yaitu 0.91%.
- Tongkol jagung dapat dijadikan karbon aktif yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

Pada penelitian ini digunakan tongkol jagung sebagai adsorben limbah cair laboratorium. Komposisi dari tongkol jagung dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Komposisi Tongkol Jagung

No.	Senyawa	Jumlah dalam Persen (%)
1.	Selulosa	40
2.	Hemiselulosa	36
3.	Lignin	16
4.	Lain-lain	8

Sumber : Aryafatta, 2003

2.5 Analisa Limbah

2.5.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*) SNI-6989-72_2009

BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh

organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Alaerts dan Santika, 1984).

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya (Kristanto, 2002).

Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil 11 waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Sasongko, 1990).

Pengujian BOD menggunakan metode Winkler-Alkali iodida azida, adalah penetapan BOD yang dilakukan dengan cara mengukur berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam sampel yang disimpan dalam botol tertutup rapat, diinkubasi selama 5 hari pada temperatur kamar, kemudian diukur oksigen terlarutnya. Botol yang tersisa diukur oksigen terlarutnya pada hari ke nol dengan menambahkan 1 mL MnSO_4 + 1 mL reagen alkali iodida azida + 1 mL H_2SO_4 pekat. Setelah itu ditambah 3 tetes amilum dan dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat. Selanjutnya dilakukan perhitungan BOD dan penurunan BOD limbah tahu sebelum dan sesudah perlakuan (Alaerts dan Santika, 1984).

2.5.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*) SNI-06-6989.2-2004

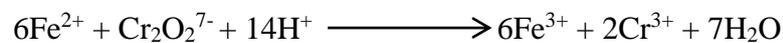
COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ atau KMnO_4 . Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah

dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih optimum.



(Alaerts dan Santika, 1984).

Perak sulfat (Ag_2SO_4) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ masih harus tersisa sesudah direfluks. $K_2Cr_2O_7$ yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai. Sisa $K_2Cr_2O_7$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan Ferro Ammonium Sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut.



(Alaerts dan Santika, 1984).

Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa $K_2Cr_2O_7$ dalam larutan blanko adalah $K_2Cr_2O_7$ awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ (Alaerts dan Santika, 1984).