

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya belum maksimal dan 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 2.1. Analisis Cangkang Kelapa Sawit

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

Sumber : (Raharjo, 2012)

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 (Standart Industri Indonesia) SII, kecuali kadar abu.



Gambar 2.1. Cangkang Kelapa Sawit

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 - 600⁰C, dengan waktu pengarangan 2 - 3 jam (Purwanto, 2011).

2.2. Kitosan

Kitosan adalah bahan kimia multiguna berbentuk serat dan polimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kekuning-kuningan, tidak berbau. Kitosan sendiri dipilih karena sumber kitosan cukup melimpah di alam. Selain itu kitosan sendiri terpilih karena sumber kitosan cukup melimpah di alam. Kitosan juga biopolimer yang efektif untuk digunakan sebagai absorben logam berat dikarenakan sifat yang tidak beracun. Dengan prinsip daur ulang limbah dari kulit udang dan cangkang kepiting dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kitosan dengan cara mengubah kitin dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kitosan dengan cara mengubah kitin menjadi kitosan. Kitosan juga dapat dibentuk menjadi film tipis (Hassan dan Sulaiman, 1996).



Gambar 2.2. Kitosan

Di sisi lain kitosan bersifat basa dan mudah larut dalam media asam banyak digunakan untuk pembuatan gel dalam beberapa variasi konfigurasi seperti butiran, membran, pelapis, kapsul, serat dan spon (Krajweska, 2001). Namun, kitosan dalam pembuatan membran memiliki sifat mekanik yang rendah yaitu mudah rapuh dan tidak cocok dalam kondisi kering (Cheng, 2008). Kitosan merupakan senyawa polimer alam yang turunan kitin yang diisolasi dari limbah perikanan, seperti kulit udang dan cangkang kepiting dengan kandungan kitin antara 65-70 persen. Sumber bahan baku kitosan di antara lain kalajengking, jamur, cumi, gurita, serangga, laba-laba dan ulat sutera dengan kandungan kitin antara 5-45 persen.

Kitosan merupakan bahan kimia multiguna berbentuk serat dan merupakan kopolimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, tidak berbau.

Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin melalui proses kimia menggunakan basa *natrium hidroksida* atau proses enzimatis menggunakan enzim *chitin deacetylase*. Serat ini bersifat tidak dicerna dan tidak diserap tubuh. Sifat menonjol kitosan adalah kemampuan mengabsorpsi lemak hingga 4-5 kali beratnya (Rismana, 2006).

Kitosan juga disebut senyawa kimia berasal dari bahan hayati kitin, suatu senyawa organik yang melimpah di alam ini setelah *selulosa*. Kitin ini umumnya diperoleh dari kerangka hewan Invertebrata dari kelompok *Arthropoda sp*, *Molusco sp*, *Coelenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp*, dan beberapa dari kelompok jamur selain dari kerangka hewan Invertebrata, juga banyak ditemukan pada bagian insang ikan, trakea, dinding usus dan pada kulit cumi-cumi. Sebagai sumber utama ialah cangkang *Crustaceae sp* yaitu udang yaitu udang, lobster, kepiting, dan hewan yang bercangkang lainnya, terutama asal laut. Sumber ini diutamakan karena bertujuan untuk memberdayakan limbah udang (Hawab,2005).

2.3. Karbon Aktif

Arang aktif adalah senyawa berwujud karbon yang telah diolah sehingga memiliki porositas tinggi dan luas permukaan besar. Dua sifat ini menyebabkan arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk berbagai senyawa organik pada pengolahan air limbah. Berbagai macam sifat permukaan arang aktif juga dapat diproduksi dalam rangka memenuhi persyaratan untuk penggunaan tertentu. Pasar terbesar produk arang aktif adalah untuk pengolahan air dan air limbah (Kirk & Othmer 1964).



Gambar 2.3. Karbon Aktif

Proses karbonisasi merupakan salah satu tahap penting dalam pembuatan arang aktif. Pada umumnya proses ini dilakukan pada suhu 400–600 °C (Smisek & Cerny 1970). 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.

Tabel 2.2. 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: 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 di Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Syarat Mutu Karbon Aktif

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °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	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. Kegunaan Karbon Aktif

Ada dua macam jenis arang aktif yang dibedakan menurut fungsinya (Setyaningsih, 1995) :

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

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

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

Sudrajat dan Salim (1994) mengemukakan bahwa arang aktif dapat memurnikan produk yang dihasilkan industri dan juga berguna untuk mendapatkan kembali zat-zat berharga dari campurannya serta sebagai obat.

Tabel 2.4. Penggunaan Karbon Aktif di Industri

No	Pemakai	Kegunaan	Jenis/Mesh
1.	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan bau dan rasa	8x30, 325
2.	Minuman keras dan ringan	Penghilangan warna, bau pada minuman	4x8, 4x12
3.	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	4x8, 4x12, 8x30
4.	Pembersih air	Penghilangan warna, bau, penghilangan resin	-
5.	Budi daya udang	Pemurnian, penghilangan, <i>ammonia</i> , <i>netrite phenol</i> dan logam berat	4x8, 4x12
6.	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna, menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna	4x8, 4x12
7.	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut	4x8, 4x12, 8x30
8.	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap	4x8, 4x12
9.	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut vinil klorida, vinil asetat	4x8, 4x30
10.	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilangan bau	8x30

Sumber : Meilita. T. Sembiring, ST dan Tuti. S. Sinaga, ST (2003)

2.3.2. Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah proses mengubah bahan menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau seminimal mungkin. Proses pembakaran dikatakan sempurna jika hasil pembakaran berupa abu dan seluruh energi di dalam bahan organik dibebaskan ke lingkungan dengan perlahan. Secara ringkas proses karbonisasi dapat ditampilkan dalam bagan (Kurniawan dan Marsono 2008). 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.

2.3.3. 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). Metoda aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

2.3.3.1. Aktivasi Secara Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂ (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 sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan

konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon pengotor pada arang. (Rumidatul, Alfi 2006).

2.3.3.2. Aktivasi Secara Kimia

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). 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 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).

2.3.4. Karakterisasi Karbon Aktif

Penentuan sifat-sifat karbon aktif yang diperoleh melalui karbonisasi dan aktivasi, maka perlu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi dalam penelitian ini meliputi ,

1. Kadar Air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif, dimana karbon aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air.

Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15% (Jankowska, *et al*: 1991).

2. 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 sebanyak 1 gram lalu dipanaskan dalam furnace pada suhu 900°C selama 7 menit. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 15%.

3. Kadar Abu

Penentuan kadar abu biasanya pada temperatur 600-900°C selama 3-16 jam. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10% (Jankowska, *et al*: 1991).

4. Penentuan Karbon Terikat

Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat organik) dan zat-zat yang masih terdapat pori-pori arang. Prosedur pengujian dan perhitungan kadar karbon mengacu pada SNI 06-3730-1995.

5. Daya Serap Iodine

Angka iodin didefinisikan sebagai jumlah miligram iodin yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif.. (Jankowska, *et al*: 1991). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mampu menyerap iodin minimal 200 mg/L.

Tabel 2.5. Persyaratan Arang Aktif menurut Standart Industri Indonesia (SII No. 0258-79) yang dikeluarkan Departmen Perindustrian.

No.	Parameter	Satuan	Kadar
1	Bagian yang hilang pada suhu 950°C	%	Max 15
2	Air	%	Max 10
3	Abu	%	Max 2.5
4	Daya serap terhadap I ₂	%	Min 20

(Sumber: BPKI, 2009)

2.4. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap di mana terjadi suatu ikatan kimia

fisika antara substansi dan penyerapnya. Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat ikatan fisika dan kimia. Adsorpsi dalam air limbah sering mengikuti proses biologis untuk menyisihkan bahan-bahan yang tidak tersisihkan oleh proses biologis, misalnya bahan organik non-biodegradabel. (Masduqi dan Slamet, 2000).

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. Komposit

Menurut Robert M. Jones dalam *Mechanics of Composite Material* (1999), bahan komposit berarti dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna. Bahan tersebut mempertahankan sifatnya dalam komposit yaitu, saling tidak larut atau menggabungkan sepenuhnya satu sama lain.. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

2.5.1. Macam-macam Komposit

Ditinjau dari unsur pokok penyusun komposit, maka komposit dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1. Komposit Lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapisan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda.

2. Komposit Serpihan

Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam matriks.

3. Komposit Partikel

Komposit yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama.

4. Komposit Serat

Komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu lapisan. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (asbes, kaca, boron) atau serat organik (selulosa, polipropilena, polietilena bermodulus tinggi, sabut kelapa, ijuk, tandan kosong sawit, dll).

2.6. *Palm Milk Effluent Oil (POME)*

Indonesia berada pada posisi terdepan industri kelapa sawit dunia. Panen rata-rata tahunan minyak sawit mentah Indonesia meningkat sebesar tiga persen pada 10 tahun terakhir, sedangkan wilayah yang ditanami kelapa sawit meningkat selama sembilan tahun terakhir. Indonesia juga mengharapkan peningkatan produksi minyak sawit mentah dari 28,5 juta metrik ton pada tahun 2014 (MCA Indonesia, 2014).

Dampak lain perkembangan pesat produksi minyak sawit mentah adalah limbah cair kelapa sawit, yang sering disebut sebagai *Palm Oil Mill Effluent* atau POME. Setiap ton tandan buah segar yang diolah menghasilkan limbah cair sekitar 50% dibandingkan dengan total limbah lainnya, sedangkan tandan kosong sebanyak 23% (Sutarta dalam Wibisono, 2013). POME adalah limbah cair kelapa sawit yang masih mengandung banyak padatan terlarut. Sebagian besar padatan terlarut ini berasal dari material lignoselulosa mengandung minyak yang berasal

dari buah sawit. Lignoselulosa dalam POME adalah penyusun terbanyak dari tanaman berkayu. Lignoselulosa terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan material berselulosa.

POME umumnya merupakan hasil buangan dari proses perebusan (*sterilization*) dan pemurnian minyak (*clarification*). POME memiliki konsentrasi partikel organik berupa karbohidrat, protein, lemak, serta mineral yang cukup tinggi dengan kandungan COD dan BOD juga tinggi. POME bersifat non-toksik karena tidak ada penambahan bahan kimia selama proses pemurnian minyak sawit.

2.6.1. Karakteristik POME

Palm Oil Mill Effluent atau limbah cair pabrik kelapa sawit merupakan salah satu limbah agroindustri yang paling sering menyebabkan polusi. Limbah ini memiliki konsentrasi yang tinggi dan berwarna coklat pekat. Karakteristik POME dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Karakteristik *Palm Oil Mill Effluent* (POME)

Parameter	Konsentrasi*
pH	4,7
Temperatur	80-90
BOD ₃ hari, 30 °C	25.000
COD	50.000
<i>Total Solids</i>	40.500
<i>Suspended Solids</i>	18.000
<i>Total Volatile Solids</i>	34.000
<i>Amoniacal-Nitrogen</i>	35
Total Nitrogen	750
<i>Phosphorus</i>	18
<i>Potassium</i>	2.270
<i>Magnesium</i>	615
Kalsium	439
<i>Boron</i>	7,6
<i>Iron</i>	46,5
<i>Manganese</i>	2,0
<i>Copper</i>	0,89
<i>Zinc</i>	2,3

*Seluruh parameter dalam mg/l kecuali pH dan temperatur (°C)

Sumber : Lang, 2007

Sebelum limbah cair ini dapat dibuang ke lingkungan terlebih dahulu harus diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan. Tabel 2.7, berikut ini adalah baku mutu untuk limbah cair industri minyak kelapa sawit berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Tabel 2.7. Baku Mutu Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit

Parameter	Kadar Maksimum	Beban Pencemaran
	(mg/l)	Maksimum (Kg/ton)
BOD ₅	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan lemak	25	0,063
Nitrogen total (sebagai N)	50,0	0,125
Nikel (Ni)		0,5 mg/l
Kobal (Co)		0,6 mg/ L
pH		6,0 – 9,0
Debit limbah maksimum	2,5 m ³ per ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber : Keputusan Menteri LH No.5. 2014.

2.7. Analisa POME

2.7.1. Kadar pH

Menurut Lang, tahun 2007, pH limbah cair industri kelapa sawit berkisar pada 4-5 dan apabila tidak diolah lebih lanjut akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

2.7.2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

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.

Tingginya kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) sejumlah 50.000- 70.000 mg/L dalam limbah cair kelapa sawit memberikan potensi untuk

konversi listrik dengan menangkap gas metana yang dihasilkan melalui serangkaian tahapan proses pemurnian. Sumber energi terbarukan tersebut dapat menghasilkan listrik bagi desa-desa di sekitar perkebunan sawit yang saat ini banyak bergantung pada generator diesel yang mahal, serta mengurangi emisi gas-gas rumah kaca dengan mengubah limbah bermasalah menjadi energi. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5. 2014 COD yang diperbolehkan untuk limbah cair kelapa sawit adalah 350 mg/L

2.7.3. 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).

Proses pengolahan minyak sawit menghasilkan sejumlah besar limbah cair (55-67 persen), yang dapat mencemari air karena mengandung 20.000 - 30.000 mg/L *Biological Oxygen Demand* (BOD). Peningkatan kandungan BOD mengurangi kadar oksigen dalam air, sehingga berbahaya bagi ekosistem perairan, bahkan dapat menghilangkan keanekaragaman hayati di dalamnya. Pemrosesan POME mengurangi sejumlah besar kandungan BOD dan mengurangi dampak negatif dari limbah pabrik kelapa sawit terhadap ekosistem perairan. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5. 2014, BOD yang diperbolehkan untuk limbah cair kelapa sawit adalah 100 mg/L

2.7.4. SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan alat yang dapat membentuk bayangan permukaan. Struktur permukaan suatu benda uji dapat dipelajari dengan mikroskop elektron pancaran karena jauh lebih mudah

mempelajari struktur permukaan itu secara langsung. Pada SEM suatu berkas insiden elektron yang sangat halus di-scan menyilangi permukaan sampel dalam sinkronisasi dengan berkas tersebut dalam tabung sinar katoda. Elektron-elektron yang akan terhambur digunakan untuk memproduksi sinyal yang memodulasi berkas dalam tabung sinar katoda, yang memproduksi suatu citra dengan kedalaman medan yang besar dan penampakan yang hampir tiga dimensi. SEM memberikan informasi yang bermanfaat mengenai topologi permukaan dengan resolusi sekitar 100 \AA (Fahrizal, 2016).



Gambar 2.4. Alat SEM Tipe *JSM-6510A/ JSM-6510LA (Analytical / Analytical low vacuum SEM)*

Sumber : fmipa ITB

SEM adalah jenis mikroskop elektron yang gambar permukaan sampel dipindai dengan menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam pola pemindai *pixel*. Mikroskop Pemindai Elektron SEM adalah mikroskop yang menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Elektron berinteraksi dengan atom-atom yang membentuk sampel menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi dan sifat-sifat lain seperti konduktivitas listrik.

Alat ini memiliki banyak keuntungan jika dibandingkan dengan menggunakan mikroskop cahaya. SEM menghasilkan bayangan dengan resolusi yang tinggi, yang maksudnya adalah pada jarak yang sangat dekat tetap dapat menghasilkan perbesaran yang maksimal tanpa memecahkan gambar. Persiapan

sampel relatif mudah. Kombinasi dari perbesaran kedalaman jarak fokus, resolusi yang bagus, dan persiapan yang mudah, membuat SEM merupakan satu dari alat-alat yang sangat penting untuk digunakan dalam penelitian saat ini.

Kelebihan dari SEM adalah bahwa tidak diperlukan persiapan sampel secara khusus. Tebal sampel tidak masalah bagi SEM seperti halnya pada *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Oleh karena itu sampel tebal dapat juga dianalisa dengan SEM asalkan dapat ditaruh di atas tatakan sampelnya. Hampir semua bahan non-konduktor yang dianalisa dengan SEM perlu dilapisi dengan lapisan tipis pada permukaannya dengan bahan konduktor. Lapisan ini penting untuk meniadakan atau mereduksi muatan listrik yang tertumpuk secara cepat dibahan non-konduktor pada saat disinari dengan berkas elektron energi tinggi. Bahan pelapisan yang biasa dipakai adalah emas atau karbon, bila lapisan ini tidak ada maka pada sampel non-konduktor akan menghasilkan distorsi, kerusakan thermal dan radiasi yang dapat merusak material sampel. Pada situasi yang ekstrim, sampel dapat memperoleh muatan yang cukup untuk melawan berkas elektron yang jatuh padanya sehingga sampel ini bertindak sebagai cermin.

Sedangkan kelemahan dari teknik SEM antara lain memerlukan kondisi vakum, hanya menganalisa permukaan, resolusi lebih rendah dari TEM, dan sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapisi logam seperti mikroskop cahaya dengan elektron.