

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman industri andalan bagi perekonomian Indonesia yang tetap bertahan pada saat terjadinya krisis ekonomi berkepanjangan dan merupakan salah satu komoditas perkebunan yang menyumbang devisa besar bagi negara (Krismawati dan Ahdia, 2013). Industri berbasis kelapa sawit merupakan investasi yang relatif menguntungkan, namun demikian perlu diperhatikan pula beban pencemaran yang ditimbulkan bila tidak dilaksanakan dengan baik. Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti.

Limbah cangkang kelapa sawit berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi (Purwanto, D. 2011). Cangkang sawit seperti halnya kayu diketahui mengandung komponen-komponen serat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Widiarsi (2008) cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27 %), hemiselulosa (12,61 %), dan lignin (42,96 %).



Gambar 1. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550⁰C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan arang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9% (Andriati, Amir 2003). Untuk mendapatkan arang tempurung kelapa sawit dengan mutu yang baik (nilai kalor dan kadar karbon yang tinggi, kadar air rendah, kadar abu dan zat terbang

cukup rendah) maka suhu pengarangan dapat digunakan antara 500- 600°C, dengan waktu pengarangan 2 - 3 jam (Purwanto, Djoko 2011).

2.2 Limbah Padat Decanter

Kebun dan pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah besar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sludge atau lumpur berasal dari dua sumber yaitu dari proses pemurnian minyak (*Clarification*) yang biasanya menggunakan decanter dan dari instalasi pengolahan limbah cair.



Gambar 2. Limbah Padat *Decanter*

Sludge dari decanter merupakan kotoran minyak yang bercampur dengan kotoran yang lainnya . Limbah padat yang jumlahnya sekitar 13% dari tandan buah segar yang diolah, biasanya hanya dimanfaatkan sebagai mulsa atau kompos untuk tanaman kelapa sawit (Goenadi et al., 1998).

Berat kering sludge dari proses pemurnian relatif tinggi yaitu 175 kg/m³ dan rasio C/N-nya relatif rendah yaitu 5. Kandungan lemak dan protein yang relatif tinggi tersebut menjadikan limbah lumpur sawit (sludge) dan serat merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Limbah lumpur kering kelapa sawit yang terdiri dari sludge dan serat cukup potensial untuk diolah lebih lanjut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Limbah Lumpur Sawit (Sludge) Kelapa Sawit

Unsur Hara	Kg/ton Berat Kering
Kandungan abu	240
Nitrogen (N)	27,03
Posfat (P)	2,54
Kalium (K)	15,5
Kalsium (Ca)	14,20
Magnesium (Mg)	7,36

Sumber : (Wahyono, Dkk, 2008)

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui proses aktivasi, sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian mempunyai daya serap yang besar terhadap zat-zat lainnya, baik dalam fase cair maupun dalam fase gas. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat nonpolar. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar (Desiani, 2014).

Karbon aktif memiliki daya serap tinggi karena memiliki volume pori yang dapat menyerap gas maupun residu dalam larutan. Karbon aktif merupakan karbon amorf dengan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m²/gr (Azhary dan Fuadi, 2008). Luas permukaan yang sangat besar ini karena mempunyai struktur pori-pori, pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25 - 1000 % terhadap berat karbon aktif, (Siti Salamah, 2008).

Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m² (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 (wikipedia, 2012). Arang aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas akibatnya daya adsorbs terhadap cairan atau gas akan meningkat. Teknologi olah lanjut arang menjadi arang aktif akan memberikan nilai tambah yang besar ditinjau dari penggunaan dari nilai ekonomisnya (djeni hendra, 2008).

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses dehidrasi, karbonisasi dan dilanjutkan dengan proses aktivasi material karbon yang biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan. Proses karbonisasi dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung

dengan udara. Proses karbonisasi juga dikenal dengan pirolisis yang didefinisikan sebagai suatu tahapan dimana material organik awal ditransformasikan menjadi sebuah material yang semuanya berbentuk karbon.

Proses karbonisasi dilanjutkan dengan proses aktivasi dimana proses ini akan mengubah produk atau material karbon menjadi adsorben. Adsorben mempunyai porositas yang tinggi dengan luas permukaan yang besar yaitu 500-1500 m²/gr (Parker, 1993). Produk karbon aktif yang telah dihasilkan harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. Syarat analisis karbon aktif yang telah diproduksi sesuai pada Tabel 1.

Tabel 2. Analisis Mutu Karbon Aktif

Parameter Mutu (%)	Syarat Mutu Karbon Aktif
Kadar Air	15 %
Kadar Abu	10 %
Kadar Zat Mudah Menguap	15 %
Kadar Karbon Terikat	65 %
Penyerapan Iodium	200 mg/g

Sumber : Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995

Syarat mutu dalam pembuatan karbon aktif ini telah ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia (SII). Syarat mutu karbon aktif menurut Standar Industri Indonesia (SII) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Syarat Mutu Karbon Aktif

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ⁰ C	%	Maks 15	Maks 25
Kadar Air	%	Maks 4,5	Maks 15
Kadar Abu	%	Maks 2,5	Maks 10
Bagian yang tidak berarang	-	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap I ₂	mg/g	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap benzene	%	Min 25	-
Daya serap terhadap metilen biru	mg/g	Min 60	Min 120
Kerapatan jenis curah	-	0,45 – 0,55	0,30 – 0,35
Lolos ayakan mesh 325	%	-	-
Jarak mesh	%	90	-
Kekerasan	%	80	-

Sumber : Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-79)

2.3.1 Penggunaan Karbon Aktif

Karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai penyerap (Gislon dkk, 2013), elektroda (Taer dkk, 2011), katalis (Dilek, 2014), pengolahan limbah cair atau gas / *waste treatment* (Smisek dan Cerny, 1970) dan sebagai penyimpan gas / *gas adsorptive storage* (Liou, 2010). Selain itu juga karbon aktif banyak digunakan dalam proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum maupun dalam penanganan limbah (Wu, 2004).

Tabel 4. Penggunaan Karbon Aktif di Industri

No.	Tujuan	Pemakaian
Untuk Gas		
1	Pemurnian Gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk dan asap
2	Pengolahan LNG	Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah serta reaksi
3	Katalisator	Katalisator reaksi/pengangkut vinil klorida dan vinil asetat
4	Lain-lain	Menghilangkan bau pada kamar pendingin
Untuk Cairan		
1	Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna
2	Minuman ringan dan keras	Menghilangkan warna dan bau
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4	Pembersih air	Menyaring/menghilangkan warna, bau zat pencemar dalam air, sebagai alat pelindung dan penukar resin dalam alat penyulingan air
5	Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dari pencemar, warna, bau, dan logam berat
6	Penambakan udang dan benur	Pemurnian, penghilangan bau dan warna
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil asetat, dan lain-lain
Lain-lain		
1	Pengolahan pulp	Pemurnian dan penghilangan bau
2	Pengolahan pupuk	Pemurnian
3	Pengolahan emas	Pemurnian
4	Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan warna, bau dan rasa tidak enak

Sumber : PDII LIPI, 2004

2.3.2 Jenis-jenis Karbon aktif

Berdasarkan bentuknya, karbon aktif dapat dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu (Sukir, 2008):

1. Bentuk serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm (80#). Terutama digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian monosodium glutamat, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarik, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.
2. Bentuk *granular*. Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 – 0,5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk: pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.
3. Bentuk *pellet*. Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. Kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran, dan pengontrol emisi pada gas buang.

Berdasarkan pori-porinya, karbon aktif dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Sukir, 2008):

1. Makropori. Merupakan bagian paling luar dari karbon aktif, dengan jari-jari lebih besar dari 50 nm dengan volume pori-pori 0,2-0,5 cm³/gr dan luas permukaan 0,2-2 m²/gr. Makropori dan mesopori memberikan kapasitas adsorpsi karbon aktif dan kegunaanya terbentuk selama aktivasi.
2. Mesopori. Memiliki jari-jari 2-50 nm dengan volume pori-pori mencapai 0,02-0,01 cm³/gr dengan luas permukaan 1-100 m²/gr. Mesopori merupakan cabang setelah makropori dan berfungsi sebagai sarana transportasi.

3. Mikropori. Merupakan pori-pori terkecil dengan jari-jari kurang dari 2 nm dengan volume pori 0,15-0,5 cm³/gr dan luas permukaan mencapai 100-1000 m²/gr.

Berdasarkan fungsinya, karbon aktif dibedakan menjadi dua, yaitu (Setyaningsih, 1995) :

- 3 Karbon 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. Karbo jenis ini dapat ditemui pada karbon tempurung kelapa.
- 4 Karbon fasa cair (liquid-phase carbon). Arang jenis ini digunakan untuk menyerap kotoran atau 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.

2.3.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

1. Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit (Miranti, 2012).

2. Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisis (pembakaran) tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon. Pada proses ini pembentukan struktur pori dimulai. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Dasar karbonisasi adalah pemanasan.

Bahan dasar dipanaskan dengan temperatur yang bervariasi sampai 1300⁰C.

Material organik didekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen volatil yang lain diuapkan (Jankowska, *et all* 1991).

Proses karbonisasi merupakan proses dimana komponen yang mudah menguap akan terlepas dari karbon dan karbon akan mulai membentuk pori-pori. Pada proses karbonisasi banyak elemen non karbon seperti oksigen hydrogen, dan nitrogen dihilangkan sebagai volatile gas dengan dekomposisi pirolitik pada material awal (Bansal, R.C & Goyal, M 2005).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi (Kurniati, E; 2008) :

1. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat.

2. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan.

3. Aktivasi

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori 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 daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan di samping bahan baku yang digunakan. Yang dimaksud dengan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori 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 daya adsorpsi.

Metoda aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

a. Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam Kalsium Klorida (CaCl_2), Magnesium Klorida (MgCl_2), Seng Klorida (ZnCl_2), Natrium Hidroksida (NaOH), Kalium Hidroksida (KOH), Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Natrium Klorida (NaCl), Asam Phospat (H_3PO_4), Asam Nitrat (HNO_3), Hidrogen Peroxida (H_2O_2), Kalium Permanganat (KMnO_4), Ammonia Sulfat (NH_4) $_2\text{SO}_4$, Asam Klorida (HCl).

Siti Salamah (2008), melakukan aktivasi kimia terhadap arang kulit buah mahoni menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi antara 1, 2 dan 3 N. Kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian, sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek,

karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik (Jankowska, *et al* 1991). Pembayun, Gilar. S dkk (2013), menyebutkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi aktivator maka semakin banyak pori yang terbentuk sehingga daya serap iodin karbon aktif juga meningkat.

Siti Salamah (2008), menyebutkan bahwa semakin besar konsentrasi zat aktivasi maka daya serap karbon yang dihasilkan semakin besar, tetapi pada penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi akan mengdegradasi atau merusak selulosa yang mengakibatkan daya serap karbon aktif menurun. Daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan.

Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut. (Tutik M dan Faizah H, 2001).

b. Aktivasi Secara Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 (Sembiring, 2003). 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 sehinggamemperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon pengotor pada arang.

Prinsipnya adalah pemberian uap air atau gas CO_2 kepada arang yang telah dipanaskan. Arang yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam tungku aktivasi lalu dipanaskan pada suhu $800 - 1000^\circ\text{C}$. Selama pemanasan ke dalamnya dialirkan uap air atau gas CO_2 . Pada suhu dibawah 800°C , aksi oksigen uap air ataupun gas CO_2 berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu diatas 1000°C akan menyebabkan kerusakan susunan kisi-kisi heksagonal (Rumidatul, Alfi 2006).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi (Kurniati, El;2008) :

1. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu perendaman untuk bermacam-macam zat tidak sama (Kurniati, 2008).

Misalnya sekam padi dengan aktivator NaCl direndam selama 24 jam (Majalah kulit, karet dan plastik, 2003), Sani (2011) melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tanah gambut dengan aktivator H_2SO_4 didapat waktu aktivasi yang optimum adalah 2,5 jam, Salamah (2008) melakukan penelitian yaitu pembuatan karbon aktif dari kulit buah mahoni dengan aktivator KOH didapat waktu perendaman optimum adalah 4 jam, H_3PO_4 lamanya perendaman sekitar 12-24 jam (Sudrajat dan Salim, 1994).

2. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia 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 (Kurniati, 2008).

3. Ukuran bahan

Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna.

2.3.4 Karakterisasi Karbon Aktif

Penentuan sifat-sifat karbon aktif yang diperoleh melalui karbonisasi dan aktivasi, maka perlu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi karbon aktif adalah sifat dari karbon aktif yang akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Karakterisasi ini dapat berupa :

1. Kadar air

Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan asumsi bahwa dalam karbon aktif tersebut hanya air yang merupakan senyawa mudah menguap. Pada dasarnya penentuan kadar air adalah dengan menguapkan air dari karbon aktif dengan pemanasan 150°C sampai didapatkan berat konstan (Jankowska, et al: 1991).

Arang yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah arang yang mempunyai kadar air 5-10% (Prameidia, 2013). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15%.

2. Kadar abu

Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif (Jankowska et al, 1991). Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran (Prameidia, 2013). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10%.

3. Kadar zat terbang

Prinsip dalam penentuan kadar zat terbang adalah sampel dari air menguap pada suhu 100°C sehingga tercapai berat konstan selama ± 4 jam (kadar air) diambil sebangak 1 gram lalu dipanaskan dalam furnace pada suhu 900oc selama 7 menit.

Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses pengarangan dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya (Prameidia, 2013). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 15%.

4. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat adalah fraksi C dalam arang. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu (Prameidia, 2013). Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori arang (Saputri, 2013). Semakin besar kadar zat mudah menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon terikat (Prameidia, 2013). Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar karbon aktif murni minimal 80% untuk granular dan 65% untuk powder.

5. Daya serap terhadap *Iodine*

Adsorpsi iodin telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap larutan berwarna. Angka iodin didefinisikan sebagai jumlah milligram iodin yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Daya serap atau adsorpsi karbon aktif terhadap iodin mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah (Miranti, 2012).

Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodin yang tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar (Miranti, 2012). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mampu menyerap iodin minimal 200 mg/L

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi 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 penyerapannya.

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Adsorpsi fisik, yaitu berhubungan dengan gaya *Van der Waals* dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar dari daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben.
2. Adsorpsi kimia, yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi.

Adsorpsi menggunakan istilah adsorbant dan adsorbent, dimana adsorbent adalah suatu penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbant adalah merupakan suatu media yang diserap. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, antara lain;

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 penyerapan. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai suhu yang digunakan dalam proses adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi suhu proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada suhu kamar atau bila memungkinkan pada suhu yang lebih kecil.

3. pH atau 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.

4. Waktu Singgung

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu 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.

2.5 Palm Oil Mill Effluent (POME)

Palm oil mill effluent (POME) berasal dari air kondensat pada proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik. Jumlah air buangan tergantung pada sistem pengolahan, kapasitas olah pabrik, dan keadaan peralatan klarifikasi.

Palm Oil Mill Effluent (POME) mengandung bahan organik yang relatif tinggi dan tidak bersifat toksik karena tidak menggunakan bahan kimia dalam proses ekstraksi minyak kelapa sawit (Siregar, 2009). Limbah cair dari pabrik minyak kelapa sawit ini umumnya bersuhu tinggi 70- 80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan BOD (*biological oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*) yang tinggi yaitu BOD 25.500 mg/l dan COD 48.000 mg/l.

Parameter yang menggambarkan karakteristik limbah terdiri dari sifat fisik, kimia, dan biologi. Karakteristik limbah berdasarkan sifat fisik meliputi suhu, kekeruhan, bau, dan rasa, berdasarkan sifat kimia meliputi kandungan bahan organik, protein, BOD, COD, sedangkan berdasarkan sifat biologi meliputi kandungan bakteri patogen dalam air limbah (Siregar, 2009).

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup ada 6 (enam) parameter utama yang dijadikan acuan baku mutu limbah meliputi :

a. Tingkat keasaman (pH)

Ditetapkannya parameter pH bertujuan agar mikroorganisme dan biota yang terdapat pada penerima tidak terganggu, bahkan diharapkan dengan pH yang alkalis dapat menaikkan pH badan penerima.

b. BOD (*biological oxygen demand*)

Kebutuhan oksigen hayati yang diperlukan untuk merombak bahan organik. Semakin tinggi nilai BOD air limbah, maka daya saingnya dengan mikroorganisme atau biota yang terdapat pada badan penerima akan semakin tinggi.

c. COD (*chemical oxygen demand*)

Kelarutan oksigen kimiawi adalah oksigen yang diperlukan untuk merombak bahan organik dan anorganik, oleh sebab itu nilai COD lebih besar dari BOD.

d. TSS (*Total suspended solid*)

Menggambarkan padatan melayang dalam cairan limbah. Pengaruh TSS lebih nyata pada kehidupan biota dibandingkan dengan *total solid*. Semakin tinggi TSS, maka bahan organik membutuhkan oksigen untuk perombakan yang lebih tinggi.

e. Kandungan total nitrogen

Semakin tinggi kandungan total nitrogen dalam cairan limbah, maka akan menyebabkan keracunan pada biota.

f. Kandungan *oil and grease*

dapat mempengaruhi aktifitas mikroba dan merupakan pelapis permukaan cairan limbah sehingga menghambat proses oksidasi pada saat kondisi aerobik (Siregar, 2009).

Tabel 5. Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Kelapa Sawit

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
Residu Tersuspensi	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Nitrogen Total (sebagai N)	50	0,125
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Maksimum	2,5 m ³ ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 18 tahun 2005

2.6 Analisa kadar COD pada Palm Oil Mill Effluent (POME)

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 $K_2Cr_2O_7$ 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. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia dalam jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia.

(Wisnu dalam Ika, 2012) Menurut Ambarlina, Ika 2012, jumlah COD limbah cair kelapa sawit yang belum diolah sebesar 1910,4 mg/l. Menurut Adrianto, Ahmad dkk 2011, COD limbah cair minyak sawit pada PTPN V Sei. Pagar sebesar 60000 mg/l. Menurut Kasnawati 2011, dari hasil penelitian awal pada limbah cair pabrik kelapa sawit diperoleh nilai COD 13344 mg/l. Menurut Azwir 2006, limbah cair industri minyak kelapa sawit mengandung COD 48.000 mg/l.

Kadar COD limbah cair kelapa sawit dapat dilihat mempunyai nilai yang berbeda-beda tergantung dari sumber minyak sawit dan bahan yang digunakan dalam pembuatanny. Namun, berdasarkan baku mutu limbah cair untuk industri minyak sawit yang bersumber dari keputusan menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 1995, kadar maksimum COD limbah cair kelapa sawit berkisar 350 mg/l. Sehingga limbah cair harus dilakukan pengolahan agar tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan.