

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolahan bahan-bahan makanan. Minyak goreng berfungsi sebagai media penggorengan sangat penting dan kebutuhannya semakin meningkat. Minyak dapat bersumber dari tanaman, misalnya minyak zaitun, minyak jagung, minyak kelapa, dan minyak biji bunga matahari. Minyak juga dapat bersumber dari hewan, misalnya ikan sarden, ikan paus (Angelina, 2012). Menurut Ketaren 2008, minyak goreng adalah salah satu bahan yang digunakan untuk menghantarkan panas, menambah rasa pada masakan, menambah nilai gizi dan kalori pada masakan yang tersusun dari asam lemak dan trigliserida. Minyak merupakan suatu bahan yang berasal dari lemak, baik hewan maupun tumbuhan.



Sumber: economy.okezone.com

Gambar 2.1 Minyak Goreng

Minyak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu minyak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibandingkan karbohidrat dan protein. Satu gram minyak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak, khususnya minyak nabati mengandung asam-asam lemak esensial seperti asam linoleat, lenolenat, dan arakidonat yang dapat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolestrol. Minyak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E, dan K (Ketaren, 2008).

Berdasarkan ikatan molekulnya, minyak dapat dibagi menjadi dua bentuk, pertama dengan asam lemak jenuh atau *saturated fatty acids* (SFA), yang bersifat

stabil dan tidak mudah berubah menjadi asam lemak jenis lain ketika dipanaskan, misalnya minyak kelapa (Ketaren, 2008).

2.1.1 Jenis-Jenis Minyak Goreng

Minyak goreng diklasifikasikan ke beberapa golongan (Ketaren, 2012) antara lain:

- a. Menurut sifat fisik:
 1. Minyak nabati *non drying oil*:
 - Jenis minyak zaitun yakni minyak zaitun, buah persik, minyak kacang, dan inti *peach*.
 - Jenis minyak rape yakni minyak biji mustard dan minyak biji rape.
 - Jenis minyak hewani yakni minyak babi, salmon, sarden, minyak ikan paus, lumba-lumba dan minyak *purpoise*.
 2. Minyak nabati *semi drying oil*, seperti minyak biji bunga matahari, minyak biji kapas, jagung dan urgen.
 3. Minyak nabati *drying oil*, seperti minyak kacang kedelai, *safflower*, *walnut*, *perilla*, dan *candle nut*.
- b. Menurut sumbernya:
 1. Palawijaya yakni minyak jagung, kacang, *rape seed*, kedelai, dan wijen.
 2. Kulit buah dari tanaman tahunan yakni kelapa sawit dan zaitun.
 3. Biji-bijian dari tanaman tahunan yaitu kelapa, cokelat dan inti sawit.
- c. Menurut ada atau tidaknya ikatan ganda dalam struktur molekulnya:
 1. Minyak dengan asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*)

Asam lemak jenuh terdapat pada minyak kelapa bersifat stabil dan tidak mudah bereaksi menjadi asam lemak jenis lain seperti margarin, biji kelapa, dan kelapa.
 2. Minyak dengan asam lemak tak jenuh tunggal (*mono-unsaturated fatty acids*) dan majemuk (*poly-unsaturated fatty acids*)

Asam lemak tak jenuh memiliki ikatan karbon rangkap mudah terurai dan bereaksi dengan senyawa lain menjadi asam lemak jenuh. Jadi, semakin banyak jumlah ikatan rangkap (*poly-unsaturated*), maka semakin mudah bereaksi atau berubah seperti canola, biji bunga matahari, zaitun, dan kacang.

3. Minyak dengan asam lemak trans (*trans fatty acid*)

Asam lemak trans dijumpai pada lemak hewan, mentega, minyak terhidrogenasi, dan dari proses penggorengan. Lemak trans meningkatkan kadar kolesterol jahat (LDL).

Berikut ini disajikan jenis-jenis asam lemak yang terdapat pada minyak nabati yang dapat digunakan untuk menggoreng terlihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Syarat mutu minyak nabati murni

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Angka asam	Mg KOH/g	Maks. 4,0
2.	Kadar fosfor	(mg/kg)	Maks. 10
3.	Kadar air dan sedimen	%-volume	Maks. 0,1 ^a
4.	Kadar bahan tak tersabunkan	%-massa	Maks. 2,0
5.	Viskositas kinematik pada 50 °C	Mm ² /s (cSt)	Maks. 36
6.	Kadar abu tersulfatkan	%-massa	Maks. 0,02
7.	Angka penyabunan	mg KOH/g	180-265
8.	Angka iodium	g-12/100 g	Maks. 115
9.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Maks. 100
10.	Kadar residu karbon	%-massa	Maks. 1,0
11.	Massa jenis pada 50 °C	kg/m ³	870-910
12.	Angka setana	-	Min 39
13.	Kadar belerang	%-massa	Maks. 0,01

^a Dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0,01 %-massa

Sumber: SNI 7431, 2015

2.1.2 Sifat Fisik dan Kimia Minyak

a. Sifat Fisika (Ketaren, 2008)

1. Warna

Zat warna terdiri dari 2 golongan, golongan pertama yaitu zat warna alamiah, yaitu secara alamiah terdapat dalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain α dan β karoten (berwarna kuning), xantofil (berwarna kecoklatan), klorofil (berwarna kehijauan) dan antosyanin (berwarna kemerahan). Golongan kedua yaitu zat warna dari hasil degradasi zat warna alamiah, yaitu warna gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E), warna coklat disebabkan oleh bahan untuk membuat minyak yang telah busuk atau rusak, warna kuning umumnya terjadi pada minyak tidak jenuh.

2. Kelarutan

Minyak tidak larut dalam air kecuali minyak jarak (*castor oil*), minyak sedikit larut dalam alkohol, etil eter, karbon disulfida dan pelarut-pelarut halogen.

3. Titik Didih (*boiling point*)

Titik didih akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon tersebut.

4. *Sliping Point*

Digunakan untuk pengenalan minyak serta pengaruh kehadiran komponen-komponen nya.

5. *Shot Melting Point*

Yaitu temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak.

b. Sifat Kimia (Ketaren, 2008)

1. Hidrolisa

Dalam reaksi hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat menyebabkan kerusakan minyak atau lemak terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak tersebut.

2. Oksidasi

Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak. Terjadinya reaksi oksidasi akan mengakibatkan bau tengik pada minyak dan lemak.

3. Hidrogenasi

Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.

4. Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester. Dengan menggunakan prinsip reaksi ini hidrokarbon rantai pendek dalam asam lemak yang menyebabkan bau tidak enak, dapat ditukar dengan rantai panjang yang bersifat tidak menguap.

2.1.3 Parameter Analisis pada Minyak

a. Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas terbentuk karena proses oksidasi dan hidrolisis enzim selama pengolahan dan penyimpanan. Kemudian asam lemak bebas ini membentuk lagi asam lemak trans dan radikal bebas. Jika kita mengonsumsi makanan yang mengandung kadar asam lemak bebas yang cukup tinggi maka akan berakibat menurunkan kadar HDL darah, mengurangi kemampuan tubuh mengendalikan gula darah karena dapat mengurangi respon terhadap hormon insulin. Konsumsi asam lemak trans 5 gr/hr saja dapat menaikkan resiko penyakit jantung hingga 25% hanya dalam beberapa tahun saja. Dan akibat radikal bebas juga bisa menyebabkan penyakit liver, jantung koroner, kolestrol, dan lain-lain (Hildayani, 2013).

Standar SNI minyak goreng untuk bilangan asam adalah maks. 2 mg KOH/g (Mardina dkk., 2012). Ditimbang 10-50 g minyak jelantah dituang ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 50 ml etanol hangat. Ditambahkan 5 tetes indikator fenolftalin, dilakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda yang bertahan selama 30 detik (SNI 3741:2013).

b. Kadar Air

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 01-3741-2002 minyak goreng yang bermutu baik harus mengandung kadar air maksimum 0,3% (Dirjen Perkebunan, 1989). Air adalah konstituen yang keberadaannya dalam minyak sangat tidak diinginkan karena akan menghidrolisis minyak menghasilkan asam-asam lemak bebas yang menyebabkan bau tengik pada minyak. Proses penentuan kadar air dilakukan dengan metode pemanasan menggunakan oven pada temperatur 100 sampai 110 °C selama 1 jam.

c. Densitas

Densitas atau massa jenis merupakan massa setiap satuan volume minyak. Adapun densitas minyak goreng normal adalah 0,87-0,91 gr/cm³ Departemen Perindustrian (SNI 7431-2015). Proses penentuan densitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan piknometer.

d. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan atau nilai penyabunan atau bilangan *Koettsdorfer* didefinisikan sebagai banyaknya milligram KOH yang diperlukan untuk

menyabunkan lemak secara sempurna dari 1 gram lemak atau minyak. Minyak dan lemak alami merupakan ester gliserol yang biasanya tersusun atas asam-asam lemak yang mempunyai atom C antara 16 sampai 18 sehingga besarnya bilangan penyabunan dari masing-masing lemak atau minyak alami tidak berbeda jauh (Rohman, 2013).

e. Viskositas

Viskositas adalah sifat properti dari sebuah fluida yang menggambarkan hambatan dari fluida tersebut saat mengalir. Semakin besar nilai koefisien viskositas maka semakin besar daya hambat dari fluida tersebut untuk mengalir. Metode yang digunakan untuk mengukur viskositas minyak ialah metode benda jatuh. Metode ini merupakan metode yang sangat sederhana dari metode lain, murah dan cukup presisi yang dapat digunakan sebagai instrument untuk mengukur sebuah fluida berupa zat cair.

2.2 Minyak Jelantah (Minyak Goreng Bekas)

Proses oksidasi dalam pemanasan minyak goreng akan menyebabkan pembentukan senyawa peroksida dan hidroperoksida yang merupakan radikal bebas. Proses pemanasan juga akan menyebabkan lepasnya asam lemak dari trigliserida sehingga asam lemak bebas mudah sekali teroksidasi menjadi aldehid, keton, asam-asam dan alkohol yang menyebabkan bau tengik (Ketaren, 2008). Penggunaan minyak goreng berulang menghasilkan bilangan peroksida minyak jelantah sebagai radikal bebas dapat memicu terjadinya kerusakan oksidatif di dalam tubuh, maka konsumsi minyak jelantah dapat menimbulkan kerusakan DNA, protein, peroksidasi, lipid, dan kerusakan membran sel. Kerusakan oksidatif yang berlangsung terus menerus dapat menyebabkan timbulnya penyakit-penyakit yang bersifat kronis dan degeneratif (Ketaren, 2008).



Sumber: m.brillio.net

Gambar 2.2 Minyak Jelantah

Karena banyaknya kandungan minyak tak jenuh menyebabkan minyak mudah rusak dengan pemanasan yang terlalu tinggi pada saat menggoreng dan dilakukan berulang kali, minyak tak jenuh ini dapat dengan mudah berubah ikatannya dan membentuk ikatan baru. Pajanan dengan oksigen ketika menggoreng juga dapat menyebabkan proses oksidasi menjadi lebih cepat (Ketaren, 2008).

2.2.1 Komposisi dan Kandungan Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Menurut Mahreni (2010), minyak goreng bekas adalah minyak makan nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi coklat tua. Proses pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak. Pemanasan dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak.

Kandungan FFA dan air di dalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibanding dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserid di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi. Komposisi asam di dalam minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 2.2 yang menunjukkan bahwa kandungan hampir semua asam yang ada di dalam minyak goreng bekas lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam minyak goreng segar (Mahreni, 2010).

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak di dalam Minyak Goreng Bekas

Asam Lemak	Minyak Bekas
Lauric (12:0)	9,95
Myristic (14:0)	0,19
Palmitic (16:0)	8,9
Palmitoleic (16:0)	0,22
Searic (18:0)	3,85
Oleic (18:0)	30,71
Linoleic (18:3)	54,35
Linonelic (18:3)	0,27
Arachidic (20:0)	0,29
Gidoleic (20:1)	0,18
Bahenic (22:0)	0,61

Sumber: Mahreni, 2010

Minyak jelantah merupakan minyak nabati turunan dari minyak kelapa sawit (*palm oil*). Rata-rata komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dapat dilihat Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Oleat	30-45
Asam Linoleat	7-11
Asam Miristat	1,1-2,5
Asam Stearat	3,6-4,7

Sumber: Umami, 2015

2.2.2 Bahaya Minyak Jelantah (Minyak Goreng Bekas)

Menurut Rukmini (2007), minyak goreng yang memiliki kandungan asam lemak bebas melebihi standar mutu yakni maksimal 0,6 mg OH/g (BSN, 2013) bila dikonsumsi dalam jangka waktu panjang dan dalam jumlah besar dapat merusak kesehatan karena viskositasnya padat sehingga bersifat lengket pada dinding saluran darah yang mengakibatkan atherosklerosis, menyebabkan bertambahnya berat organ ginjal dan hati serta timbulnya berbagai penyakit, dalam penelitiannya yaitu: kanker, hipertensi, obesitas, dan Penyakit Jantung Koroner (PJK) yang diakibatkan oleh tingginya konsumsi asam lemak bebas dalam jumlah besar.

Selama proses pemanasan, minyak goreng akan mengalami berbagai reaksi kimia, diantaranya hidrolisis, oksidasi, isomerisasi, polimerisasi, dan akan menghasilkan zat-zat yang berpengaruh pada kesehatan dan mutu makanan hasil

penggorengan, baik dari segi rupa, cita rasa, maupun nilai gizinya. Pemanasan minyak pada suhu tinggi dan berulang kali dapat menghasilkan isomer asam lemak trans yang banyak dikaitkan dengan gangguan kesehatan, seperti peningkatan C-LDL (*Cholestrol Low Density*) dan penurunan C-HDL (*Cholestrol High Density Lipoprotein*), pengendapan lemak pada pembuluh darah, gangguan metabolisme asam lemak omega-3 yang berperan dalam otak dan penglihatan, memicu penyakit kanker payudara, dan juga mempengaruhi perkembangan janin (Kapitan, 2013).

Minyak yang teroksidasi juga dapat menghasilkan hidrokarbon polyaromatik, yang memiliki efek karsinogenik. Selama menggoreng minyak mentah, oksidatif, dan hidrolitik dapat terjadi. Lemak dan minyak dioksidasi untuk membentuk hidroperoksida, produk oksidasi primer. Peroksida ini sangat tidak stabil dan terurai melalui dehidrasi dan pembentukan radikal bebas untuk membentuk berbagai produk kimia, seperti alkohol, aldehid, keton, asam, dimer, trimer, polimer, dan senyawa siklik. Menurut Ketaren (2005), penggunaan minyak jelantah juga dapat menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak jelantah.

Selama penggorengan, minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi 1700-1800 °C dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis dan oligomerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehid dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses-proses tersebut menyebabkan minyak mengalami kerusakan. Kerusakan utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), bilangan iodin (IV), timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa, hanya kotoran dari bumbu yang digunakan dan bahan yang digoreng (Ketaren, 2008).

Menurut Sartika (2012), minyak goreng bekas berpotensi menimbulkan penyakit jantung koroner. Walaupun jelantah yang diperoleh telah melalui penyaringan beberapa kali, namun proses ini tidak menghilangkan zat yang timbul setelah minyak goreng dipanaskan dengan suhu tinggi berulang kali. Pemakaian minyak yang berulang, akan timbul asam lemak trans. Selanjutnya, zat ini akan mempengaruhi metabolisme profil lipid darah yakni *HDL* kolestrol, *LDL* kolestrol

dan total kolestrol yang kemudian menimbulkan penyumbatan pada pembuluh darah atau disebut atherosklerosis yang dapat memicu terjadinya hipertensi, stroke dan penyakit jantung koroner.

2.3 Adsorpsi

2.3.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorben adalah bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul lainnya. Komponen yang diadsorpsi (*adsorbate*) melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen secara menyeluruh (W.L. Mc Cabe dkk, 1993).

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Menurut Giles dalam Osipow (1962), yang bertanggung jawab terhadap adsorpsi adalah gaya tarik van der Waals, pembentukan ikatan hidrogen, pertukaran ikatan hidrogen, pertukaran ion dan pembentukan ikatan kovalen.

Adsorpsi dapat terjadi pada antar fasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi, interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada permukaan, sehingga makin besar luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi (Fatmawati, 2006). Indonesia telah membuat pula standar mutu arang aktif menurut Standar Industri

Indonesia yaitu SII 0258-79 yang kemudian direvisi menjadi SNI 06-3730-1995. Berikut ini disajikan beberapa persyaratan kualitas yang dikemukakan tadi.

Tabel 2.4 Standar kualitas adsorben menurut SNI (1995)

Uraian	Prasyarat kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C, %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ , mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena, %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh, %	-	Min.90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Sumber: Anonim (1995)

2.3.2 Jenis-Jenis Adsorbsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorbsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorbsi fisika dan adsorbsi kimia (Treybal, 1980).

1. Adsorbsi Fisika

Adsorbsi fisika merupakan adsorbsi yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Gaya *Van der Waals* adalah gaya Tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorbsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorbsi fisika merupakan peristiwa reversibel sehingga jika kondisi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorbsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Banyaknya zat yang teradsorbsi dapat beberapa lapisan monomolekuler, demikian juga kondisi kesetimbangan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Contoh: Adsorbsi dengan karbon aktif.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer. Pada adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan umumnya terjadi pada suhu tinggi di atas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat.

Panas adsorpsi kimia mempunyai kisaran yang sama seperti reaksi kimia, yaitu berkisar 100 kJ/mol (mempunyai orde besaran yang sama dengan energi ikatan kimia). Ikatan antara adsorben dengan adsorbat dapat cukup kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan kembali. Pada umumnya, dalam adsorpsi kimia jumlah (kapasitas) adsorpsi bertambah besar dengan naiknya temperatur. Zat teradsorpsi membentuk satu lapisan monomolekuler dan relatif lambat tercapai kesetimbangan karena dalam adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi (Oscik, 2008).

Secara kualitatif perilaku adsorpsi dapat juga dipandang dari sifat polar ataupun nonpolar antara zat padat (adsorben) dengan komponen larutan (adsorbat). Adsorben polar akan cenderung mengadsorpsi kuat adsorbat polar dan lemah terhadap adsorbat nonpolar, demikian juga sebaliknya. Adsorben polar akan mengadsorpsi kuat zat terlarut polar dari pelarut nonpolar karena kelarutannya yang rendah dan mengadsorpsi yang lemah dari pelarut polar karena kelarutannya yang tinggi, demikian juga sebaliknya.

Menurut Hughes dan Poole (1984) proses adsorpsi melalui pertukaran ion dan kompleksasi hanya berlangsung pada lapisan permukaan sel yang mempunyai situs-situs yang bermuatan berlawanan dengan muatan ion logam sehingga interaksinya merupakan interaksi pasif dan relatif cepat. Molekul adsorben secara kimiawi dianggap mempunyai situs-situs aktif atau gugus fungsional yang mampu berinteraksi dengan logam permukaan sel seperti posfat, karboksil, amina dan amida. Jika proses adsorpsi melalui pertukaran ion, adsorpsi dipengaruhi oleh

banyak proton dalam larutan yang berkompetisi dengan ion logam pada permukaan adsorben, sehingga pada pH yang rendah jumlah proton melimpah, peluang terjadinya pengikatan logam oleh adsorben relatif kecil, sebaliknya pada pH tinggi jumlah proton relatif kecil menyebabkan peluang terjadinya pengikatan logam menjadi besar. Contoh: *Ion Exchange*.

2.3.3 Mekanisme Adsorpsi

Menurut Reynolds (1982), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap, diantaranya:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

2.3.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben (Treybal, 1980).

1. Jenis Adsorbat
 - a. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari parameter pori adsorben.

- b. Kepolaran Zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polar dibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

2. Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian Adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas Permukaan dan Volume Pori Adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben sering kali ditingkatkan luas permukaannya karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

3. Temperatur

Berdasarkan prinsip *Le Chatelier*, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksotermis, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi. Adsorpsi fisika yang substansial biasa terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat, terutama di bawah 50 °C. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah yang diadsorpsi berkurang dengan naiknya temperatur adsorbat.

4. Tekanan Adsorbat

Untuk setiap jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekular yang terjadi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah adsorbat. Pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

2.3.5 Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom).

1. Cara statis yaitu ke dalam wadah yang berisi adsorben dimasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu, kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volume nya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.

2. Cara dinamis (kolom) yaitu ke dalam kolom yang telah diisi dengan adsorben dilewatkan larutan yang mengandung komponen tertentu selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (solven) sesuai yang volume nya lebih kecil.

2.3.6 Syarat-Syarat Adsorpsi

Syarat-syarat adsorben yang baik adalah sebagai berikut (Puspita, 2000 dalam Haryati dkk., 2009):

1. Mempunyai daya serap yang besar.
2. Berupa zat padat.
3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi.
4. Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan.
5. Dapat diregenerasi kembali dengan mudah.
6. Tidak beracun.
7. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau.

2.3.7 Macam-macam Adsorpsi

Adsorben dapat dibedakan menjadi :

- a. Berdasarkan Bahannya

Klasifikasi adsorben berdasarkan bahannya dibagi menjadi dua, yaitu (Jauhar dkk., 2007):

1. Adsorben Organik

Adsorben organik adalah adsorben yang berasal dari bahan-bahan yang mengandung pati. Adsorben ini sudah mulai digunakan sejak tahun 1979 untuk mengeringkan berbagai macam senyawa. Beberapa tumbuhan yang biasa digunakan untuk adsorben diantaranya adalah ganyong, singkong, jagung, dan gandum. Kelemahan dari adsorben ini adalah sangat bergantung pada kualitas tumbuhan yang akan dijadikan adsorben.

2. Adsorben Anorganik

Adsorben ini mulai dipakai pada awal abad ke-20. Selama perkembangannya, pemakaian dan jenis dari adsorben ini semakin beragam dan

banyak dipakai orang. Penggunaan adsorben ini dipilih karena berasal dari bahan-bahan non pangan, sehingga tidak terpengaruh oleh ketersediaan pangan dan kualitasnya cenderung sama.

b. Berdasarkan kepolarannya

Adsorben yang digunakan berdasarkan kepolarannya dikelompokkan menjadi dua, yaitu (Saragih, 2008):

1. Kelompok polar

Adsorben polar disebut juga hidrofilik. Jenis adsorben dalam kelompok ini adalah *silica gel*, alumina aktif dan zeolit.

2. Kelompok non-polar

Adsorben non-polar ini disebut juga hidrofobik. Jenis adsorben kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

2.4 Tanaman Tebu

Tanaman tebu termasuk salah satu anggota dari Familia *Graminace*, sub familia *Andropoganae*. Banyak ahli berpendapat bahwa tanaman tebu berasal dari Irian, dari sana menyebar ke Kepulauan Indonesia yang lain, Malaysia, Filipina, Thailand, Burma dan India. Dari India kemudian dibawa ke Iran sekitar tahun 600 M dan selanjutnya oleh orang-orang Arab dibawa ke Mesir, Maroko, Spanyol dan Zanzibar. Beberapa peneliti yang lain berkesimpulan bahwa tanaman ini berasal dari India berdasarkan catatan-catatan kuno dari negeri tersebut. Bala tentara Alexander the Great mencatat adanya tanaman di negeri itu ketika mencapai India pada tahun 325 SM (Tjokroadikoesomo dan Baktiar 2005). Dari perkembangan zaman, tanaman tebu terus ditemukan dengan varietas warna pada batang tebu yang berbeda-beda. Berikut ini gambar tebu yang secara umum sering dijumpai dapat dilihat pada gambar 2.3.



Sumber: id.wikipedia.org

Gambar 2.3 Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu termasuk ke dalam family *poaceae* atau lebih dikenal sebagai kelompok rumput-rumputan. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga di sebagian daerah subtropika. Manfaat utama tebu adalah sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse* adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu yang berasal dari bagian batang tanaman tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40 % dari berat tebu yang digiling (Zultinar dkk., 2011). Untuk lebih jelasnya, berikut ini gambar tanaman tebu dari hasil proses penggilingan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Sumber: m.indoonessian.alibaba.com

Gambar 2.4 Ampas Tebu

2.4.1 Deskripsi *Saccharum officinarum* L (Tanaman Tebu)

1. Batang

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi, kurus, dan tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai lebih kurang 3-5 m. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada

batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih ke abu-abuan dan umumnya terdapat pada tanaman tebu yang masih mudah.

2. Daun

Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit. Pada pelepah terdapat bulu-bulu dan telinga daun.

3. Akar

Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Akar setek/bibit berasal dari setek batangnya, tidak berumur panjang, dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda. Akar tunas berasal dari tunas, berumur panjang dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh.

4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas mulai dengan pertumbuhan terbatas. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kepala putik (Sinaga, 2011).

2.4.2 Klasifikasi Tanaman Tebu

Tebu atau *Sugar Cane* dalam bahasa Inggris adalah tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut:

- Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)
- Sub Kingdom : *Tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)
- Super Divisi : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)
- Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)
- Kelas : *Liliopsida* (berkeping satu / monokotil)
- Sub Kelas : *Commelinidae*
- Ordo : *Poales*
- Famili : *Graminae* atau *Poaceae* (suku rumput-rumputan)
- Genus : *Saccharum*
- Spesies : *Saccharum officinarum* Linn (Tarigan dan Sinulingga 2006)

2.5 Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan salah satu serat alami yang banyak terdapat di Indonesia. Kegiatan pasca panen tanaman tebu, dalam pengolahan hasil pertanian / perkebunan, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang optimal (Ikhsannudin, 2017).

Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pencerahan) cairan tebu. Dari suatu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40 % dari berat tebu yang digiling. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI- dalam kutipan Andaka, 2011). Ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32 % dari berat tebu giling. Namun, sebanyak 60 % dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan. Bagas mengandung air 48-51%, gula rata-rata 3,3 % dan serat rata-rata 47,7 %. Serat bagas tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Di dalam ampas tebu terkandung senyawa selulosa, lignin dan hemiselulosa. Senyawa selulosa ini dapat diolah menjadi produk lain, seperti asam oksalat. Senyawa asam oksalat dapat digunakan sebagai bahan peledak, pembuat zat warna, rayon, untuk keperluan analisa laboratorium (Narimo, 2006). Pada industri logam, asam oksalat dipakai sebagai bahan pelapis yang melindungi logam dari korosif dan pembersih untuk radiator otomotif, metal dan peralatan (Panjaitan, 2008).

Ampas tebu memiliki sifat fisik yaitu berwarna kekuning-kuningan, berserat (berserabut) lunak dan relatif membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan dalam jumlah berat tertentu. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersusun atas penyusun-penyusunnya antara lain air (Kadar air 44,5 %), serat yang berupa zat padat (kadar serat 52,0 %) dan brix zat yang dapat larut, termasuk gula yang larut (3,5 %). Secara kimiawi komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang di dalamnya terkandung selulosa, poliosa seperti hemiselulosa dan lignin. Susunan ketiga komponen tersebut dalam ampas tebu hampir sama dengan susunan yang ada dalam tanaman monokotil berkayu lunak.

Dari proses pembuatan tebu akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90% dan sisanya berupa tetes (*molase*) serta air. Karena sari tebu tidak bisa diolah menjadi gula semuanya. Selain itu, daun tebu ini bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Karena daun tebu kering cepat panas, sehingga pembakarannya setara dengan minyak tanah (Comic, 2011).

Dengan kandungan *ligno-cellulose* serta memiliki panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini secara ekonomis pemanfaatannya tidak hanya sebagai sumber energi bahan bakar semata. Namun ampas tebu ini bisa dimanfaatkan juga sebagai bahan baku untuk industri kertas, industri kanvas, industri jamur dan lain-lainnya. Bahan ampas tebu juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas (Samsuri dkk., 2007). Ampas tebu adalah sisa pengambilan nira, umumnya merupakan 31-34% bagian dari tebu. Komposisinya 50% yang terdiri dari 47% bagian berserat dan 3% sisa-sisa gula dan padatan terlarut lainnya. Untuk lebih jelas mengenai komposisi kimia ampas tebu dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.5 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Abu	0,79
Lignin	12,70
Pentosan	27,90
Sari	2,0
Selulosa	44,70
Kelarutan dalam air	3,7

Sumber: www.plantsclassificationReport.com, 2008.

2.5.1 Kandungan Ampas Tebu

Kandungan komponen limbah berserat pada ampas tebu umumnya terdiri dari:

1. Selulosa

Mempunyai bobot molekul tinggi, terdapat dalam jaringan tanaman pada bagian dinding sel sebagai mikrofibril, terdiri dari rantai glukosa yang dilekatkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa dicerna oleh enzim selulase menghasilkan asam lemak terbang atau VFA (*Volatile fatty acid*) seperti asetat, propionate dan butirat.

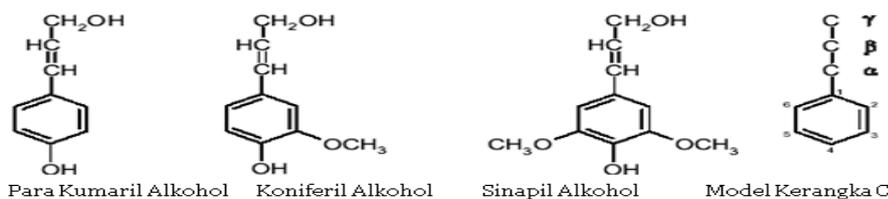
Selulosa adalah zat penyusun tanaman yang terdapat pada struktur sel. Kadar selulosa dan hemiselulosa pada tanaman pakan yang muda mencapai 40% dari bahan kering. Bila hijauan makin tua proporsi selulosa dan hemiselulosa makin bertambah (Tillma dkk., 1998).

2. Hemiselulosa

Terdapat bersama selulosa, terdiri atas pentosan, pektin, xylan dan glikan. Hidrolisis hemiselulosa oleh enzim hemiselulase menghasilkan asam lemak. Morrison (1986) mendapatkan bahwa hemiselulosa lebih erat terikat dengan lignin dibandingkan dengan selulosa, sehingga selulosa lebih mudah dicerna dibandingkan dengan hemiselulosa. Perubahan pencernaan selulosa dan hemiselulosa diakibatkan oleh keberadaan lignin yang berubah-ubah. Dikatakan pula bahwa kandungan lignin pada rumput lebih tinggi dibandingkan dengan legum.

3. Lignin

Lignin adalah bagian utama dari sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40 %. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida. Satuan penyusun lignin dapat dilihat pada gambar 2.5.



Sumber: <http://suparjo.staff.unja.ac.id/degradasi-komponen-lignoselulosa/2/>

Gambar 2.5 Satuan Penyusun Lignin

2.5.2 Pemanfaatan Ampas Tebu

Pada proses pengolahan tebu menjadi gula, tidak semua terkonversi menjadi gula, masih ada residu padat yang diyakini masih memiliki kandungan karbohidrat khususnya selulosa cukup tinggi dan hemiselulosa masih belum dimanfaatkan

dengan optimal. Potensi ampas tebu yang merupakan residu padat pada industri gula terutama industri-industri besar belum banyak dimanfaatkan.

Jika mengacu pada hasil survey di PT Gunung Plantations, Lampung, minimal ampas tebu yang dihasilkan dari industri gula mencapai 100 ton/tahun. Sedangkan diperkirakan PT Gula Putih Mataram dan PT Indo Lampung juga memiliki kapasitas ampas tebu yang sama. Hal ini belum dihitung dengan jumlah yang ada di industri-industri di Pulau Jawa dan Sulawesi. Diperkirakan komposisi ampas tebu ini masih mengandung polisakarida yang cukup tinggi sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah.

Pemanfaatan ampas tebu diantaranya sebagai penyerap kandungan yang ada pada limbah, sebagai pupuk alami pada tanaman, kertas, makanan ternak, dan papan partikel dan belum banyak pemanfaatan menjadi bahan kimia seperti ethanol.