

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 Matter (VM) | 82,86 |
| Fixed Carbon (FC) | 11,02 |
| Ash | 1,61 |
| Fuel Ratio | 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 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 Limbah Padat *Decanter*

Sludge atau lumpur berasal dari dua sumber yaitu dari proses pemurnian minyak (*Clarification*) yang biasanya menggunakan *decanter* dan dari instalasi pengolahan limbah cair. *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, 1998).



Gambar 2. Limbah Padat *Decanter*

Tabel 2. 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)

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.

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 (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif (Chapter, USU 2011).

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.

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. Syarat analisis karbon aktif yang telah diproduksi sesuai pada Tabel 3.

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 °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

Karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai penyerap, pengolahan limbah cair atau gas / *waste treatment* dan sebagai penyimpan gas / *gas adsorptive storage* serta digunakan juga dalam proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum maupun penanganan limbah (Gislon dkk, 2013).

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 penjerap 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 5. 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, ammonia, netrite phenol 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 chloride, vinil acetat | 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 (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 1300°C. Material organik didekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen volatil yang lain diupkan (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, hidrogen, 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.

2.3.3 Aktivasi

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 (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 sehinggamemperluas permukaannya, menghilangkan

konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon pengotor pada arang.

Prinsipnya adalah pemberian uap air atau gas CO₂ kepada arang yang telah dipanaskan. Arang yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam tungku aktivasi lalu dipanaskan pada suhu 800 – 1000 °C. Selama pemanasan ke dalamnya dialirkan uap air atau gas CO₂. Pada suhu dibawah 800 °C, aksi oksigen uap air ataupun gas CO₂ berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu diatas 1000 °C akan menyebabkan kerusakan susunan kisi-kisi heksagonal (Rumidatul, Alfi 2006).

2.3.3.2 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 (CaCl₂), Magnesium Klorida (MgCl₂), Seng Klorida (ZnCl₂), Natrium Hidroksida (NaOH), Kalium Hidroksida (KOH), Natrium Karbonat (Na₂CO₃) Natrium Klorida (NaCl), Asam Phospat (H₃PO₄), Asam Nitrat (HNO₃), Hidrogen Peroxida (H₂O₂), Kalium Permanganat (KMnO₄), Ammonia Sulfat (NH₄)₂SO₄, 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 maka daya serap karbon yang dihasilkan semakin besar, tetapi pada penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi akan mengdegradasi atau merusak selulosa yang mengakibatkan daya serap

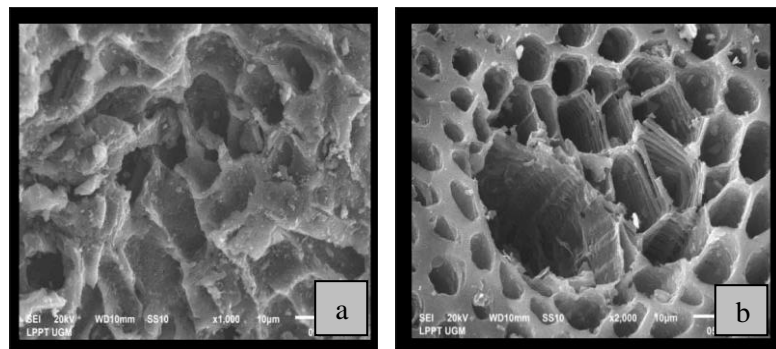
karbon aktif menurun.

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).

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



Sumber : Hartati Retno, dkk: 2014

Gambar 3. (a) Pori Karbon Aktif Sebelum Aktivasi dan (b) Setelah Aktivasi

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. 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 keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna.

2.3.4 Karakterisasi Arang Aktif

Penentuan sifat-sifat karbon aktif yang diperoleh melalui karbonisasi dan aktivasi, maka perlu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi dalam penelitian ini meliputi penentuan kadar air, penentuan kadar abu, penentuan kadar zat terbang dan penentuan kadar serap *iodine*.

2.3.4.1 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).

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif, dimana karbon aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15%.

2.3.4.2 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 Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 15%.

2.3.4.3 Kadar Abu

Karbon aktif yang dibuat dari bahan alami 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).

Penentuan kadar abu biasanya pada temperatur 600-900°C selama 3-16 jam. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10%.

2.3.4.4 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.

2.3.4.5 Daya Serap *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 miligram iodin yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Dimana konsentrasi filtrat adalah 0,02 N, pada metode ini diasumsikan bahwa iodin berada dalam kesetimbangan pada konsentrasi 0,02 N yaitu dengan terbentuknya lapisan tunggal (*monolayer*) pada permukaan karbon aktif dan inilah yang menjadi alasan mengapa terdapat hubungan antara bilangan iodium dengan luas permukaan spesifik 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.

2.4 Adsorbsi

Adsorbsi 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.

Adsorbsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Adsorbsi Kimia

Adsorpsi kimia yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorbsi.

2. Adsorbsi Fisika

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.

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 Limbah Industri Tahu

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan/pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey*). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

Menurut Nuraida (1985) jumlah kebutuhan air pada proses dan limbah cair yang dihasilkan berturut-turut sebesar 45 dan 43,5 Liter untuk tiap kilogram bahan baku kacang kedelai. Pada beberapa industri tahu, sebagian kecil dari limbah cair tersebut (khususnya air dadih) dimanfaatkan kembali sebagai bahan penggumpal (Dhahiyat, 1990).

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik kompleks yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino (EMDI_Bapedal, 1994) dalam bentuk tersuspensi maupun terlarut (BPPT, 1997). Adanya senyawa-senyawa

organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Husin, 2003) dan apabila dibuang ke perairan tanpa pengolahan akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

2.5.1 karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Menurut Hartati (2003) dalam menentukan karakteristik limbah cair tahu adalah sebagai berikut.

a. Padatan tersuspensi

Adanya padatan tersuspensi pada air limbah akan mempengaruhi kekeruhan. Apabila terjadi pengendapan dan pembusukan padatan ini disaluran umum, maka dapat mengubah peruntukan perairan tersebut.

b. Kekeruhan

Kekeruhan yang terjadi karena adanya bahan organik (seperti karbohidrat dan protein) yang mengalami peruraian serta bahan koloid yang sukar mengendap.

c. Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah berurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak yang disebabkan adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah.

d. Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperatur alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar daripada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40°C - 46°C . Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan.

e. Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman air dan buangan. Warna berkaitan dengan kekeruhan dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata.

Tabel 6. Baku Mutu Limbah Cair Tahu

| No. | Parameter | Industri Tahu | |
|-----|------------|---------------------|--|
| | | Kadar Max (mg/L) | Beban Pencemaran Max (Kg/Ton kedelai) |
| 1 | Temperatur | 38°C | - |
| 2 | BOD | 150 | 3 |
| 3 | COD | 300 | 6 |
| 4 | TSS | 200 | 4 |
| 5 | pH | | 6-9 |
| 6 | Debit Max | | 20 m ³ /ton kedelai |

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI NO. 05 Tahun 2014 Tentang Baku mutu Air Limbah

2.5.2 Analisa Limbah Cair Industri Tahu

2.5.2.1 Kadar pH

Menurut Data Uji BPPI Semarang, tahun 2004, pH limbah cair industri tahu berkisar pada 4-5 dan apabila tidak diolah lebih lanjut akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

2.5.2.2 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. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih optimum.

Dari hasil studi karakteristik limbah industri tahu di Medan (BAPPEDA Medan: 1993), melaporkan bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung 7060 mg/L kandungan COD didalamnya. Sedangkan baku mutu limbah cair industri tahu menurut KepMenLH No. Kep-51/MENLH/10/1995 adalah 100

mg/L. Sehingga limbah tersebut perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari perairan.

2.5.2.3 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).

Menurut EMDI-BAPEDAL (1994), melaporkan bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung BOD didalamnya sebesar 3250 mg/L. Sedangkan baku mutu limbah cair industri tahu menurut KepMenLH No. Kep-51/MENLH/10/1995 adalah 50 mg/L. Sehingga limbah tersebut perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari perairan.

2.5.2.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di

perairan sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS (Sutrisno dan Suciastuti, 1991).

Berdasarkan hasil studi karakteristik limbah industri tahu di Medan (BAPPEDA Medan: 1993), melaporkan bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung TSS sebesar 4743 mg/L. Hal tersebut jauh dari baku mutu limbah cair industri tahu menurut KepMenLH No. Kep-51/MENLH/10/1995 yaitu sebesar 200 mg/L. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya. Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari perairan.