

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Minyak Sawit Merah**

Minyak sawit merah merupakan minyak alamiah hasil pengolahan lanjut dari *crude palm oil* (CPO), tanpa bahan pengawet buatan. Minyak sawit merah adalah minyak sawit asli kaya akan karotenoid yang diproses seminimal mungkin agar secara alami mengandung tokoferol, tokotrienol, dan karotenoid yang memberikan warna merah pada minyak. Minyak sawit merah adalah satu-satunya minyak makan yang kaya dengan karoten (pro-vitamin A, 400-500 ppm), sekaligus kaya dengan vitamin E (500 ppm). Karotenoid sendiri adalah pigmen alami dalam minyak sawit yang berwarna kuning hingga merah. Manfaat karotenoid pada minyak sawit yaitu untuk menanggulangi kebutaan akibat xeroftalmia, mencegah timbulnya penyakit kanker, mencegah proses penuaan dini, meningkatkan daya tahan tubuh, dan mengurangi terjadinya penyakit degeneratif (Berger, 1988).

Karoten yang terdapat pada minyak sawit merah yaitu  $\alpha$ -karoten dan  $\beta$ -karoten yang dapat meningkatkan fungsi kekebalan tubuh dengan berbagai mekanisme. Karoten berperan penting sebagai antioksidan, melindungi sel dan jaringan dari efek jahat radikal bebas (Imoisi dkk, 2015). Karoten (sebagai pro-vitamin A) dapat dimanfaatkan untuk mengatasi masalah kurang vitamin A (KVA), sebagai zat warna alami dan suplemen makanan yang sangat bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan (Manorama, 2014; Pignitter dkk, 2016). Selain itu, minyak sawit merah juga merupakan sumber vitamin E (tokoferol dan tokotrienol) yang berfungsi untuk menghambat sintesis kolesterol, memiliki aktivitas antioksidan (yang dapat mencegah penuaan kulit, mencegah oskidasi lemak, menurunkan tekanan darah), anti tumor, anti kanker, dan kesehatan tulang (Imoisi dkk, 2015; Loganathan dkk, 2017; Qureshi dkk, 2018).

Sejak awal tahun 1990-an, produk minyak sawit merah mulai dikembangkan di Indonesia dan Malaysia dengan teknologi proses yang relatif berbeda dengan

pembuatan minyak goreng pada umumnya. Urutan proses pembuatan minyak goreng adalah *degumming*, *bleaching* dan deodorisasi pada suhu tinggi sedangkan proses pembuatan minyak sawit merah adalah *degumming*, netralisasi, dan deodorisasi pada suhu rendah (Alyas dkk, 2006). Untuk menghasilkan minyak sawit merah dengan kandungan karotenoid yang tinggi maka proses *bleaching* tidak dilakukan karena komponen minor seperti karotenoid akan terserap oleh *bleaching earth* dan rusak pada suhu tinggi (260-280 °C) (Ariana dkk, 1996). Dan untuk menghilangkan *gum* dan asam lemak bebas dilakukan dengan *degumming* dan netralisasi serta deodorisasi pada suhu < 160 °C (PPKS, 1996; Alyas dkk, 2006).

Menurut Koushki, dkk., (2015) faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat sensitivitas karotenoid ialah suhu, oksigen, cahaya dan oksidasi. Oleh sebab itu, untuk mempertahankan kandungan beta karoten proses pemurnian minyak sawit merah menggunakan suhu rendah dalam waktu lebih lama lebih dianjurkan daripada menggunakan suhu tinggi dalam waktu yang singkat. Ayusraningwarno, (2012) mengatakan bahwa minyak sawit merah tidak dianjurkan digunakan sebagai minyak goreng, karena karotenoid yang terkandung didalamnya akan rusak pada suhu tinggi. Minyak sawit merah lebih dianjurkan sebagai minyak makan sebagai menumis sayur, daging dan bumbu. Minyak sawit merah juga baik digunakan dalam pembuatan *salad oil* (minyak salad), serta dapat digunakan sebagai bahan fortifikan makanan untuk produk pangan berbasis minyak atau lemak, seperti margarin dan selai kacang.

## 2. 2 Minyak Sawit Mentah

Minyak sawit mentah merupakan minyak kelapa sawit mentah yang berwarna kemerah-merahan yang didapatkan dari hasil ekstraksi atau dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit. Minyak sawit mentah memiliki karakter yang belum layak makan, karena masih mengandung air, asam lemak bebas, fosfolipid dan senyawa fosfatida lainnya, logam, dan berbagai macam produk hasil oksidasi. Bau dari senyawa volatil, warna merah pekat, dan banyaknya komponen padatan serta senyawa lain yang terlarut menyebabkan perlunya dilakukan proses pemurnian (Ketaren, 2005).



**Gambar 2.1** Crude Palm Oil (CPO)

Minyak sawit sudah banyak digunakan sebagai bahan baku produk pangan dan non pangan. Produk pangan lebih dititik beratkan pada titik leleh dan kandungan lemak padat sedangkan produk non pangan pada komposisi asam lemak. Minyak sawit dapat digunakan untuk kebutuhan bahan pangan, industri kosmetik, industri kimia, dan industri pakan ternak. Mutu CPO yang dihasilkan dari pabrik dapat dipengaruhi oleh kualitas panen, pengangkutan, proses pengolahan dan penimbunan atau penyimpanan. Untuk aplikasi menjadi beberapa produk, minyak sawit harus memiliki mutu yang baik dan disesuaikan dengan karakteristiknya.

Karakteristik dari *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai berikut :

Rumus kimia	: $C_3H_5(COOR)_3$
Berat molekul	: 847,28 g/mol
Titik didih	: 298 °C
Titik beku	: 5 °C
Spesifik gravity	: 0,9
Densitas	: 0,895 g/cm <sup>3</sup>
Panas jenis	: 0,497 kal/g °C
Kenampakan	: cairan kuning jingga
Kemurnian	: 98%

**Tabel 2.1** Syarat Mutu Minyak Kelapa Sawit Mentah

Kriteria	Satuan	Persyaratan
Warna	-	Jingga kemerah-merahan
Kadar air dan kotoran	% fraksi massa	0,5 maks
Asam Lemak Bebas (sebagai asam palmitat)	% fraksi massa	5,0 maks
Bilangan Yodium	g Yodium/100 g	50-55

(Sumber: Dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI.01-2901-2006))

Minyak sawit mentah (CPO) mengandung provitamin A yaitu  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten dan vitamin E yaitu tokoferol dan tokotrienol yang baik untuk kesehatan (Sibuea, 2014). Minyak sawit mentah berwarna merah-kekuningan menandakan kandungan karotenoid yang tinggi. Minyak sawit memiliki kandungan gizi yang lebih unggul dibandingkan dengan minyak zaitun, kedelai dan jagung. Selain mengandung provitamin A yaitu  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten dan vitamin E (tokoferol dan tokotrienol), minyak sawit mengandung berbagai jenis zat bioaktif lain seperti riboflavin, niasin, likopen, mineral yang terdiri dari fosfor, potassium, kalsium, dan magnesium (Sumarna, 2014). Karoten (pro-vitamin A) pada *Crude Palm Oil* (CPO) yaitu sebesar 500-700 ppm. Jenis karoten yang dimiliki oleh minyak sawit sekitar 90% adalah  $\alpha$ -karoten dan  $\beta$ -karoten. Keduanya mempunyai aktifitas pro-vitamin yang tinggi dan nilainya 15-30 kali dari retinol wortel dan tomat (Siahaan dkk, 2008; Hasibuan, 2012). Akan tetapi  $\beta$ -karoten yang terdapat pada wortel jika dikonsumsi dalam jumlah besar akan membahayakan karena mengandung substansi nitrosamid, nitrit dan falcarinol.  $\beta$ -karoten memiliki rumus molekul  $C_{40}H_{56}$  dengan berat molekul 536.873 gr/mol, berat jenis  $0.941 \pm 0.06$  gr/cm<sup>3</sup>, titik didih 180-182 dan larut dalam kloroform (Susilowati, 2008). Secara umum,  $\alpha$ -karoten dan  $\beta$ -karoten berfungsi untuk mengurangi radikal bebas. Namun, penggunaan minyak sawit pada minyak goreng merusak senyawa karoten dan dihilangkan agar diperoleh produk minyak goreng berwarna kuning pucat sehingga dapat diterima oleh masyarakat (Hasibuan dkk., 2013; Hasibuan dan Siahaan, 2014). Untuk mempertahankan kandungan karoten yang

ada pada minyak sawit mentah yaitu dengan cara mengolah minyak sawit mentah (CPO) menjadi minyak sawit merah.

Pada proses pembuatan minyak sawit merah proses bleaching dan deodorisasi tidak dilakukan sebab komponen minor seperti karotenoid akan terserap oleh *bleaching earth* (tanah pemucat) dan rusak pada suhu tinggi (260 – 280°C) serta tekanan vakum rendah di proses deodorisasi (Sumarna, 2014). Menurut pendapat Sumarna (2014), *bleaching earth* bisa menyerap sekitar 20 sampai 50% karotenoid dari *degummed oil*. Sehingga dalam proses pembuatan minyak sawit merah ini hanya menggunakan proses *degumming* dan netralisasi. *Degumming* adalah proses pemisahan getah yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk pemisahan gum yaitu pemanasan, penambahan asam ( $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , dan HCl), pemisahan getah dengan NaOH dan pemisahan getah dengan dehidrasi. Sedangkan netralisasi adalah proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak atau lemak dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya hingga membentuk sabun (*soap stock*). Netralisasi menggunakan NaOH banyak dilakukan dalam skala industri karena lebih efisien dan lebih murah dibandingkan dengan cara netralisasi lainnya (Anggriani, 2021).

### 2.3 Filtrasi

Filtrasi (penyaringan) adalah metode yang umumnya dimanfaatkan pada proses pemisahan pada bagian pemrosesan hilir. Filtrasi adalah metode pemisahan dengan melewatkan suatu cairan dengan partikel-partikel di dalamnya melalui suatu celah dengan ukuran tertentu. Partikel-partikel yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori penyaring akan melewati filter yang tersebut filtrate (Japonika, 2015).

Proses filtrasi yang menggunakan membran ialah mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan *reverse osmosis* yang membedakannya yaitu ukuran pori dan tekanan yang digunakan. Pada mikrofiltrasi, membran mempunyai ukuran pori antara 0.1  $\mu m$  – 10  $\mu m$  dengan tekanan 0.2 – 0.6 MPa sedangkan pada ultrafiltrasi, membran mempunyai ukuran pori antara 0.001  $\mu m$  – 0.1  $\mu m$  dengan tekanan 0.2 – 1.0 MPa.

Pada nanofiltrasi, membran mempunyai ukuran pori antara 1 nm – 10 nm dengan tekanan 1.0 – 4.0 MPa dan pada *reverse osmosis*, membran mempunyai ukuran pori antara 0.1 nm – 1 µm dengan tekanan 3.0 – 10 MPa. Oleh sebab itu, ultrafiltrasi adalah metode penyaringan menggunakan membran yang berpori lebih kecil dari nano filtrasi tetapi lebih besar dari mikrofiltrasi dan digunakan pada penyaringan partikel dengan berat molekul sekitar 1000 – 500,000 Daltons dengan ukuran sekitar 0.1 – 1 µm (Japonika, 2015).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sasmito Wulyoadi dan Kaseno (2004) proses pemurnian minyak goreng bekas menggunakan membran keramik berbagai ukuran pori, yaitu 0,2; 0,05; 0,001 µm. Proses filtrasi dilakukan dengan cara memompa campuran minyak goreng bekas dan heksan pada tekanan 4 bar melalui masing-masing membran tersebut. Filtrate ditampung pada tangki produk, sedangkan retentat disirkulasikan kembali ke dalam tangki umpan. Dari ketiga membran yang digunakan, membran 0,001 µm paling efektif dalam memurnikan minyak goreng bekas. Membran tersebut efektif dalam menurunkan viskositas, bilangan peroksida, serta meningkatkan kejernihan, namun kurang efektif dalam menurunkan bilangan asam. Oleh karena itu, pada penelitian filtrasi minyak sawit merah dari CPO ini menggunakan membran keramik jenis ultrafiltrasi.

Jenis aliran yang digunakan pada metode penyaringan dengan membran ultrafiltrasi yaitu aliran *cross flow*. Kelebihan penyaringan dengan metode ultrafiltrasi dibandingkan dengan metode konvensional yaitu terletak pada residu penyaringan. Pada ultrafiltrasi dengan aliran *cross flow* yang besar, cairan-cairan *permeate* yang tertekan melewati pori membran akan keluar sedangkan *retentate* akan mengalir cepat keluar dari membran. Hal ini menyebabkan partikel padatan dalam cairan tidak dapat dengan mudah menyumbat pori-pori membran (Japonika, 2015).

## 2.4 Teknologi Membran

Membran sudah dikenal di industri pada tahun 1960, banyak ilmuwan yang sudah melakukan studi tentang membran. Pada awalnya membran hanya digunakan di laboratorium sebagai observasi dan penelitian yang berhubungan dengan teori kimia

dan fisika. Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis, bersifat semifermiabel yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekular (spesi) dalam suatu system larutan. Membran adalah alat pemisah berupa penghalang yang bersifat selektif yang bisa memisahkan dua fase dari berbagai campuran, dimana campuran ini dapat bersifat homogen atau heterogen dan dapat berupa padatan, cairan maupun gas yang berhubungan dengan kedua sisinya (sisi umpan dan sisi permeat). Proses membran yaitu pemisahan pada tingkat molekular atau partikel yang sangat halus (Sumarna, 2014).

Teknologi membran telah diaplikasikan untuk berbagai sektor industri sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi membran memainkan peran strategis dalam pengembangan industri dan pembangunan yang berkelanjutan. Peran strategis membran meliputi aplikasi dalam bidang medis, bioseparasi, biorefinery, industri makanan dan minuman, pengolahan air dalam skala besar (*megaproject water treatment plant*), reklamasi air dengan bioreaktor membran, pembangkitan energi, dan pemisahan gas (I Gede Wenten, 2016).

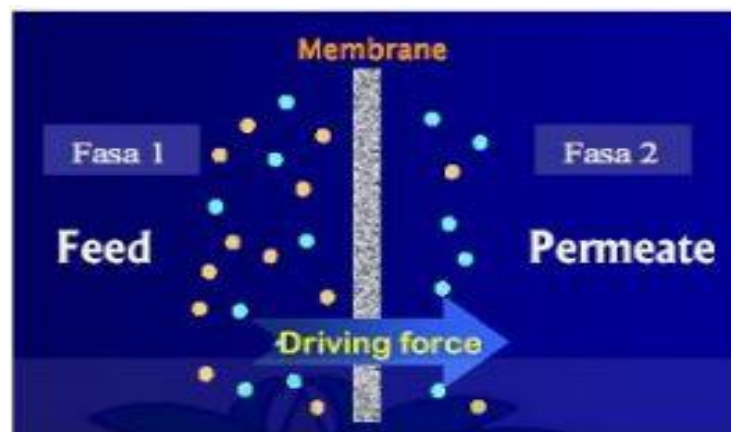
Teknologi membran juga dapat berperan dalam pengambilan dan pemanfaatan komponen nutritif dari bahan-bahan alam yang beragam di Indonesia. Teknologi membran memungkinkan untuk mengekstrak bahan-bahan nutritif dari alam secara molekular dengan biaya operasi yang rendah dan dapat menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi. Minsalnya diterapkan dalam proses pengutipan komponen minor dari minyak sawit yang berupa karoten (alpha- dan beta- karoten), tokotrienol, tokoferol. Proses pemisahan berbasis membran juga dapat mengurangi kerusakan komponen-komponen nutritif dari bahan alam karena prosesnya beroperasi pada temperature relative rendah (I Gede Wenten, 2016). Teknologi pemisahan menggunakan membran adalah cara yang baik untuk mengatasi permasalahan dalam penggunaan proses kimia dan fisika serta dapat menyediakan kesempatan untuk menciptakan proses pemurnian minyak yang ramah lingkungan (Cheryan, dkk., 1994; Raman, dkk., 1994).

Teknologi membran berpotensi untuk memajukan industri agro pengolahan minyak sawit di Indonesia. Minyak sawit adalah salah satu sumber daya alam terbesar

dan menjadi salah satu tulang punggung perekonomian di Indonesia. Namun pengolahan minyak sawit di Indonesia masih menggunakan proses konvensional, dimana kebutuhan akan air dan bahan kimia, serta energi masih sangat besar (I Gede Wenten, 2016).

Proses pemisahan dengan membran menjadi salah satu pilihan yang paling efisien saat ini. Keuntungan menggunakan membran dalam proses penyulingan minyak kelapa sawit yaitu kecil resiko kerusakan struktur molekul minyak akibat pengaruh panas, minim *recycle* pelarut, rendah emisi, rendah konsumsi energi, dapat mengurangi kemungkinan kehilangan minyak, dan tidak membutuhkan media pemutih seperti *bleaching earth*. Adapun keuntungan lainnya yaitu dapat beroperasi pada suhu rendah, hemat energi, tidak terjadi kehilangan minyak, dan tidak menghasilkan air buangan (Sarayana dkk., 2006).

### 2.2.1 Kinerja Membran



(Sumber : Hanum, Farida. (2014))

**Gambar 2.2** Skema Proses Pemisahan dengan Membran

Aliran umpan masuk ke dalam membran, dengan adanya gaya dorong (*driving force*) molekul atau partikel dalam umpan dapat berpindah dari fasa 1 ke fasa 2. Dimana *driving force* dapat berupa konveksi atau difusi dari masing-masing molekul, adanya tarik menarik antar muatan komponen atau larutan dan perbedaan temperature atau tekanan. Lalu molekul atau partikel yang dapat melewati membran dinamakan aliran permeat sedangkan yang tertahan dipermukaan membrane disebut retentat.

Berdasarkan fungsinya tujuan proses pemisahan dengan membran yaitu:

1. Purifikasi : terdapat bahan pengotor yang tidak diinginkan dan harus dikeluarkan.
2. Konsentrasi : komponen yang diinginkan berada pada konsentrasi yang rendah sehingga pelarutnya yang akan dikeluarkan.
3. Mediasi reaksi : kombinasi reaksi kimia atau biokimia dengan komponen tertentu untuk meningkatkan laju reaksi.
4. Fraksionasi : suatu campuran yang harus dipisahkan menjadi dua komponen yang sama-sama diinginkan.

Menurut Nasir, Subriyer (2011) dua parameter yang menentukan kinerja atau efisiensi membran yaitu selektivitas dan laju alir melalui membran (fluks) yang dinyatakan sebagai volume permeat per unit per waktu tertentu.

a) Permeabilitas

Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Fluk didefinisikan sebagai kemampuan membran dalam menyerap partikel kotor dalam suatu zat cair. Pada proses filtrasi nilai fluks yang umum dipakai adalah fluks volume larutan umpan yang dapat melewati membran persatuan satuan waktu persatuan luas membran. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas arutan serta tekanan dari luar. Laju alir melalui membran (fluks) yang dinyatakan sebagai volume permeat per unit per waktu tertentu yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Jv = \frac{V}{A \cdot t}$$

Dimana :

$J_v$  = fluks ( $L/m^2 \cdot jam$ )

$V$  = volume permeat (L)

$A$  = luas permukaan membran ( $m^2$ )

$t$  = waktu (jam)

b) Selektivitas

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu alat membran keramik menahan suatu suspensi atau melewati suatu suspensi tertentu lainnya. Faktor yang mempengaruhi selektivitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan, umpan dan ukuran pori. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R), yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Jika konsentrasi rejeksi yang diperoleh cukup besar, maka air bersih yang dihasilkan cukup murni. Menghitung rejeksi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \left( 1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100 \%$$

Dimana :

R = rejeksi (%)

$C_p$  = konsentrasi solute dalam permeat (ppm)

$C_f$  = konsentrasi solute dalam umpan (ppm)

## 2.5 Membran Keramik

Membran keramik terbuat dari kumpulan logam (aluminium, titanium, silicium atau zirconium) dan nonlogam (oxide, nitride, atau carbide). Pengaplikasian membran keramik yaitu untuk memisahkan suatu zat dari kumpulannya berdasarkan perbedaan ukuran partikel.



**Gambar 2.3** Membran Keramik

Keunggulan dari membran keramik adalah memiliki kestabilan termalnya terhadap senyawa kimia, degradasi biologis, ataupun mikroba, pemakaian yang relative lama, mudah untuk dibersihkan, serta mempunyai kemampuan untuk bertahan di lingkungan yang agresif misalnya tahan terhadap termperatur tinggi dan larutan yang sangat asam. Hal ini membuat membran keramik berkembang sangat pesat pada proses pemisahan (Dahlan dkk, 2016). Ketahanan terhadap zat kimia menyebabkan membran keramik banyak digunakan untuk *processing* makanan, produk bioteknologi dan farmasi.

Adapun kekurangan membran keramik yaitu pada proses preparasinya dimana sangat sulit mencapai kualitas produk akhir yang *reproducible*. Hal ini karena pada dasarnya sifat brittle dari membran keramik membuatnya lebih mahal daripada sistem membran polimer. Selain itu harga sistem membran meningkat signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan sifat-sifat produk, antara lain porositas, ukuran pori, *reproducibility*, dan *reliability*. Kekurangan teknologi membran lainnya yaitu fluk dan selektifitas karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks berbanding terbalik dengan selektivitasnya. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektivitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran yaitu mempertinggi fluks dan selektivitas (Nasir dan Subriyer, 2011).

## 2.6 Arang Aktif



**Gambar 2.4** Arang Aktif

Arang aktif atau sering juga disebut sebagai karbon aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Arang aktif merupakan arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan sehingga pori bahan menjadi lebih terbuka, karena semakin banyak arang aktif semakin tinggi pula daya serap bahan tersebut terhadap suatu gas atau cairan (Botahala L., 2019).

Arang aktif digunakan sebagai adsorben untuk penjernihan dan pemisahan campuran gas dan cairan (Ismadji dkk., 2005). Arang aktif mempunyai daya serap yang lebih besar dari arang biasa hal ini dikarenakan arang aktif adalah arang yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya akan terbuka (Surest dkk., 2008). Menurut *IUPAC (International Union of Pure dan Applied Chemistry)*, pori-pori pada arang aktif dibagi menjadi 3 golongan yaitu makropori dengan diameter  $> 25$  nm, mesopori dengan diameter 1-25 nm, dan mikropori dengan diameter  $< 1$  nm (Botahala L., 2019). Dari ketiga golongan tersebut, menurut Botahala L. (2019), mikropori lebih efektif dalam proses penyerapan karena luas permukaannya jauh lebih besar dari pada mesopori dan makropori. Junaedi dkk. (2010) dalam Botahala L. (2019), mengatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel arang aktif akan memperbesar luas permukaan arang.

Kualitas arang aktif berdasarkan persyaratan SNI-06-3730-1995 Anonim (1995) dalam Botahala L. (2019) sebagaimana terlihat dalam Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Arang Aktif

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar air	maks. 15%
Kadar abu	maks. 10%
Kadar zat menguap	maks. 25%
Kadar karbon terikat	maks. 65%

Irvan dkk (2016) mengatakan bahwa di dalam 1 gram arang aktif mempunyai luas permukaan lebih dari  $500 \text{ m}^2$ . Arang aktif memiliki struktur amorf hidrofilik, dengan diameter pori rata-rata 1-4 nm, porositas partikel 40-85%, luas permukaan

300-2000 m<sup>2</sup>/gr, kemampuan adsorpsi 0,3-0,7 kg/kg kering. Sifat fisika arang aktif dipengaruhi oleh banyaknya jumlah pori yang ada di dalam arang aktif yang dapat dimasuki oleh adsorbat yang ada di dalam arang aktif. Sedangkan sifat kimia yang dimiliki arang aktif ini dimiliki ketika proses aktivasi berlangsung. Tabel 2.3 menunjukkan sifat fisika dan sifat kimia arang aktif.

**Tabel 2.3** Sifat Fisika dan Sifat Kimia Arang Aktif

Sifat Fisika dan Sifat Kimia Arang Aktif	
Bentuk	Padatan
Ukuran Partikel	<100 µm
Titik Didih	4.000 °C
Titik Leleh	3.500 °C
Berat Molekul	12,011 g/mol