

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang Kepok

Tanaman pisang kepok (*Musa paradisiaca*) merupakan tanaman dalam golongan tanaman monokotil berbentuk pohon yang tersusun atas batang semu. Batang semu ini adalah tumpukan pelepah daun yang tersusun secara rapi dan teratur. Percabangan tanaman bertipe simpodial dengan meristem ujung memanjang dan membentuk bunga lalu buah. Bagian bawah batang pisang menggebung berupa umbi yang disebut bonggol. Pucuk lateral muncul dari kuncup pada bonggol yang selanjutnya tumbuh menjadi tanaman pisang. Buah pisang umumnya tidak berbiji atau bersifat partenokarpi (Anonim, 2019).

Pisang kepok memiliki kulit yang sangat tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang bernoda coklat, serta daging buahnya manis. Pisang kepok tumbuh pada suhu optimum untuk pertumbuhannya sekitar 27 °C dan suhu maksimum 38 °C. Bentuk buahnya agak gepeng dan bersegi. Memiliki ukuran panjang 10-12 cm dan beratnya 80-120 gram. Warna daging buah pisang kepok yaitu putih dan kuning. Satu tandan pisang kepok terdiri atas 10-16 sisir dengan berat pertandan 14-22 kg (Prabawati dkk., 2018). Adapun gambar buah pisang kepok (*Musa paradisiaca*) dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Sumber: Prabawati dkk., 2018

Gambar 2.1 Buah Pisang Kepok

2.1.1 Taksonomi Pisang Kepok

Kedudukan tanaman pisang kepok dalam sistematika taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut (Shenvi dkk., 2015):

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Tracheophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Zingiberales*
Famili : *Musaceae*
Genus : *Musa*
Spesies : *Musa paradisiaca*

2.1.2 Kulit Pisang Kepok

Kulit pisang merupakan 40% dari total berat buah pisang. Kulit pisang tersebut dimanfaatkan kembali menjadi pakan ternak, diekstrak untuk menghasilkan senyawa-senyawa tertentu yang bermanfaat, pupuk, atau dibuang menjadi tumpukan limbah padat (Okorie dkk., 2015).

Kulit pisang kepok masak atau matang berwarna kuning kaya akan senyawa flavonoid, maupun senyawa fenolik yang lainnya disamping banyak mengandung karbohidrat, mineral, seperti kalium dan natrium, serta selulosa. Dimana flavonoid dan senyawa fenolik merupakan senyawa bioaktif yang menunjukkan berbagai aktivitas yang berguna, seperti antioksidan, antidermatosis, antikanker, maupun antiviral (Atun dan Sri, 2017).

Kulit pisang kepok memiliki kandungan antioksidan yang sangat tinggi dan berfungsi sebagai penangkap radikal bebas menjadi tidak aktif lalu menghancurkan radikal bebas dan mampu melindungi tubuh dari reaksi oksidatif yang menghasilkan racun. Antioksidan alami salah satunya terdapat didalam kulit pisang karena kulit pisang mengandung flavonoid, polifenol, total karoten, vitamin C dan lain-lain yang mampu memperbaiki kualitas minyak pada parameter asam lemak bebas (Ratnawaty dan Ratih, 2016).

Efektivitas antioksidan sebanding dengan jumlah gugus hidroksil (OH) yang ada dalam cincin aromatiknya. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda atau menghambat oksidasi. Antioksidan berperan untuk mencegah kerusakan komponen seluler yang timbul akibat dari stress oksidatif. Antoksidan melindungi sel dari radikal bebas dengan cara pemecahan rantai oksidan, mengikat ikatan logam dan reaksi antioksidan enzim (Ratnawaty dan Ratih, 2016).

Pada penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa secara *in vitro* kulit pisang kepok memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibanding bagian tanaman

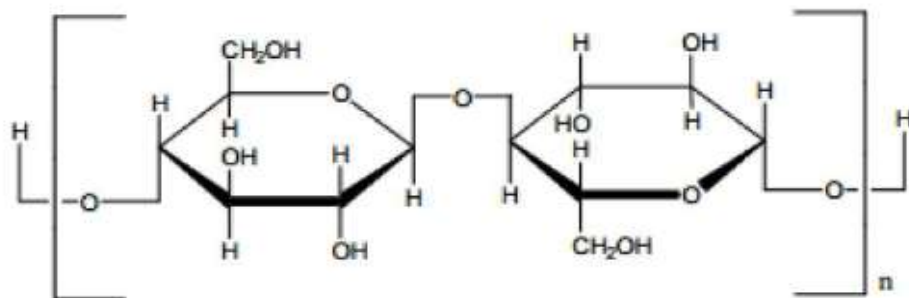
pisang lainnya. Aktivitas antioksidan pada kulit pisang kepek mencapai 94,25% pada konsentrasi 125 $\mu\text{g/ml}$ sedangkan pada bagian buah pisang hanya sekitar 70% pada konsentrasi 50 mg/ml (Atun dan Sri, 2017).

Senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan ini tidak tahan panas dan mudah teroksidasi sehingga dapat mengalami kerusakan pada suhu tinggi. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan (Rompas dkk., 2014) bahwa pada suhu yang tinggi, beberapa senyawa fenolik kemungkinan akan teroksidasi dan mengalami penurunan.

Kulit pisang mengandung pektin yang cukup tinggi. Kulit pisang mengandung pektin 5.9% dalam satu gram. Mengingat struktur komponen pektin banyak mengandung gugus aktif hidroksil dan gugus karboksil, maka pektin juga dapat digunakan sebagai salah satu sumber biosorben (Hastuti budi, 2016).

Kulit pisang kepek memiliki kandungan selulosa sebanyak 18,71%, hemiselulosa 7,52%, lignin 5-10%, dan karbohidrat 40,74% (Koni dkk., 2013). Adanya kandungan kimia ini pada kulit pisang menjadikan kulit pisang kepek berpotensi untuk dijadikan adsorben.

Selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) $_n$ merupakan senyawa organik yang ada pada dinding sel dan mempunyai fungsi untuk memperkuat struktur sehingga tempurung kelapa menjadi keras. Struktur selulosa terdiri dari rantai polimer β -glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida 1,4 yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut:



Sumber: Fessenden dkk., 1992

Gambar 2.2 Struktur Selulosa

Beberapa alasan mengapa selulosa baik digunakan sebagai adsorben yakni jumlahnya banyak dan memiliki nilai ekonomis yang relatif rendah, dengan tingkat ketahanan serat yang sangat tinggi, memiliki daya ikat yang tinggi, resistan terhadap banyak senyawa kimia, menyebabkan isolasi dan pemurniannya relatif

tidak terganggu. Selulosa memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan dan modulus renggang yang tinggi, kemurnian tinggi, kapasitas mengikat yang tinggi, dan struktur jaringan yang sangat baik (Amirudin dkk., 2020).

Kulit pisang mengandung selulosa yang dapat berperan sebagai adsorben yang dapat meningkatkan kualitas minyak. Selulosa yang kaya akan gugus $-OH$ yang bersifat elektronegatif (basa) dan polar sehingga dapat berinteraksi dengan gugus $-COOH$ dari FFA yang bersifat elektropositif (asam) dan polar, sehingga dapat ikut berperan bersama antioksidan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak goreng bekas serta memperbaiki fisik dari minyak tersebut (Rahayu dkk., 2014).

Komponen berikutnya adalah hemiselulosa yaitu polimer polisakarida heterogen yang terdiri dari L-Arabinosa, D-Glukosa, dan D-Xilosa yang berada di ruang antara serat selulosa didalam dinding sel tumbuhan. Dengan kata lain hemiselulosa adalah matrix pengisi serat selulosa. Hemiselulosa mengandung monomer-monomer gula berupa xilosa, mannanosa, galaktosa, rhamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xilosa merupakan monomer gula paling melimpah pada hemiselulosa (Zuhroh, 2015).

Komponan utama ketiga adalah lignin. Lignin merupakan senyawa kimia yang berstruktur amorf dan sangat kompleks. Lignin adalah salah satu polimer yang mempunyai struktur yang bervariasi dengan berat molekular yang tinggi. Fungsi Lignin adalah untuk mengikat sel-sel yang lain dan disamping itu juga sebagai pemberi kekuatan. adsorben dianggap baik jika mempunyai banyak kandungan kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin. (Winata, 2022).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat dibanding molekul lainnya. Komponen yang diadsorpsi (*adsorbate*) melekat sehingga hal ini memungkinkan terjadi pemisahan komponen secara menyeluruh (Mc Cabe dkk., 1999).

Adsorpsi termasuk dalam proses separasi dimana komponen-komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan di dalam suatu hamparan tetap (*fixed bed*), dan fluida lalu dialirkan melalui hamparan tersebut sampai adsorben itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung. Aliran itu lalu dipindahkan ke hamparan kedua sampai adsorben jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi. Keseimbangan adsorpsi terjadi ketika larutan dikontakkan dengan adsorben maka molekul dari adsorbat akan berpindah dari larutan ke padatan (adsorben) hingga konsentrasi adsorbat di larutan dan padatan dalam keadaan setimbang. Adsorben umumnya berupa zat padat diantaranya adalah *silica gel*, alumina, platina halus, selulosa, dan arang aktif. Adsorbat dapat berupa zat padat, cair, dan gas (Mc Cabe dkk., 1999).

Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya elektrostatis atau gaya tarik antar molekul pada permukaan zat padat. Adsorpsi zat dari larutan, mirip dengan adsorpsi gas oleh zat padat. Adsorpsi bersifat selektif, artinya yang dapat diadsorpsi hanya zat terlarut atau pelarut saja. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Molekul yang teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan terakumulasi pada permukaan. Pada adsorpsi padat-cair, mekanisme adsorpsi bergantung pada faktor-faktor seperti gaya interaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan, gaya interaksi antara molekul pelarut dengan permukaan adsorben, dan gaya interaksi antara molekul dari komponen larutan dengan lapisan permukaan adsorben dan pori-porinya (Oscik, 1982).

2.2.1. Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*) (Treybal, 1980).

1. Adsorpsi Fisika (*physisorption*)

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang menggunakan gaya *Van der Waals* yaitu gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi 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. Adsorpsi fisika termasuk peristiwa reversibel dimana kondisi operasinya diubah sehingga terbentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 150–200°C selama 2-3 jam.

2. Adsorpsi Kimia (*chemisorption*)

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 diatas 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).

Perbedaan antara adsorpsi kimia dan fisika dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

No.	Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
1.	Adsorben	Semua jenis	Terbatas
2.	Adsorbat	Semua gas	Kecuali gas mulia
3.	Jenis ikatan	Fisika	Kimia
4.	Panas adsorpsi	5-10 kkal/gmol gas	10-100 kkal/gmol gas
5.	Energi aktivasi	< 1 kkal/gmol	10-60 kkal/gmol
6.	Reversibilitas	<i>Reversible</i>	<i>Irreversible</i>
7.	Tebal lapisan	Jamak (<i>multilayer</i>)	Tunggal (<i>monolayer</i>)
8.	Kecepatan	Besar	Kecil
9.	Jumlah zat teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat
11.	Kegunaan	Untuk penentuan luas permukaan dan ukuran pori	Untuk penentuan daerah pusat aktif dan penjelasan kinetika reaksi permukaan

Sumber: Herawaty, 1993

2.2.2 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.

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Daya adsorpsi suatu adsorben dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini (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.

5. Pengadukan dan Waktu Kontak

Jika proses pengadukan relatif kecil, maka adsorben sukar menembus lapisan *film* antara permukaan adsorben dan *film diffusion* yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi, maka dibutuhkan waktu kontak yang cukup antara adsorbat dengan adsorben.

2.3 Adsorben

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori itu biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar, dan bisa sampai $2000 \text{ m}^2/\text{g}$. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Dalam beberapa hal, adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi dari komponen lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hamper murni. (Mc Cabe dkk., 1999).

2.3.1 Macam-macam Adsorben

a. Berdasarkan Bahannya

Klasifikasi adsorben berdasarkan bahannya dibagi menjadi dua, yaitu (Jauhar, 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.

2.3.2 Syarat-Syarat Adsorben

Untuk dapat menjadi adsorben komersial, menurut zat padat tersebut harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut (Puspa, 2000):

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. Tidak beracun.
6. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau.

2.4 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 (Suryandari, 2014).

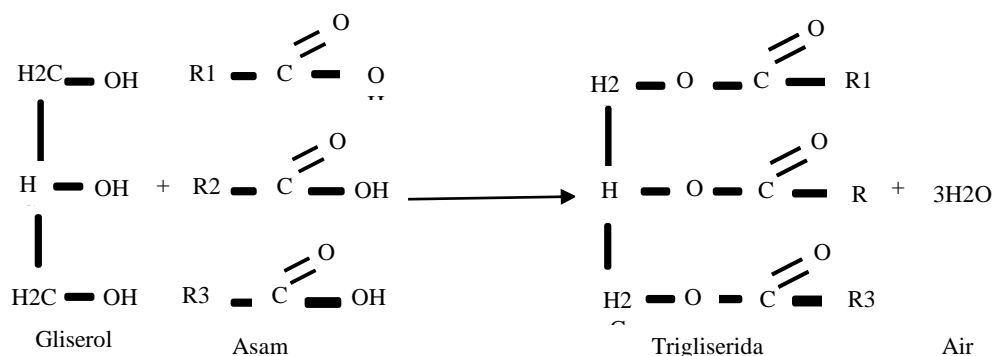
Minyak goreng adalah salah satu bahan yang digunakan untuk menghantarkan panas, menambah rasa pada masakan, menambah nilai gizi dan kalori pada masakan yang tersusun dari asam lemak dan trigliserida. Minyak merupakan suatu bahan yang berasal dari lemak, baik hewan maupun tumbuhan (Ketaren, 2008).



Sumber: Suryandari, 2014

Gambar 2.3 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).



Sumber: Rahardja dkk., 2019

Gambar 2.4 Rumus Bangun Pembentukan Trigliserida

2.4.1 Komposisi Minyak dan Standar Mutu Minyak Goreng

Minyak tidak mungkin tersusun atas satu jenis asam lemak, selalu dalam bentuk campuran dari banyak asam lemak. Proporsi campuran asam-asam tersebut menyebabkan lemak dapat berbentuk cair atau padat, bersifat sehat atau membahayakan kesehatan, tahan simpan atau mudah tengik. Pada Tabel 2.2 menampilkan komposisi asam lemak dari minyak goreng.

Tabel 2.2 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
Asam Palmitat	40-46

Sumber: Ketaren, 2008

Sebagian besar lemak dalam makanan (termasuk minyak goreng) berbentuk trigliserida. Jika terurai, trigliserida akan berubah menjadi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak bebas. Semakin banyak trigliserida yang terurai semakin banyak asam lemak bebas yang dihasilkan. Proses oksidasi lebih lanjut akan menyebabkan asam lemak atau minyak mengeluarkan bau tengik. Biasanya untuk menghilangkan atau memperlambat oksidasi yang menyebabkan bau tengik ini, minyak goreng ditambahkan dengan vitamin A, C, D atau E (Ketaren, 2008). Standar mutu minyak goreng dapat dilihat di Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Standar mutu minyak nabati murni

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Bau	-	Normal
2	Rasa	-	Normal
3	Warna	Merah/kuning	Maks. 5,0/50
4	Kadar air dan bahan menguap	%	Maks. 0,1
5	Asam Lemak Bebas	%	Maks. 0,3
6	Bilangan Peroksida	Mek O ₂ /kg	Maks. 10
7	Vitamin A	IU/g	Min. 45
7	Minyak pelikan	-	Negatif
8	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,10
9	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,10
10	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40/250
11	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
12	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,10

Sumber: SNI 7709:2019

2.4.2 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 cokelat 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 adalah suhu (temperatur) dimana tekanan uap sebuah zat cair sama dengan tekanan external yang dialami oleh cairan. 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*

Temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak disebut *Shot Melting Point*

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.

2. 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.

2.5 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang dipanaskan atau digunakan berulang kali dan mengalami perubahan baik secara fisik atau kimia yakni dengan adanya perubahan warna dari bening menjadi berwarna gelap dan berbau tengik, serta secara kimiawi mengalami perubahan reaksi hidrolis, oksidasi termal dan polimerasi termal. Dikehidupan sehari-hari minyak jelantah sering pula disebut minyak goreng bekas (Simatupang dan Tarigan, 2019).

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. 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: Suryandari, 2014

Gambar 2.5 Minyak Jelantah

2.5.1 Komposisi dan Kandungan Minyak Jelantah

Minyak jelantah 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 (Mahreni, 2015).

Minyak jelantah 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 jelantah dapat dilihat pada Tabel 2.4 yang menunjukkan bahwa kandungan hampir semua asam yang ada di dalam minyak jelantah lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam minyak goreng segar (Mahreni, 2015).

Tabel 2.4 Komposisi Asam Lemak di dalam Minyak Jelantah

Asam Lemak	Minyak Jelantah
Lauric (12:0)	9,95
Myristic (14:0)	0,19
Palmitic (16:0)	8,9
Palmitoleic (16:0)	0,22
Stearic (18:0)	3,85
Oleic (18:0)	30,71
Linoleic (18:3)	54,35
Linolenic (18:3)	0,27
Arachidic (20:0)	0,29
Gadoleic (20:1)	0,18
Behenic (22:0)	0,61

Sumber: Mahreni, 2015

2.5.2 Bahaya Minyak Jelantah

Menurut Rukmini (2017), minyak goreng yang memiliki kandungan asam lemak bebas melebihi standar mutu yakni maksimal 0,3% (SNI, 2019) 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 (*Cholesterol Low Density*) dan penurunan C-HDL (*Cholesterol 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 poliaromatik, 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. Penggunaan minyak jelantah juga dapat menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak jelantah (Ketaren, 2008)

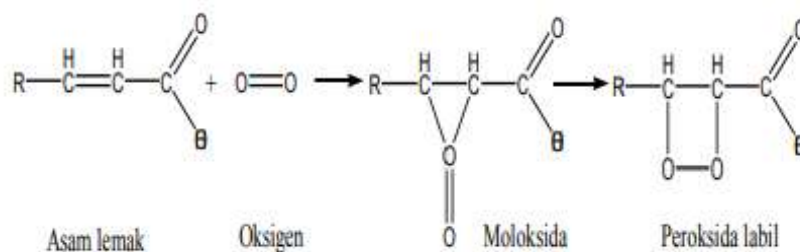
Selama penggorengan, minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi 1700-1800 °C dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis dan oligomerisasi yang

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).

Minyak jelantah 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 aterosklerosis yang dapat memicu terjadinya hipertensi, dan stroke (Uswah, 2014).

2.6 Bilangan Peroksida

Pengukuran angka peroksida adalah mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal oksidasi lemak. Angka peroksida yang tinggi menunjukkan lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi (Nurhasnawati dkk, 2015). Reaksi oksidasi juga akan menimbulkan bau tengik pada minyak dan lemak. Selain menimbulkan bau tengik, radikal bebas juga dapat terbentuk akibat oksidasi yang mempunyai dampak merusak sel dan jaringan tubuh. Hal ini disebabkan radikal bebas bersifat sangat reaktif (Ketaren, 2008).



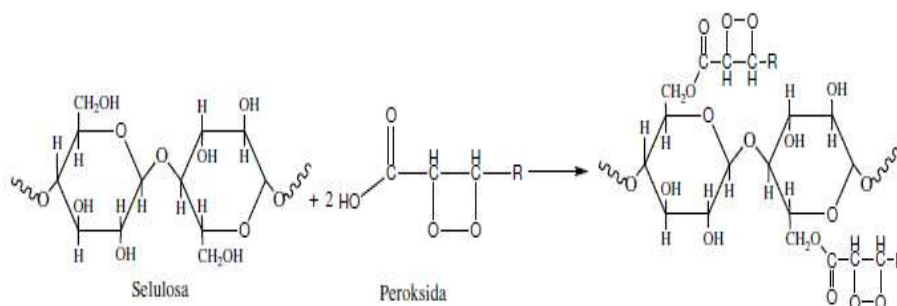
Sumber: Ketaren, 2008

Gambar 2.6 Reaksi Pembentukan Peroksida

Bilangan peroksida ditentukan berdasarkan jumlah iodine yang dibebaskan setelah lemak atau minyak ditambahkan KI. Lemak direaksikan dengan KI dalam pelarut asam asetat dan kloroform (2:1), kemudian iodine yang berbentuk ditentukan dengan titrasi memakai $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Winarno, 2004).

Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak dan lemak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida. Peroksida ini dapat ditentukan dengan metode iodometri. Jadi, bilangan peroksida adalah indeks jumlah lemak atau minyak yang telah mengalami oksidasi (Ketaren, 2008).

Peroksida terjadi karena minyak mengalami oksidasi dan antioksidan adalah suatu senyawa kimia yang dapat mengurangi tingkat oksidasi yang melibatkan transfer elektron dari suatu senyawa ke agen pengoksidasi. Reaksi antioksidan mengikat oksigen dalam peroksida (Gordon, 1990):



Sumber: Royana dkk., 2016

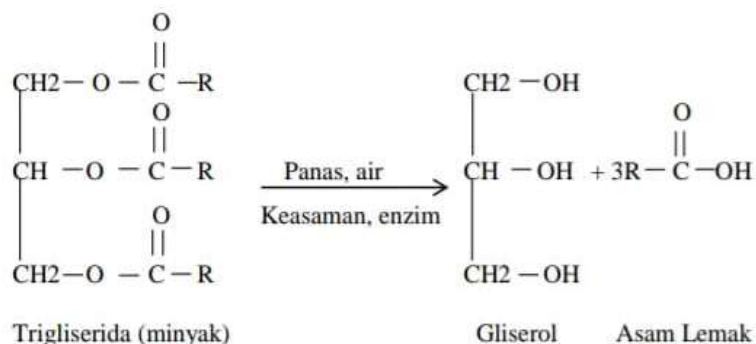
Gambar 2.7 Reaksi Selulosa Biosorben Dengan Peroksida

Sesuai dengan standart yang berlaku, bilangan peroksida yang diperbolehkan maksimal 10 mek O_2/kg (SNI 7709:2019).

2.7 Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*)

Asam lemak bebas adalah asam lemak yang berada sebagai asam bebas tidak terikat sebagai trigliserida. Asam lemak bebas dihasilkan oleh proses hidrolisis dan oksidasi biasanya bergabung dengan lemak netral. Penentuan *Free Fatty Acid* atau FFA menggunakan metode titrasi asam basa dengan larutan standart NaOH 0,1 N. Kemudian minyak ditambah alkohol panas agar minyak dapat larut dan dapat bereaksi dengan basa alkali, sehingga mudah untuk dititrasi. Kadar asam lemak bebas merupakan persentase jumlah asam lemak bebas yang

terdapat dalam minyak yang dinetralkan oleh NaOH. Penambahan alkohol panas berfungsi untuk mempercepat pelarutan lemak atau minyak agar bereaksi dengan basa alkali (Suroso, 2013).



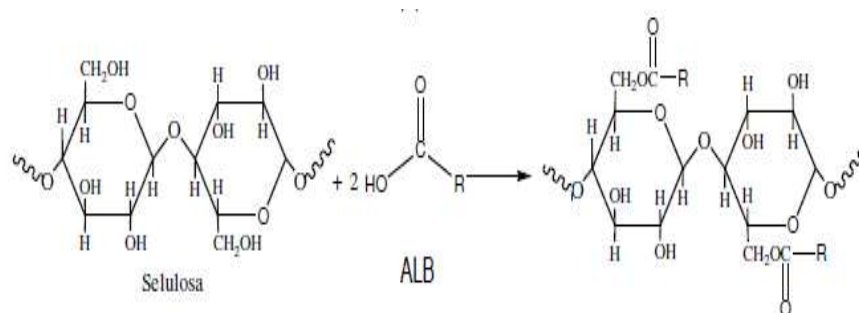
Sumber: Silitonga, 2019

Gambar 2.8 Reaksi Hidrolisis Menghasilkan Asam Lemak Bebas dan Gliserol

Jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak menjadi parameter kualitas minyak, dimana semakin tinggi kadar asam lemak bebas maka kualitasnya semakin menurun. Kenaikan kadar asam lemak bebas juga disebabkan oleh lamanya penyimpanan. Selama penyimpanan, minyak dan lemak dapat mengalami perubahan fisika maupun kimia yang disebabkan oleh hidrolisis dan oksidasi. Penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan putusannya ikatan trigliserida pada minyak lalu membentuk gliserol dan asam lemak bebas (Nurhasnawati, 2015).

Hidrogen pada asam lemak bebas dapat membentuk radikal asam lemak. Radikal asam lemak ini kemudian akan bereaksi dengan oksigen udara, sehingga akan berbentuk peroksida. Antioksidan (AH) memiliki fungsi sebagai pemberi atom hidrogen disebut sebagai antioksidan primer. Senyawa ini dapat memberikan atom hidrogen secara cepat ke radikal asam lemak (R^* , ROO^*), atau mengubahnya menjadi bentuk lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan (A^*) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal asam lemak. Selain itu antioksidan juga berfungsi memperlambat laju autooksidasi dengan mengubah radikal asam lemak ke bentuk yang lebih stabil. Reaksi antioksidan mengikat asam lemak bebas (Gordon, 1990):





Sumber: Royana dkk., 2016

Gambar 2.9 Reaksi Biosorben dengan Asam Lemak Bebas

Sesuai dengan standart yang berlaku, kadar asam lemak bebas yang diperbolehkan maksimal 0,3 % (SNI 7709:2019).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Kesamaan yang dimaksud meliputi bahan yang digunakan yaitu kulit pisang kepok. Daftar penelitian yang menjadi referensi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.5:

Tabel 2.5 Daftar Penelitian Adsorben Terdahulu

Judul	Penulis	Analisa	Hasil Penelitian
Pengaruh Ukuran Adsorben Kulit Pisang Kepok terhadap Penurunan Nilai Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas	Joko Suryadi, Endang Widiastuti, Mohammad Idris Asyraf Alim, Zulfany Ali	Asam Lemak Bebas	Menurunkan asam lemak bebas pada minyak jelantah terbaik pada ukuran bubuk kulit pisang 70 mesh di waktu pengadukan 60 menit sebesar 28,57 %.
Penurunan Bilangan Peroksida dengan Kulit Pisang Kepok	Ade Ferdinan, Hairunisa, Adhistry Kharisma Justicia, Andhika	Bilangan Peroksida	Menurunkan bilangan peroksida terbaik pada waktu perendaman 4 jam hingga 37,27%
Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok Sebagai Adseorben Untuk Menurunkan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas	Neni Sri Wahyuni Nasir, Nurhaeni, Musafira	Bilangan peroksida dan asam lemak bebas	Arang aktif kulit pisang 10 gram dengan konsentrasi aktivator NaOH 1 N memberikan penurunan angka peroksida terbaik sebesar 39,97% dan asam lemak bebas 52,73% pada minyak jelantah