

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batang Pisang

Batang pisang dengan nama latin *Musa Paradiseaca* merupakan tanaman yang banyak terdapat dan tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Tanaman pisang juga dapat tumbuh subur di daerah pegunungan hingga ketinggian 2000 meter dengan udara dingin. Di Indonesia tanaman pisang merupakan hasil pertanian yang banyak terdapat di seluruh nusantara. Hasil panen pisang yang sudah tua digunakan hanya buahnya saja untuk dikonsumsi sendiri atau dijual. Sedangkan batang atau pelepah dan daun pisang, setelah panen hanya ditumpuk atau dibakar begitu saja yang lama kelamaan menjadi tumpukan sampah yang dapat mencemari lingkungan. Hanya sebagian kecil saja masyarakat memanfaatkannya sebagai makanan tambahan sapi.

Limbah batang pisang merupakan limbah terbesar yang diperoleh dengan nilai ekonomis yang hampir tidak ada. Hasil analisis ternyata batang pisang banyak mengandung selulosa. Kadar selulosa dari batang pisang kering sekitar 50% (Husni dkk., 2004). Kandungan karbon yang dimiliki batang pisang cukup tinggi, oleh karena itu komoditas ini dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Komponen penyusun batang pisang tergabung dalam senyawa organik antara lain selulosa dan lignin (Husni dkk., 2004) yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Batang Pisang Kering

Komponen Kimia	Persentase
Selulosa	50%
Lignin	17,8%

Sumber : Husni dkk, 2004

Data tersebut menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada batang pisang cukup tinggi. Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada dinding sel bersama lignin berperan dalam mengokohkan struktur tumbuhan (Fessenden, 1989).

Penggunaan batang pisang sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan selulosa dalam batang pisang yang cukup tinggi yaitu 50% dan kadar ligninnya lebih rendah yaitu sekitar 17,8%. Lignin kurang stabil dan kurang bisa diuraikan sehingga mempengaruhi keaktifan karbon. Semakin sedikit lignin yang terdapat dalam bahan baku maka kualitas karbon aktif semakin baik (Priatmoko, dkk., 1995).

Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terikat membentuk struktur segi enam dengan atom-atom karbon terletak pada setiap sudutnya. Penataan yang cenderung kasar kemungkinan besar disebabkan reaksi pelepasan atom hidrogen dan oksigen yang terjadi pada suhu tinggi (proses karbonisasi) berlangsung dengan cepat dan tidak terkendali sehingga merusak penataan cincin segi enam yang ada.

Ketidak sempurnaan penataan antar lapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersediannya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang memungkinkan adsorbat masuk dalam struktur arang aktif berpori.

2.2 Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera. L*) merupakan tanaman yang sangat berguna dalam kehidupan ekonomi pedesaan di Indonesia. Karena semua bagian dari pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Menurut Food and Agriculture Organization (FAO) Asia Pasifik mampu menghasilkan 82% produk kelapa dunia, sedangkan sisanya diproduksi atau dihasilkan oleh negara di Afrika dan Amerika Selatan. Terdapat 12 negara yang tercatat sebagai penghasil kelapa terbesar, yaitu India (13,01%), Indonesia (33,94%), Malaysia (3,93), Papua New Guinea (2,72%), Philipina (36,25%).

Kelapa memiliki bagian yang berfungsi sebagai pelindung buah yang disebut tempurung kelapa. Tempurung kelapa terletak dibagian dalam kelapa setelah sabut, yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang dapat dijadikan sebagai basis usaha. Tempurung kelapa ini merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan

3-5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan perkembangan tumbuhan kelapa. Tempurung kelapa beratnya antara 15-19% berat kelapa. Tempurung kelapa yang memiliki kualitas yang baik yaitu tempurung kelapa yang tua dan kering yang ditunjukkan dengan warna yang gelap kecoklatan.

Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras, dengan kadar air sekitar 6-9% (dihitung berdasarkan berat kering) yang tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Tempurung kelapa memiliki komposisi kimia mirip dengan kayu, lignin, pentosa, dan selulosa. Tempurung kelapa dalam penggunaan biasanya digunakan sebagai bahan pokok pembuatan arang dan arang aktif. Hal tersebut dikarenakan tempurung kelapa merupakan bahan yang dapat menghasilkan nilai kalor sekitar 6500-7600 Kkal/kg. Selain memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, tempurung kelapa juga cukup baik untuk bahan arang aktif. (Triono, 2006)

Tabel 2. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Abu	0,6
Komponen ekstraktif	4,2
Uronat anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Air	8,0

Sumber : Suhardiyono, 1988

Karbonisasi merupakan proses konversi dari suatu zat organik ke dalam karbon atau residu yang mengandung karbon dalam proses pembuatan arang berkarbon, karbonisasi dilakukan dengan membakar tempurung kelapa untuk menghilangkan kandungan air atau *moisture content* dan material-material lain dalam tempurung kelapa yang tidak di butuhkan oleh arang seperti hydrogen dan oksigen atau material yang menguap.

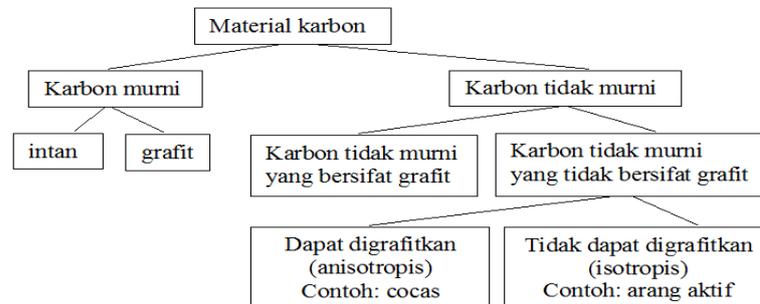
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Hendra (2009), kondisi optimum untuk membuat arang aktif dengan kualitas terbaik dari bahan baku tempurung kelapa yaitu pada suhu 850⁰C. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh

Faradina dan Setiawan (2010), arang diaktifkan dengan menggunakan senyawa kimia yaitu $ZnCl_2$ sebagai aktivator sehingga pori-pori permukaan arang menjadi lebih luas. Hal ini akan memudahkan proses penyerapan.

Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari $3,50^{\circ}C - 4,40^{\circ}C$, dengan satuan kalori. Dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar.

Nilai kalor tergantung pada sifat bahan yang mempengaruhi massa jenisnya. Sehingga semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya. Nilai kalor juga akan berpengaruh pada laju pembakaran pada proses pembakaran, semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka semakin lambat laju pembakaran pada proses pembakaran.

2.3 Karbon aktif



Sumber : Byrne dan Mars, 1995

Gambar 1. Klasifikasi material karbon

Bahan dasar utama yang digunakan sebagai karbon aktif adalah material organik dengan kandungan karbon yang tinggi (Sembiring, 2003). Seiring dengan perkembangan metode adsorpsi, kebutuhan akan karbon aktif sebagai adsorben semakin meningkat, sehingga pengembangan tentang pembuatan karbon aktif masih potensial untuk dilakukan.

Berbeda dari intan dan grafit yang komposisinya terdiri atas karbon murni maka arang aktif adalah material karbon yang masih tercampur unsur- unsur lain,

biasanya hidrogen dan oksigen ataupun yang lain bergantung pada unsur-unsur pembentuknya. Arang aktif disebut juga padatan karbon berpori, yaitu karbon dalam bentuk non grafit yang memiliki luas permukaan internal 300 hingga 3500 m² tiap gramnya (Byrne dan Marsh, 1995). Permukaan internal adalah tumpukan lapisan berongga yang tertata sedemikian rupa sehingga menyerupai spon (sponge).

Karbon aktif atau sering disebut sebagai arang aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif adalah karbon yang mengalami proses pengaktifan dengan menggunakan bahan pengaktif sehingga pori-porinya terbuka, luas permukaan karbon menjadi lebih besar, dan kapasitas adsorpsinya menjadi lebih tinggi. Karbon aktif merupakan adsorben dengan permukaan lapisan yang luas dengan bentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*).

Proses meliputi produk seperti tar dan hidrokarbon lainnya. Karbon aktif tersedia juga secara komersial dibuat dari bahan yang memiliki kandungan karbon yang tinggi seperti batubara, lignin, kayu, gambut, kulit biji, tempurung kelapa, lignin, kokas minyak bumi, dan polimer tinggi sintetik.

Proses manufaktur terdiri dari dua tahap yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi pengeringan dan pemanasan untuk menghapus yang tidak diinginkan oleh bahan karbon kemudian pyrolyzed dan berkarbonisasi dalam rentang temperatur 400-600⁰C dalam suasana kekurangan oksigen. Hal ini menghasilkan 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 800⁰C atau karbon dioksida di suhu yang lebih tinggi. (Ferhan Cecen dkk, 2012)

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang bertujuan untuk memperbesar pori arang hasil dari proses karbonisasi ataupun membentuk pori baru yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap

adsorpsi. Hasil dari aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilang senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarang (Shreve, 1997)

Pengaktifan arang pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi lebih luas, yaitu dari 2 m²/gr pada arang yang sifatnya lembam menjadi 300-2000 m²/gr 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 gusur hidrokarbon pada permukaan dan pusat arang aktif menjadi luas (Suhartana, 2006).

Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serap.

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

1. Proses 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 fluoresence, asam karboksilat anhidrida dan peroksida siklis.

Pada proses aktivasi secara kimia, bahan baku dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperature 100°C. Arang aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan.. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia.

Pada aktifasi kimia ini arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktifasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktifasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu.

2. Proses Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada karbon (Sembiring, 2003).

Aktivasi fisika, biasanya arang dipanaskan di dalam furnace pada temperatur 800-900⁰C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah, merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya, sedangkan pemanasan dengan CO₂ pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi (Elly Kurniati 2008) :

a. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Menurut Tutik M dan Faizah H, 2001 yang melakukan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ perendaman dilakukan selama 20 jam.

b. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan aktivasi, maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar

melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

c. Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran bahan semakin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna.

Setelah pembuatan karbon aktif maka perlu dilakukan pengujian mutu karbon aktif. Pengujian mutu karbon aktif dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian mutu karbon aktif meliputi penentuan kadar air, penentuan kadar abu, dan daya serap terhadap larutan I₂.

Menurut SNI, No. 06-3730-1995, arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis

Jenis	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Maks 15	Maks 25
Kadar air	%	Maks 4,4	Maks 15
Kadar abu	%	Maks 2,5	Maks 10
Bagian yang tidak mengarang	-	Tidak ternyata	Tidak ternyata
Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 200	Min 200
Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65
Daya serap benzena		Min 25	-
Daya serap metilen biru	mg/gr	Min 60	Min 120
Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,30-0,35
Lolos ukuran 325		-	Min 90
Jarak mesh		90	-
Kekerasan		80	-

Sumber : SNI, No. 06-3730-1995

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 1000Å°, 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 hiasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan.

b. Karbon aktif fasa gas

Karbon aktif fasa gas biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å 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 biasanya 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.

Tabel 4. Manfaat Karbon Aktif dalam Dunia Industri

Industri	Kegunaan
GAS	
1. Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun/bau busuk/asap, meyerap 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 dan 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	Mengilangkan bau, warna serta rasa tidak enak.

Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, 1997

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik menarik antara substansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam solid disebut adsorbat sedangkan solid tersebut adalah adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori.

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Adsorpsi Fisika (*Physisorption*)

Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals (gaya tarik-menarik yang relatif lemah) antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi ini terjadi apabila suatu adsorbat dialirkan dengan permukaan adsorben yang bersih. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya (*multilayer*). Adsorpsi fisika adalah suatu peristiwa yang reversibel, sehingga jika kondisi operasinya diubah akan membentuk kesetimbangan baru. Adsorpsi fisik memiliki ciri-ciri berikut ini :

- Gaya tarik-menarik antar molekul yang terjadi adalah gaya Van Der Waals.
- Proses adsorpsi reversibel.
- Proses adsorpsi terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi.
- Panas adsorpsi yang dikeluarkan rendah, $\Delta H < 20$ kJ/mol.
- Proses adsorpsi terjadi pada *ambient* dengan temperatur rendah dibawah temperatur kritis dari adsorbat.
- Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150-200⁰C selama 2-3 jam.

2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Adsorpsi kimia dapat terjadi disebabkan oleh adanya reaksi yang membentuk ikatan kimia antara molekul molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dimana reaksi tersebut membentuk ikatan kovalen. Adsorpsi kimia memiliki ciri-ciri berikut ini :

- Proses adsorpsi terjadi pada *ambient* dengan temperatur tinggi di atas temperatur kritis dari adsorbat.
- Interaksi antara adsorbat dan adsorben berupa ikatan kovalen.
- Proses adsorpsi memerlukan energi aktivasi yang besar.
- Panas adsorpsi yang dikeluarkan $50 < \Delta H < 800$ kJ/mol.
- Proses adsorpsi tidak reversibel.

Banyaknya molekul molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu :

1. Sifat adsorben

a. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni memiliki daya adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Semakin besar luas permukaan adsorben maka semakin besar pula jumlah adsorbat yang dapat diserap.

2. Jenis adsorbat

a. Kepolaran adsorbat

Apabila memiliki diameter yang sama molekul molekul polar lebih kuat diadsorpsi dari pada molekul molekul yang kurang polar.

b. Ukuran molekul adsorbat

Molekul molekul yang bisa di adsorpsi adalah molekul molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori.

3. Temperatur

Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi dan sebaliknya.

4. Tekanan

Tekanan yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Pada adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorpsi adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diadsorpsi. Sebaliknya, pada adsorpsi kimia kenaikan tekanan adsorbat justru mengurangi jumlah yang teradsorpsi

5. Pusat aktif

Pada permukaan yang beragam, hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh permukaan yang heterogen. Sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh sebagian permukaan yang aktif, disebut sebagai pusat aktif.

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 adsorbsinya, 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 adsorbsinya lebih baik.

Terdapat berbagai macam cara pengolahan limbah cair, salah satunya dengan menggunakan suatu peralatan penyerapan 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.

2.5 Penghilangan Mangan (Mn) dan Besi (Fe) dalam Air

2.5.1 Mangan (Mn) dalam Air

Logam mangan merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn dengan nomor atom 25, berwarna silver metalik, keras dan sangat rapuh. Logam mangan memiliki energi ionisasi $7,21 \text{ g/cm}^3$, titik leburnya 1246°C . Logam mangan memiliki jari-jari atom $1,35 \text{ \AA}$, logam ini bersifat paramagnetik. Fungsi utama mangan dalam tubuh yaitu sebagai komponen enzim.

Mangan digunakan dalam campuran baja, industri pigmen, las, pupuk, pestisida, keramik, elektronik, dan *alloy* (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon), industri baterai, cat, dan zat tambahan pada makanan. Di alam jarang sekali berada dalam keadaan unsur. Umumnya berada dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Perubahan senyawa besi dan mangan di alam berdasarkan kondisi pH bahwa di dalam sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi lebih tinggi serta tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Mangan di dalam senyawa MnCO_3 , Mn(OH)_2 mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, akan tetapi untuk senyawa Mn seperti garam MnCl_2 , MnSO_4 , $\text{Mn(NO}_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar di dalam air. (Eaton et.al.,2005)

Kandungan Mn di bumi sekitar 1060 ppm, di tanah sekitar 61-1010 ppm, di sungai sekitar 7 mg/l, di laut sekitar 10 ppm, di air tanah sekitar $<0,1 \text{ mg/l}$. Mangan terdapat dalam bentuk kompleks dengan bikarbonat, mineral dan organik. Unsur mangan pada air permukaan berupa ion bervalensi empat dalam bentuk organik kompleks. Mangan banyak terdapat dalam *pyrolusite* (MnO_2), *braunite*, *psilomelane* dan *rhodochrosite*. (Eaton et.al.,2005)

Unsur Mn mempunyai sifat – sifat yang sangat mirip dengan besi. Mangan termasuk logam esensial yang dibutuhkan oleh tubuh sebagaimana zat besi. Tubuh manusia mengandung Mn sekitar 10 mg dan banyak ditemukan di liver, tulang, dan ginjal. Mn dapat membantu kinerja liver dalam memproduksi urea, *superoxide dismutase*, karboksilase piruvat, dan enzim glikoneogenesis serta membantu kinerja otak bersama enzim glutamine sintetase. Kelebihan Mn dapat menimbulkan racun yang lebih kuat dibanding besi. Toksisitas Mn hampir sama dengan nikel dan tembaga. Mangan bervalensi 2 terutama dalam bentuk permanganat merupakan oksidator kuat yang dapat mengganggu membran *mucous*, menyebabkan gangguan kerongkongan, timbulnya penyakit “*manganism*” yaitu sejenis penyakit parkinson, gangguan tulang, osteoporosis, penyakit Perthe’s, gangguan kardiovaskuler, hati, reproduksi dan perkembangan mental, hipertensi, hepatitis, *posthepatic cirrhosis*, perubahan warna rambut, kegemukan, masalah kulit, kolesterol, *neurological symptoms* dan menyebabkan epilepsi.

2.5.2 Besi (Fe) dalam Air

Besi (Fe) adalah logam berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Fe di dalam susunan unsur berkala termasuk logam golongan VIII, dengan berat atom $55,85\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, nomor atom 26, berat jenis $7,86\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dan umumnya mempunyai valensi 2 dan 3 (selain 1, 4, 6). Besi (Fe) adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi, dan jarang dijumpai dalam keadaan bebas, untuk mendapatkan unsur besi, campuran lain harus dipisahkan melalui penguraian kimia. Besi digunakan dalam proses produksi besi baja, yang bukan hanya unsur besi saja tetapi dalam bentuk alloy (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon).

Besi dan unsur keempat banyak dibumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Besi murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, besi selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari besi tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Besi tempa adalah besi yang hampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon.

Besi terdapat di alam dalam bentuk senyawa, misalnya pada mineral hematite (Fe_2O_3), magnetit (Fe_2O_4), pirit (FeS_2), siderite (FeCO_3), dan limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Unsur besi sangat penting dalam hampir semua organisme yang hidup. Pada manusia besi merupakan unsur penting dalam hemoglobin darah.

Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas tersebut akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya :

a. Gangguan teknis

Endapan $\text{Fe}(\text{OH})$ bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng. Mengotori wastafel dan kloset.

b. Gangguan Fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau dan rasa. Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya $>1,0 \text{ mg/l}$.

c. Gangguan kesehatan

Senyawa besi dalam jumlah kecil didalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air, tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk.

2.5.3 Pengilangan Mangan (Mn) dan Besi (Fe) dalam Air

Baik mangan maupun besi, dalam air biasanya dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat, hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau

dalam keadaan bergabung dengan senyawa organik. Oleh karena itu cara pengolahannya pun harus disesuaikan dengan bentuk senyawa mangan dan besi dalam air yang akan diolah. Pada proses penghilangan mangan dan besi, prinsipnya adalah proses oksidasi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk besi terlarut menjadi bentuk besi tidak terlarut (endapan). Endapan yang terbentuk dihilangkan dengan proses sedimentasi dan filtrasi. (Oktiawan, dkk., 2007).

Pada umumnya metode yang digunakan untuk menghilangkan mangan dan besi adalah metode fisika, kimia, biologi maupun kombinasi dari masing-masing metode tersebut. Metode fisika dapat dilakukan dengan cara filtrasi, aerasi, presipitasi, elektrolitik, pertukaran ion (*ion exchange*), adsorpsi dan sebagainya. Metode kimia dapat dilakukan dengan pembubuhan senyawa klor, permanganat, kapur-soda, ozon, polyphosphat, koagulan, flokulan, dan sebagainya. Metode biologi dapat dilakukan dengan cara menggunakan mikroorganisme autotropis tertentu seperti bakteri besi yang mampu mengoksidasi senyawa besi dan mangan. (Oktiawan, dkk., 2007)

Pemilihan proses tersebut dipilih berdasarkan besarnya konsentrasi zat mangan atau besi serta kondisi air baku yang digunakan. Untuk menghilangkan zat besi dan mangan di dalam air yang paling sering digunakan adalah dengan cara proses oksidasi secara kimiawi kemudian dilanjutkan dengan pemisahan endapan/ suspensi/ dispersi atau (*suspended solid*) yang terbentuk menggunakan proses sedimentasi dan atau filtrasi. Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan endapan tersebut maka dapat digunakan proses koagulasi-flokulasi yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan filtrasi. (Said, 2003)

Pengaruh lain zat mangan (Mn) dan besi (Fe) selain di dalam air, sebagai berikut :

1. Gangguan kesehatan

Kelebihan zat besi (Fe) bisa menyebabkan keracunan dimana terjadi muntah, kerusakan usus, pnuemonia dini hingga ematian mendadak, mudah marah, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, kulit kehitam-hitaman, sakit kepala, gagal hati, hepatitis, mudah emosi,

hipertensi, infeksi, insomonia, sakit liver, masalah mental, rasa logam di mulut, mudah gelisah dan iritasi, rematik, sariawan, sakit perut, keras kepala, gangguan penyerapan vitamin dan mineral. Gangguan kesehatan senyawa besi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. (Said, 2003).

Kelebihan mangan (Mn) gejala yang timbul berupa susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng. (Slamet, 1994)

2. Gangguan terhadap kerusakan benda
 - a. Penyumbatan pada pipa
 - b. Pengendapan pada dinding pipa
 - c. Penyumbatan pada pompa air
 - d. Pompa air akan cepat mengalami karat
 - e. Menimbulkan karat pada alat masak
3. Gangguan terhadap keindahan
 - a. Menyebabkan bercak-bercak kuning pada pakaian yang berwarna terang
 - b. Menyebabkan warna kuning pada dinding kolam
 - c. Meninggalkan noda pada bak-bak mandi, noda kekuningan disebabkan oleh besi dan kehitaman oleh mangan

Studi penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari batang pisang dan tempurung kelapa sebagai berikut :

Tabel 5. Studi yang pernah dilakukan pada Adsorben Karbon Aktif dari Batang Pisang dan Tempurung Kelapa

No. (a)	Penelitian (b)	Tahun (c)	Judul (d)	Hasil (e)
1.	Husni H dan Cut Meurah R	2004	<i>Preparation and Characterization of Activated Carbon from Banana Stem by Using Nitrogen Gas</i>	Hasil penelitian diperoleh adsorpsi logam merkuri (Hg) menggunakan arang aktif batang pisang memberikan hasil bahwa logam merkuri teradsorpsi arang aktif sebesar 9,21 mg/g
2.	Suhartana	2006	Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobongan	Hasil penelitian diperoleh arang aktif yang dihasilkan cukup efektif jika digunakan untuk pengolahan air
3.	Ai Nailil Muna SM	2011	Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang sebagai Adsorben untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) pada Air Limbah Industri	Hasil penelitian diperoleh karbon aktif batang pisang mampu menyerap kadar Cr(VI) dalam limbah dengan % limbah teradsorpsi sebesar 34,905%
4.	Gilar S. Pembayun, Remigius Y.E.Y, M. Rachimoel lah dan Endah M.M Putri	2013	Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl ₂ dan Na ₂ CO ₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah	Hasil penelitian diperoleh persen removal tertinggi didapat pada karbon aktif dengan zat aktivator Na ₂ CO ₃ 5% sebesar 99,745% dan kapasitas serapan sebesar 220,751 mg fenol/gr karbon aktif

Lanjutan tabel 5

a	b	c	d	e
5.	Siti Jamilatun dan Martomo Setyawan	2014	Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair	Hasil penelitian diperoleh kualitas karbon aktif terbaik pada suhu 800°C dengan kadar air 1,3%, kadar abu 0,60% dan kadar iod 580,0 mg/gr
6.	Wa Ode Veby Verlina	2014	Potensi Arang Aktif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, dan NO _x pada Kendaraan Bermotor	Hasil penelitian diperoleh kemampuan adsorpsi arang aktif terhadap emisi gas buang penyerapan mencapai 100% pada NO dan NO _x , sedangkan CO sebesar 81%
7.	Erlina, Umiatin dan Esmar Budi	2015	Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu	Hasil penelitian diperoleh karbon aktif arang tempurung kelapa terbaik ada pada konsentrasi KOH 50% dengan nilai randemen 83,87%, dan efisiensi adsorpsi logam Cu 83,57%