

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit adalah bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit, dan merupakan bahan bakar padat kelas tinggi yang dapat diperbarui untuk pembakaran, baik bersama-sama dengan uap batubara atau dibakar dibiomassa pembangkit tenaga listrik, yang biasanya dicampur dengan tingkatan lain dari biomassa, seperti potongan kayu.

Setelah dikaji lebih dalam ternyata cangkang kelapa sawit termasuk bahan berlignoselulosa yang berkadar karbon tinggi dan mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai $1,4 \text{ gr/cm}^3$, dimana semakin besar berat jenis bahan baku maka daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar, karakteristik ini memungkinkan bahan tersebut baik untuk dijadikan arang aktif (Nurmala dan Hartoyo, 1998). Nilai energi panas cangkang juga tinggi sebesar 20.093 kJ/kg (Anonim, 2005). Untuk gambar dari cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 1.



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. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C 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).

Cangkang kelapa sawit mengandung lignin (29,4%), hemiselulosa (27,7%), selulosa (26,6%), air (8,0%), abu (0,6%) dan komponen ekstraktif (4,2%), dimana seluruh senyawa ini termasuk dalam senyawa hidrokarbon, (Prananta, 2009).

Tabel 1. Komposisi Abu Sawit (% berat)

Senyawa	Sabut	Kulit buah	Tandan
Kalium (K)	9,2	7,5	25,8
Natrium (N)	0,5	1,1	0,03
Kalsium (Ca)	4,9	1,5	2,7
Magnesium (Mg)	2,3	2,8	2,8
Klor (Cl)	2,5	1,3	4,9
Karbonat (CO ₃)	2,6	1,9	9,2
Nitrogen (N)	0,04	0,05	-
Posfor (P)	1,4	0,9	0,2
Silika (SiO ₃)	59,1	61	19,1

Sumber : Jurnal Sains dan Teknologi

2.2 Sekam Padi

Sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari penggilingan padi disamping jerami padi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi di Indonesia pada tahun 2004 mencapai 53,67 ton gabah kering giling dan menghasilkan sekam padi sebesar 12 juta ton sedangkan produksi padi di Sumatra Selatan pada tahun 2005 sebesar 2.320.110 ton gabah kering giling atau setara dengan 1.466.310 ton beras dan menghasilkan sekam padi sebesar 522.025 ton. Komposisi sekam dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi

Kandungan	Persentase
C-organik	45,06
N-total	0,31
P-total	0,07
K-total	0,28
Mg-total	0,16
SiO ₃	33,01

Kimia Sekam Padi

Sumber : Balai Penelitian Pasca Panen Pertanian, 2009

Sekam tersusun dari Palea dan Lemma (bagian yang lebar) yang terikat dengan struktur pengikat yang menyerupai kiat. Sel-sel sekam yang telah masuk mengandung Lignin dan Silica dalam konsentrasi tinggi. Kandungan Silica diperkirakan berada dalam lapisan luar sehingga permukaannya keras dan sulit menyerap air, mempertahankan kelembaban, serta memerlukan waktu yang lama untuk mendekomposisikannya.

Sekam memiliki kerapatan jenis 125 kg/m³ dengan nilai kalor 1 kg sekam sebesar 3300 kalori (Sumber: Balai Penelitian Pasca Panen Pertanian,2009). Sekam padi terdiri dari beberapa komponen, seperti kadar air, protein kasar, lemak, serat kasar, kadar abu, dan karbohidrat. Komponen-komponen yang terdapat dalam sekam padi tersebut memiliki kadar tertentu. Kadar dari komponen yang terdapat dalam sekam padi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Senyawa Sekam

Kandungan	Persentase
Kadar air	9,02
Protein kasar	3,03
Lemak	3,18
Serat kasar	35,68
Kadar abu	17,71
Karbohidrat	33,71

Sumber : Balai Penelitian Pasca Panen Pertanian,2009)

Sedangkan kandungan kimia dari abu hasil pembakaran sekam padi adalah seperti yang tercantum pada tabel 4 :

Tabel 4. Komposisi Abu Sekam Padi

Komposisi	% Berat
SiO ₂	86,90 – 97,30
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0,00 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,84

Sumber: Houston,D.F, 1972 dalam Sihombing

SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0,00 – 0,42

2.3 Karbon Aktif (Arang Aktif)

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. sesuai penggunaannya, arang aktif digolongkan ke dalam produk kimia dan bukan bahan energy seperti arang atau briket arang. Teknologi pengolahan lanjutan arang menjadi arang aktif akan memberikan nilai tambahan yang besar ditinjau dari penggunaan dan nilai ekonomisnya.

Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-2000m³/gr, dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif. Syarat mutu dari arang aktif dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Syarat Mutu Karbon Aktif

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang 950°C, %	%	Maks 15	Maks 25
Air %	-	Maks 4,4	Maks 15
Abu %	-	Maks 2,5	Maks 10
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/l	Min 60	Min 120
Kerapatan jenis curah	gr/cm ³	0,45-0,55	0,30-0,35
pH	-	6-8	6-8

Sumber: standar industry Indonesia (SII-0258-79)

Cheremisinoff dan A.C. Moressi (1978), mengemukakan bahwa proses pembuatan arang aktif terdiri dari tiga tahap yaitu :

- a. Dehidrasi: proses penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperature 170°C .
- b. Karbonisasi: pemecahan bahan-bahan organic menjadi karbon. Temperature di atas 170°C akan menghasilkan CO, CO_2 dan asam asetat. Pada temperature 275°C , dekomposisi menghasilkan tar, methanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperature $400-600^{\circ}\text{C}$.
- c. Aktivasi: dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan uap atau CO_2 sebagai aktivator.

Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

1. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang 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.

3. Kadar Air Terikat (*Inherent Moisture*)

Kandungan air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam karbonaktif setelah bahan baku berkarbon melalui tahapan karbonisasi dan

aktivasi kimia, baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luarseperti iklim, ukuran butiran maupun proses penyaringan. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif.

4. Abu (*Ash Content*)

Abu di dalam karbon aktif merupakan kadar mineral matter yang terkandung di dalamnya yang tidak terbakar pada proses karbonisasi dan tidak terpisah pada proses aktivasi.

5. Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperature pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperature yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatile, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

6. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

7. Waktu Kontak

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selain ditentukan oleh dosis arang aktif pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.4 Jenis-jenis Karbon Aktif (Arang Aktif)

Arang aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu arang aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baju. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas dan mempunyai struktur yang lemah.

Berdasarkan ukuran pori-porinya karbon aktif dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Makropori = Dengan ukuran jari-jari 25 nm, Volume pori 0,2 – 0,5 cm³/g, luas permukaan 0,5 – 2 m³/g yang mempunyai fungsi sebagai pintu masuk ke karbon aktif.
2. Mesopori = Dengan ukuran jari-jari 1 – 25 nm, volume pori 0,02 – 0,05 cm³/g, luas permukaan 1 – 100m³/g yang mempunyai fungsi sebagai sarana transportasi.
3. Mikropori : Dengan ukuran jari-jari < 1 nm, volume pori 0,15 – 0,5 cm³/g, luas permukaan 100 – 1000 m³/g yang mempunyai fungsi sebagai adsorpsi.

Arang aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras.

2.5 Kegunaan Karbon Aktif

Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air, permunian gas, industri minuman, farmasi, katalisator, dan berbagai macam penggunaan lain. Karbon aktif juga bisa digunakan untuk mengadsorbsi senyawa sianida termasuk

bahan beracun berbahaya (B3) pada aliran air sungai dan limbah cair pada industry.

Berbagai upaya digunakan untuk mengurangi pencemaran lingkungan tersebut, salah satunya dengan penyerapan karbon aktif yang ditentukan melalui pengamatan pengaruh pH, konsentrasi penyerapan dan waktu. Karbon aktif merupakan bahan yang multifungsi dimana hamper sebagian besar telah dipakai penggunaannya oleh berbagai macam jenis industry. Aplikasi terhadap penggunaan karbon aktif dapat dilihat dari tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Aplikasi Penggunaan Karbon Aktif dalam Industri

No	Pemakaian	Kegunaan	Jenis/mesh
1	Industri obat dan makanan	Menyaring penghilang bau dan rasa	8x30, 325
2	Minuman keras dan ringan	Penghilang warna, bau pada minuman	4x8, 4x12
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	4x8, 4x12 8x30
4	Pembersih air	Penghilang warna, bau penghilang resin	
5	Budi daya udang	Pemurnian, penghilangan ammonia, nitrit, penol, 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 khlorida, vinil asetat	4x8, 4x30
10	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilangan bau	8x30

Sumber : arifin_pararaja(2011)

2.6 Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C (Tutik M dan Faizah H, 2001)

1. Pada suhu 100-120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270°C.
2. Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligant, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri CO dan CO₂.
3. Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas CO₂ menurun sedangkan gas CO dan CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon. (R. Sudrajat, 1994)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi :

1. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas semakin meningkat. waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Misalnya : tempurung kelapa memerlukan waktu 3 jam (BPPI Bogor, 1980) dan tempurung kemiri 1 jam (BARDI M dan A Mun'im, 1999).

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. untuk tempurung kemiri suhu karbonisasi 400°C (BARDI M dan A Mun'im, 1999), dan tempurung kelapa suhu karbonisasi 600°C (BPPI Bogor, 1980).

2.7 Proses Aktivasi

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan di samping bahan baku yang digunakan. 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.

Metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

- a. Aktivasi Kimia : proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia.
- b. Aktivasi Fisika : proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 .

Untuk aktivasi kimia, aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti: hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, posfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl_2 asam-asam organik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 .

Untuk aktivasi fisika, bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Selanjutnya arang tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktifasi dengan cara pemanasan pada temperature 1000°C yang disertai pengaliran uap.

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.

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.

3. Ukuran bahan

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

2.8 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 penyerapannya. 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. Oleh karena itu adsorpsi sering dikelompokkan sebagai pengolahan tersier (Sawyer et. al., 1994 dalam Masduqi dan Slamet, 2000).

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekuler adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekuler dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi.

Terjadi pembentukan yang cepat sebuah kesetimbangan konsentrasi antarmuka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel karbon. Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi oleh molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel karbon. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperature, dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut (Freeman, 1989)

Pada proses adsorpsi dibatasi proses difusi film dan difusi pori yang tergantung pada lamanya kontak antara partikel adsorben dan fluida dari sistem. Bila lamanya kontak relative sedikit maka lapisan film yang disekelilingi partikel akan tebal sehingga proses adsorpsi berlangsung lambat. Dengan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film meningkat.

Morris dan weber menemukan bahwa laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben. Kecepatan ini juga

meningkat dengan menurunnya pH sebab perubahan muatan pada permukaan karbon. Kapasitas adsorpsi dari karbon terhadap suatu zat terlarut tergantung pada dua-duanya, karbon dan zat terlarutnya. Kebanyakan limbah cair adalah kompleks dan bervariasi dalam hal kemampuan adsorpsi dari campuran-campuran yang ada. Struktur molekul, kelarutan. Dsb, semuanya berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi (Rosen, 1989).

2.9 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan isoterm Freunlich, Lengmuir, dan Breneur, Emmet dan Teller (BET). Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi cair-padat pada umumnya menganut tipe isoterm Freunlich dan Lengmuir (Atkins, 1999). Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentasi penyerapan yang tinggi.

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{C_1 - C_2}{m} \times V$$

Sedangkan persentasi adsorpsi (efisiensi adsorpsi) dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%E = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Q = kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)
- C1 = konsentrasi awal larutan (mg/L)
- C2 = konsentrasi akhir larutan (mg/L)
- M = massa adsorben (g)
- V = volume larutan (mL)
- %E = efisiensi adsorpsi

2.9.1 Isoterm Lengmuir

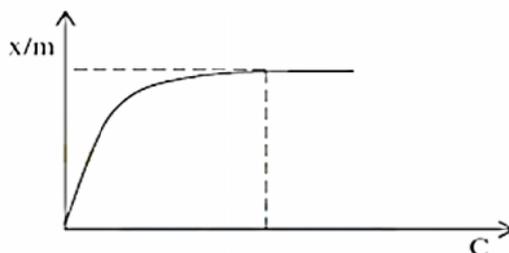
Tipe Isoterm Lengmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui

ikatan kimia yang sangat kuat antara sisi aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena ikatan kimia biasanya bersifat spesifik sehingga permukaan adsorben mampu mengikat adsorbat dengan ikatan kimia. Isoterm Lengmuir diturunkan berdasarkan teori dengan persamaan:

$$\frac{w}{m} = \frac{\alpha\beta c}{1 + \beta c}$$

Isoterm Lengmuir dipelajari untuk menggambarkan pembatasan sisi adsorpsi dengan asumsi bahwa sejumlah tertentu sisi sentuh adsorben ada pada permukaannya dan semua memiliki energi yang sama, serta adsorpsi bersifat balik (Atkins, 1999). Konstanta α dan β dapat ditemukan dari kurva hubungan $\frac{c}{x/m}$ terhadap c dengan persamaan:

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{\alpha\beta} + \frac{1}{\alpha} C$$



Gambar 2. Kurva Isoterm Lengmuir

2.9.2 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich merupakan isoterm yang paling umum digunakan dan dapat mendeskripsikan proses adsorpsi dengan lebih baik (Jason, 2004). Isoterm Freundlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan. Freundlich memformulasikan persamaan isotermnya sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = kC^{1/n}$$

Apabila dilogartimkan, persamaan akan menjadi:

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan:

x/m = jumlah adsorbat teradsorpsi perunit massa adsorben (mg/g)

c = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi

k, n = konstanta empiris

Isoterm Freunlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi dibawah kondisi yang diberikan. Isoterm Freunlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Jason,2004).

2.10 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327 °C dan titik didih 1.620 °C. Pada suhu 550– 600°C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Walaupun bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (*TEL: tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (*TML : tetra methyl lead*) dan timbal stearat. Merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan coating (Saryan, 1994. Palar, 2004 dalam Suciani, 2007).

Keterlibatan aktivitas manusia terutama dalam proses industrialisasi di abad 19 dan 20 telah mengakibatkan pencemaran lingkungan. Penggunaan logam timbal dalam industri menghasilkan polutan yang bersifat merugikan kehidupan biologik. Sumber utama polusi timbal pada lingkungan berasal dari proses pertambangan, peleburan dan pemurnian logam tersebut, hasil limbah industri, dan asap kendaraan bermotor (Darmono, 2001 dalam Kurniawan 2008).

Timbal atau timah hitam termasuk logam yang sangat populer dan banyak di kenalehorangawam.Haltersebutdisebabkanolehbanyaknya

timbal yang digunakan di pabrik dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup (Darmono, 1995). Timbal (Pb) merupakan logam yang amat beracun, tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain. Oleh karena itu, apabila timbal terlepas ke lingkungan akan menjadi ancaman bagi makhluk hidup. Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan industri. Hal tersebut dikarenakan, timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat antara lain:

- 1) Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk.
- 2) Mempunyai titik cair yang rendah sehingga bila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana
- 3) Mempunyai *densitas* lebih tinggi di bandingkan dengan logam lainnya, kecuali merkuri dan emas (Sunu, 2001).

2.11 Limbah Tumpahan Minyak

Pengolahan minyak mentah (*crude oil*) sangat membutuhkan energi yang merupakan bahan baku sumber daya alam sangat berpotensi terjadinya kerusakan/pencemaran lingkungan, disamping melalui proses fisik dan kimia dalam pengolahan bahan baku cenderung menghasilkan polusi seperti : partikel, gas karbon monoksida (CO), gas karbon dioksida (CO₂), gas belerang oksida (SO₂), dan uap air. Sesuai dengan jenis produksinya, maka kilang minyak tidak dapat lepas dari masalah limbah dan polusi yang timbul terutama pada lingkungan yaitu pencemaran air, tanah, dan udara. (Peter et al., 1989; Setiani, 2005).

Salah satu dampak negatif dari kilang minyak adalah timbulnya pencemaran lingkungan oleh limbah yang berbentuk gas, padatan atau cairan yang timbul pada proses dan hasil pengolahan minyak tersebut. Limbah ini akan mencemari daerah kilang minyak dan lingkungannya, sehingga pekerja maupun masyarakat disekitar kilang minyak dapat terpapar oleh limbah. Limbah gas, padat maupun cair dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan manusia bila tidak ditangani dengan baik dan benar (Susilo, 2006).

Kegiatan usaha minyak bumi mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Minyak bumi merupakan komoditas ekspor utama Indonesia yang digunakan sebagai sumber bahan bakar dan bahan mentah bagi industri petrokimia. Kegiatan eksploitasi yang meliputi pengeboran dan penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan pemurnian minyak bumi sering mengakibatkan terjadinya pencemaran minyak pada lahan-lahan di area sekitar aktivitas tersebut berlangsung. Minyak pencemar tersebut mengandung hidrokarbon bercampur dengan air dan bahan-bahan anorganik maupun organik yang terkandung di dalam tanah. Undang-undang No 22 tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi mensyaratkan pengelolaan lingkungan hidup, yakni pencegahan dan penanggulangan pencemaran serta pemulihan atas terjadinya kerusakan lingkungan hidup sebagai akibat kegiatan pertambangan, bagi badan usaha yang menjalankan usaha di bidang eksploitasi minyak bumi (Priambada, 2006).

Limbah lumpur minyak bumi (LMB) merupakan limbah akhir dari serangkaian proses dalam industri pengilangan minyak bumi (Scora et al., 1997). Kegiatan operasinya dimulai dari eksplorasi, produksi (pengolahan sampai pemurnian) sampai penimbunan dan berpotensi menghasilkan limbah berupa lumpur minyak bumi (*oily sludge*) (Rossiana et al., 2007).

Limbah minyak bumi terdiri dari senyawa hidrokarbon yang merupakan polialifatik hidrokarbon seperti alkana (*n-normal, iso dan siklo*) dan poliaromatik hidrokarbon (PAH) seperti naftaeno, benzena, naftalena, benzo(a)pirena, air, unsur logam (As, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn, Ni, Cu) serta non hidrokarbon seperti senyawa nitrogen, sulfur, oksigen dan aspal (Connell & Miller, 1995). Limbah tersebut, termasuk dalam kategori limbah B3 yaitu Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun karena sifat dan konsentrasinya dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Oleh karena itu sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), tertera bahwa limbah lumpur minyak termasuk kedalam daftar limbah B3 dari sumber spesifik dengan kode kegiatan 2320, maka

pengelolaannya diperlukan penanganan secara baik sehingga tidak mencemari lingkungan (BAPEDAL, 2001).

