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 padat pada pengolahan minyak kelapa sawit yang jumlahnya cukup besar, yaitu sekitar 60% dari produksi minyak kelapa sawit. Limbah cangkang kelapa sawit berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi (Purwanto, D. 2011).

Gambar 1. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. 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 %).

Tabel 1. Analisis Cangkang Kelapa Sawit

Parameter	Persentase berat kering (%)
Moisture	4,52
Volatile Metter (VM)	82,86
Fixed Carbon (FC)	11,02
Ash	1,61
Fuel Ratio	0,13

Sumber : (Raharjo, 2012)

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 - 600^0C, dengan waktu pengarangan 2 - 3 jam **(**Purwanto, 2011**)**.

2.2 Kitosan

Kulit udang merupakan limbah dalam industri pengolahan udang yang porsinya mencapai 30-70 % (Agustin, 1994). Salah satu pemanfaatan dari kulit udang adalah dengan diproses menjadi kitosan. Kitosan merupakan polielektrolit kationik dan polimer berantai panjang, mempunyai berat molekul besar dan reaktif karena adanya gugus amina dan hidroksil yang bertindak sebagai donor elektron. Karena sifat-sifat itu, kitosan bias berinteraksi dengan partikel-partikel koloid yang terdapat di dalam air limbah melalui proses jembatan antar partikel flok (koagulasi) (Chung *et al*, 1996; Prashanth dan Tharanathan 2007).

Kitosan adalah polimer glukosamin yang merupakan selulosa beramin, nomer dua terbanyak di alam setelah selulosa. Kitosan ditemukan pada cangkang invetebrata hewan perairan. Sumber potensial bahan kitosan adalah limbah pengolahan udang dan rajungan yang diprediksi mencapai 68.230 ton limbah udang dan 22.815 ton limbah rajungan (Irianto 2010).

Kitosan banyak diaplikasikan diberbagai bidang, diantaranya dalam penanganan limbah industri sebagai adsorben dan absorben terutama logam berat. Sebagai adsorben atau absorben yang efektif kitosan dibuat dalam bentuk campuran dengan komponen lain yaitu konjugat: kitosan dengan poliamid (Kawamura 1993, Silva 2005), kopolimerkitosan dengan polivinil alkohol atau EDTA (Liu 2003, Rahayu 2003), krosling kitosan dengan grup karboksil, glutaraldehid atau asam glutarat, kitosan butiran campuran dengan asam asetat. Menurut Agusnar (2007) bahwa material kitosan ini mudah didapat atau diperoleh dan membutuhkan biaya yang relatif murah jika dipergunakan dalam menyerap senyawasenyawa yang beracun.

Gambar 2. Khitosan dari kulit udang

Kitin merupakan polisakarida panjang yang tidak bercabang, bernama 2-asetil-2-amino dioksi-D-glukosa, yang monomernya berikatan satu sama lain melalui ikatan 1-4. Kitin diproduksi dari kulit udang melalui proses isolasi dan purifikasi yang didahului proses demineralisasi dan dilanjutkan dengan proses deproteinasi (Muzzarelli 1977). Kitin adalah polisakarida yang membentuk kristal, dan terdapat di alam dalam tiga bentuk kristal kitin yang dibedakan berdasarkan susunan rantai molekul yang membangun kristalnya.

Kerangka utama penyusun kitin dan kitosan adalah grup heksosa (glukosa) sama dengan selulosa, oleh karena itu kitin kitosan dikelompokan pada selulosa alam tetapi mempunyai muatan berlawanan dengan selulosa lainnya. Adapun spesifikasi mutu kitin kitosan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Spesifikasi mutu kitin kitosan.

Spesifikasi	Kitin (Pangan)	Kitosan (Farmasi)	Larutan Kitosan (Teknis)
Penampakan	Serpihan putih/kekuningan	Serpihan/ Bubuk putih/ kekuningan	Cairan bening/ kekuningan
Kadar air	< 10%	≤ 10%	-
Kadar abu	< 2,5	≤ 0,2%	<0,5
Kadar N	< 1%	≤ 0,3%	<0,5
Derajat Deasetilasi	< 70%	70-100%	>90%
Viskositas	600cPs	< 50cPs	50cPs
Ketidak larutan	>90%	< 1%	<0,5%
Logam berat: Arsenik (Ar) Timbal (Pb)	 <10ppm <10ppm	 <10ppm <10ppm	 <10ppm <10ppm
Ph	7-9	7-9	<5,5

Sumber : Subasinghe (1999)

Penggunaan kitosan paling luas dan sudah begitu mapan dalam pengolahan limbah air. Melalui reaksi pengikatan (*chelating*), kitosan mampu menarik limbah beracun dan logam berat seperti plumbum, merkuri, cadmium, uranium, arsenik dan lain-lain (Alfian 2003, Rahayu 2007). Kitosan dari cangkang udang mampu menyerap logam sebesar 30% - 50% logam Hg (Masdaniah, 2016).

2.3. Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan sangat besar. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang

mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (Chapter, USU 2011)..

Produk karbon aktif yang telah dihasilkan melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi, baik aktivasi kimia maupun aktivasi fisika harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan menimgkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri (wikipedia,2012).

Karbon aktif memiliki daya serap tinggi karena memiliki volume pori yang dapat menyerap gas maupun residu dalam larutan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar (Desiani, 2014).

Tabel 3. Analisis Mutu Karbon Aktif

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

Sumber: SNI 06-3730-1995

Dalam pembuatan karbon aktif, terdapat syarat mutu atau kriteria mutu yang harus dimiliki oleh karbon aktif yang dibuat. 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 4.

Tabel 4. Syarat Mutu Karbon Aktif

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ^{0}C	%	Maks 15	Maks 25
Air	%	Maks 4,4	Maks 15
Abu	%	Maks 2,5	Maks 10
Bagian yang tidak berarang	-	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap I_2			
Karbon aktif murni	mg/g	Min 750	Min 750
Daya serap terhadap benzene	%	Min 80	Min 65
	%	Min 25	-
Daya serap terhadap metilen biru	mg/g	Min 60	Min 120
Kerapatan jenis curah			
Lolos ayakan mesh 325	-	0,45 – 0,55	0,30 – 0,35
Jarak mesh	%	-	-
Kekerasan	%	90	-
	%	80	-

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

2.3.1. 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. Kegunaaan 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.

2.3.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu, Dehidrasi,Karbonisasi, Aktivasi.

- **Dehidrasi**

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven.

- **Karbonisasi**

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisis (pembakaran) tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi yaitu :

1. **Waktu karbonisasi**

   Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah.

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.

- **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, M.T. dan T. Sinaga, 2003).

2.3.2.1 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 ^{0}C. Selama pemanasan ke dalamnya dialirkan uap air atau gas CO_2. Pada suhu dibawah 800 ^{0}C, aksi oksigen uap air ataupun gas CO_2 berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu diatas 1000 ^{0}C akan menyebabkan kerusakan susunan kisi-kisi heksagonal (Rumidatul, Alfi 2006).

2.3.2.2 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) Natrium Klorida (NaCl), Asam Phospat (H_3PO_4), Asam Nitrat (HNO_3), Hidrogen Peroxida (H_2O_2), Kalium Permanganat ($KMnO_4$), Ammonia Sulfat $(NH_4)_2SO_4$, 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 all* 1991).

Pembayun, 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 makan 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).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi:

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. Misalnya karbon aktif dari kulit buah mahoni dengna aktivator KOH yang diaktivasi selama 4 jam mampu mnyerap larutan iodium sebesar 20,253%. Dimana syarat mutu karbon aktif untuk daya serap terhadap iodin min. 20% (SII 0258-88).

2. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktifasi 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. Mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga permukaannya semakin porous (Kurniati, 2008).

3. Ukuran bahan

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

2.4. Karakteristik 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 150oC 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 all, 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 100oC 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

2.5. Komposit

Definisi dari komposit dalam lingkup ilmu material merupakan gabungan antara dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat.Komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat *(fibre)* sebagai *reinforcement* atau penguat dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat berfungsi untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik berfungsi untuk mengikat serat, melindungi, dan meneruskan gaya antar serat (Sutrisno, 2016).

Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal dimana merupakan susunan dari paling tidak terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik – matrix) dan suatu jenis penguatan (reinforcement) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*Reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang elastis tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber)*. Serat (*fiber)* yang digunakan bisa berupa *glass fibers, carbon fibers, aramid fibers* (*poly* a*ramide*), dan sebagainya.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat). Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulalate Composites* (Komposit Partikel). Merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sehingga komposit dapat disimpulkan adalah sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam sekala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

2.5.1 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan sturkturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

1. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal-organic* atau metal *anorganic*.
2. Klasifikasi menurut karakteristik *bult-from,* seperti *system matrik* atau *laminate*.
3. Klasifikasi menurut istribusi unsure pokok, seperti *continous* dan *disontinous*.
4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti *elektrikal* atau *structural*.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel–partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam–macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan

berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat – serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

2.5.2 Kegunaan Material Komposit

Penggunaan material komposit sangat luas, yaitu untuk :

1. Angkasa luar = Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, Komponen satelit.
2. Kesehatan = Kaki palsu, Sambungan sendi pada pinggang
3. *Marine* atau Kelautan = Kapal layar, Kayak
4. Industri Pertahanan = Komponen jet tempur, Peluru, Komponen kapal selam
5. Industri Pembinaan = Jembatan, Terowongan, Rumah, Tanks.
6. Olah raga dan rekreasi = Sepeda, Stik golf, Raket tenis, Sepatu olah raga.
7. *Automobile* = Komponen mesin, Komponen kereta
8. Angkasa luar = Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, Komponen satelit.

2.6 Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah cair industri kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hdrosiklon. Limbah cair industri minyak kelapa sawit mengandung bahan organic yang sangat tnggi yaitu BOD 25.500 mg/l, dan COD 48.000 mg/l sehingga kadar bahan pencemaran akan semakin tnggi. Oleh sebab itu untuk menurunkan kandungan kadar bahan pencemaran diperlukan degradasi bahan organik. Secara umum dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair

industry kelapa sawit adalah tercemarnya badan air penerima yang umumnya sungai karena hampir setiap industri minyak kelapa sawit berlokasi didekat sungai. Limbah cair industri kelapa sawit bila dibiarkan tanpa diolah lebih lanjut akan terbentuk ammonia, hal ini disebabkan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut terurai dan membentuk ammonia (azwir, 2006).

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

Tabel 5. baku mutu limbah cair untuk industri minyak sawit

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/l)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)
BOD_5	100	1,5
COD	350	3,0
TSS	250	1,8
Minyak dan Lemak	25	0,18
Ammonia total (sebagai NH_3-N)	20	0,12
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Maksimum	6 m^3 ton bahan baku	

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995

Limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki potensi sebagai pencemar lingkungan karena berbau, mengandung nilai COD dan BOD serta padatan tersuspensi yang tinggi. Penanganan limbah cair secara biologik lebih disukai karena dampak akhirnya terhadap pencemaran lingkungan minimal. Pengolahan limbah cair secara biologis dapat dilakukan dengan proses aerobik dan anaerobik. Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dimulai dengan proses anaerobik dan dilanjutkan dengan proses aerobik (Said, 1996).

2.7 SEM (Scanning Electron Microscope)

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah salah satu jenis mikroscop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energy tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas

electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi.

2.8 Pengolahan Palm Oil Mill Effluent

Industri berbasis kelapa sawit merupakan investasi yang relatif menguntungkan, namun demikian perlu diperhatikan pula beban pencemaran yang ditimbulkan bila tidak dilaksanakan dengan baik. Setiap ton tandan buah segar yang diolah menghasilkan limbah cair sekitar 50% dibandingkan dengan total limbah lainnya, sedangkan tandan kosong sebanyak 23% (Sutarta *et al*, 2000). Lubis dan Tobing (1989) mengatakan bahwa setiap 1 ton CPO menghasilkan limbah cair sebanyak 5 ton dengan BOD 20.000 - 60.000 mg/l.

Limbah cair yang dihasilkan harus mengikuti standard yang sudah ditetapkan dan tidak dapat dibuang/diaplikasikan secara langsung karena akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Parameter yang menjadi salah satu indikator kontrol untuk pembuangan limbah cair adalah angka biological oxygen demand (BOD). Angka BOD berarti angka yang menunjukkan kebutuhan oksigen. Jika air limbah mengandung BOD tinggi dibuang ke sungai maka oksigen yang ada di sungai tersebut akan terhisap material organik tersebut sehingga makhluk hidup lainnya akan kekurangan oksigen. Sedangkan angka chemical oxygen deman (COD) adalah angka yang menunjukkan suatu ukuran apakah dapat secara kimiawi dioksidasi. Fungsi dari pengolahan limbah (effluent treatment) adalah untuk menetralisir parameter limbah yang masih terkandung dalam cairan limbah sebelum diaplikasikan (land aplication). Mutu limbah cair yang dapat dialirkan ke sungai adalah: BOD 3.500 hingga 3.000 mg/liter, Minyak dan lemak ≤ 600 mg/liter, dan pH ≥ 6. Limbah Cair Kelapa Sawit Limbah cair kelapa sawit berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi dan hidrocyclon atau yang lebih dikenal dengan istilah Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan sisa buangan yang tidak bersifat toksik (tidak beracun), tetapi memiliki daya pencemaran yang tinggi karena kandungan organiknya dengan nilai BOD berkisar

18.000- 48.000 mg/L dan nilai COD berkisar 45.000-65.000 mg/L (Chin et al.,1996). Limbah cair yang dihasilkan tersebut harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dibuat tindakan pengendalian limbah cair melalui sistem kolam yang kemudian dapat diaplikasikan ke lahan. Limbah cair dalam sistem kolam terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Kolam Pendinginan C. Agar proses Limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki temperatur 75-90^0 C.
2. Kolam Pengasaman Pada kolam pengasaman akan terjadi penurunan pH dan pembentukan karbondioksida. Proses pengasaman ini dibiarkan selama 30 hari.
3. Kolam Pembiakan Bakteri Pada fase ini terjadi pembiakan bakteri, bakteri tersebut berfungsi untuk pembentukan methane, karbondioksida dan kenaikan pH. Proses pembiakan bakteri hingga limbah tersebut dapat diaplikasikan memerlukan waktu 30-40 hari.

2.8.1 Fat Pit

Limbah dari PKS dialirkan masuk kedalam *fat pit*. Pada *fat pit* ini terjadi pemanasan dengan menggunakan steam dari BPV. Pemanasan ini diperlukan untuk memudahkan pemisahan minyak dengan sludge sebab pada *fat pit* ini masih dimungkinkan untuk melakukan pengutipan minyak dengan menggunakan *skimmer*. Limbah dari *fat pit* ini kemudian dialirkan ke kolam *cooling pond* yang berguna untuk mendinginkan limbah yang telah dipanaskan.

2.8.2 Cooling Pond

Selain untuk mendinginkan limbah, *cooling pond* juga berfungsi untuk mengendapkan sludge. Setelah dari *cooling pond* I limbah kemudian masuk ke *cooling pond* II untuk dilakukan proses pendinginan yang sama dengan *cooling pond* I. Limbah dari *cooling pond* II kemudian dialirkan ke kolam *anaerobic* 1, 2, 3.

Gambar 3. Cooling Pond

2.8.3 Kolah Anaerobic

Pada kolam *anaerobic* ini terjadi perlakuan biologis terhadap limbah dengan menggunakan bakteri metagonik yang telah ada di kolam. Unsur organik yang terdapat dalam limbah cair digunakan bakteri sebagai makanan dalam proses mengubahnya menjadi bahan yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Pada kolam *anaerobic* terjadi penurunan BOD dan kenaikan pH minimal 6. Ketebalan *scum* pada kolam *anaerobic* tidak boleh > 25 cm, jika ketebalannya telah melebihi 25 cm maka itu merupakan tanda bahwa bakteri sudah kurang berfungsi.

Gambar 4. Kolam Aerobik

2.8.4 Maturity Pond

Setelah dari kolam *anaerobic*, limbah masuk ke kolam *maturity pond* yang berfungsi untuk pematangan limbah (serta kenaikan pH dan penurunan BOD). Di

maturity pond ini terdapat pompa yang berfungsi mensirkulasikan limbah kembali ke kolam *anaerobic* (ditunjukkan oleh garis putus-putus pada *flow process*). Kegunaan sirkulasi adalah untuk membantu menurunkan suhu dan menaikkan pH di kolam *anaerobic* 1, 2, 3.

Gambar 5. Manurity Pond

2.8.5 Kolam Aplikasi

Setelah dari *maturity pond* limbah kemudian masuk ke kolam aplikasi yang merupakan tempat pembuangan akhir limbah. Limbah yang terdapat pada kolam aplikasi ini digunakan untuk pupuk tanaman kelapa sawit (*land application*).

Gambar 6. Kolam Aplikasi

Ada beberapa pilihan dalam pengelolaan limbah cair PKS setelah diolah di kolam pengelolaan limbah (IPAL) diantaranya adalah dibuang ke badan sungai atau

diaplikasikan ke areal tanaman kelapa sawit yang dikenal dengan land application. Pembuangan limbah cair ke badan sungai bisa dilakukan dengan syarat telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan perundangan. Alternatif ini mempunyai beberapa kelemahan diantaranya:

- Pengelolaan limbah cair sehingga menjadi layak dibuang ke badan sungai (BOD dibawah 100 ppm), secara teknis bisa dilakukan tetapi memerlukan biaya dan teknologi yang tinggi di samping waktu retensi efluen yang panjang di kolam-kolam pengelolaan.
- Tidak ada nilai tambah baik bagi lingkungan maupun bagi perusahaan
- Merupakan potensi sumber konflik oleh masyarakat karena perusahaan dianggap membuang limbahnya ke badan sungai adalah berbahaya walaupun limbah tersebut mempunyai BOD di bawah 100 ppm.

2.9 Analisa Limbah Cair Industri Kelapa Sawit

2.9.1 Kadar pH

Ph pada limbah cair kelapa sawit sangat berpengaruh yang apabila tidak ditindak lanjuti akan mengakibatkan kerusakan pada lingkungan perairan.

2.9.2 COD

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.

Dari hasil penelitian (azwir, 2006) bahwa limbah cair industri Kelapa Sawit rata-rata mengandung COD 48.000 mg/L kandungan COD didalamnya. Sedangkan baku mutu limbah cair industri kelapa sawit menurut KepMenLH No. Kep-

51/MENLH/10/1995 adalah 350 mg/L. Sehingga limbah tersebut perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari perairan.

2.9.3 BOD (*Biological Oxygen Demand)*

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).

Dari hasil penelitian (Azmi dan Yunos, 2014) bahwa limbah cair industri Kelapa Sawit rata-rata mengandung BOD 25.000 mg/L kandungan BOD didalamnya. Sedangkan baku mutu limbah cair industri kelapa sawit menurut KepMenLH No. Kep-51/MENLH/10/1995 adalah 350 mg/L. Sehingga limbah tersebut perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari perairan.