

## II. TINJAUAN PUSTAKA

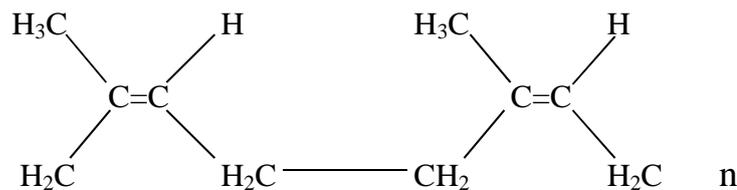
### 2.1 Karet Alam

Tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) merupakan tanaman yang berasal dari hutan sungai Amazon, Brazil. Batang tanaman karet biasanya tumbuh lurus dan memiliki percabangan yang tinggi di atas pohon. Potongan melintang pada batang pohon karet dari arah luar ke dalam adalah lapisan kulit keras, kulit lunak, kambium, dan kayu. Pembulu lateks terletak diantara lapisan kulit lunak kambium, berbentuk tabung dengan dinding kenyal. Proses penyadapan dilakukan pada batang pohon tanaman karet untuk mendapatkan karet alam, sehingga dihasilkan getah kekuning-kuningan yang disebut dengan lateks segar (Triwijoso, 1995).

Karet merupakan bahan polimer yang bersifat elastis (elastomer) yang diperoleh dari *Hevea brasiliensis* atau *Guayule*. Komponen penyusun lateks adalah partikel hidrokarbon karet dan substansi non-karet yang terdispersi dalam fase cairan serum. Senyawa hidrokarbon karet dalam lateks diperkirakan antara 30 – 45 % tergantung klon tanaman dan umur tanaman. Senyawa penyusun non-karet terdiri dari protein, asam lemak, sterol, trigliserida, fosfolipid, glikolipid, karbohidrat, dan garam-garam anorganik. Senyawa protein dan lemak menyelubungi lapisan permukaan karet serta sebagai pelindung partikel karet (Subramania, 1987).

Karet alam adalah senyawa hidrokarbon makro molekul poliisopren ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub> yang bergabung pada ikatan kepala ke ekor. Senyawa penyusun karet alam adalah isoprena  $C_5H_8$  yang saling berikatan kepala ke ekor 1,4 membentuk poliisoprena ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub>, dimana n adalah derajat polimerisasi yang merupakan banyaknya monomer berpolimerisasi membentuk polimer (Honggokusumo, 1978).

Poliisopren mempunyai bobot molekul antara 400.000 – 1.000.000. Rantai poliisopren membentuk konfigurasi *cis* -1,4 poliisoprena yang tersebar secara stabil dengan jumlah molekul tinggi dalam serum. Struktur monomer dan struktur ruang *cis*- 1,4 poliisopren karet alam disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Unit polimer dan struktur ruang 1,4 *cis*-poliisopren karet alam (Honggokusumo, 1978)

Jenis olahan karet alam yang dikenal secara luas, antara lain lateks pekat, bahan olah karet (sit angin, slab tipis, dan lump segar), karet bongkah (*block rubber*), karet spesifikasi teknis (*crumb rubber*), karet siap olah (*tyre rubber*), karet reklim (*reclaimed rubber*), dan karet konvensional (*ribbed smoked sheet, white crepe, pale crepe, estate brown crepe, compo crepe, thin brown crepe remills, thick blanket crepe ambers, flat bark crepe, pure blanket crepe, dan off crepe*) (Utomo dkk., 2012).

Sifat karet alam pada suhu kamar tidak berbentuk cairan tetapi juga tidak dalam kristal. Karet dapat menyerap cairan terutama minyak baik dalam jumlah besar

maupun dalam jumlah kecil yang menyebabkan volume karet meningkat (Subramaniam, 1987). Karet alam dikenal elastomer karena memiliki sifat lunak tetapi cukup kenyal sehingga akan kembali ke bentuk semula setelah diubah-ubah bentuk yang termasuk dalam kelompok elastomer dan berpotensi besar dalam dunia perindustrian. Struktur molekul karet alam berupa jaringan dengan berat molekul tinggi dan dengan tingkat kristalisasi yang relatif tinggi, sehingga mampu menyalurkan gaya-gaya bahkan melawan jika diberi beban statis maupun dinamis. Hal tersebut menyebabkan karet alam memiliki kekuatan tarik, daya pantul tinggi, kelenturan, daya cengkeram yang baik, kalor timbul yang rendah, elastisitas tinggi, daya lekat, daya redam, dan kestabilan suhu yang relatif baik. Sifat-sifat unggul ini menyebabkan karet alam banyak digunakan untuk barang-barang industri terutama ban dan elektronik (Hani, 2009).

Karet alam memiliki kelemahan karena hidrokarbon tidak polar dengan kandungan ikatan tidak jenuh yang tinggi di dalam molekulnya. Struktur karet alam tersebut akan menyebabkan keelektronegatifannya rendah sehingga polaritas karet rendah. Oleh sebab itu mengakibatkan karet mudah teroksidasi, tidak tahan panas, ozon, degradasi pada suhu tinggi, dan pemuaiian di dalam oli atau pelarut organik. Hal ini menyebabkan penggunaan karet alam banyak digantikan oleh karet sintetik (Hani, 2009).

## **2.2 Lateks**

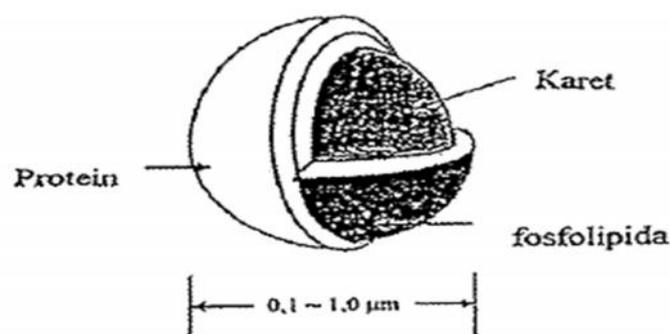
Lateks terdapat pada bagian kulit, daun, dan integumen biji karet. Lateks diperoleh paling banyak dari penyadapan yang terdapat pada bagian antara

kambium dan kulit pohon karet. Menurut Budiman (2012), lateks yang dihasilkan pohon karet berbentuk cairan, berwarna putih, namun ada juga yang berwarna kuning, jingga atau merah. Lateks merupakan suatu larutan koloid dengan partikel karet dan bukan karet yang tersuspensi dalam suatu media serta mengandung beberapa macam zat. Lateks mengandung 25 – 40% bahan mentah dan 60 – 70% serum yang terdiri dari air dan zat terlarut. Partikel karet tersuspensi dalam serum lateks berukuran 0,04 – 3 mikron atau 0,2 milyar partikel padat permililiter lateks berbentuk partikel bulat sampai lonjong. Menurut Utomo dkk. (2012), berat jenis lateks 0,945 (pada 70°F), serum 1,02, dan karet 0,91 perbedaan ini menyebabkan timbulnya *cream* pada permukaan lateks. Lateks membeku pada suhu 32°F karena terjadi koagulasi. Kandungan bahan karet mentah dan partikel karet disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Komponen dalam bahan karet mentah

No	Komponen	Kadar (%)
1.	Karet murni	90 – 95
2.	Protein	2 – 3
3.	Asam lemak	1 – 2
4.	Gula	0,2
5.	Garam (Na, K, Mg, P, Ca, Cu, Mn, dan Fe)	0,5

Sumber: (Utomo dkk., 2012).



Gambar 3. Partikel karet

Susunan bahan lateks dapat dibagi menjadi dua komponen. Komponen pertama adalah serum yang terkandung secara merata dalam karet. Bahan-bahan bukan karet yang terlarut dalam air seperti protein, garam-garam mineral, enzim, dan lainnya termasuk ke dalam serum. Komponen kedua adalah bagian yang didispersikan, terdiri dari butir-butir karet dikelilingi lapisan tipis protein. Bahan bukan karet yang jumlahnya relatif kecil mempunyai peran penting dalam mengendalikan kestabilan sifat lateks dan karet (Budiman, 2012).

Partikel karet di dalam lateks terletak tidak saling berdekatan, melainkan saling menjauh karena masing-masing partikel memiliki muatan listrik. Gaya tolak-menolak muatan listrik ini menimbulkan gerak brown. Isoprene dalam lateks diselimuti oleh lapisan protein sehingga partikel karet bermuatan listrik (Budiman, 2012).

### **2.3 Koagulasi Lateks**

Lateks kebun akan menggumpal secara alami dalam waktu beberapa jam setelah dikumpulkan. Penggumpalan lateks terjadi alami maupun spontan, disebabkan oleh timbulnya asam-asam akibat terurainya bahan bukan karet yang terdapat dalam lateks akibat mikroorganisme. Hal tersebut menyebabkan *lump* hasil penggumpalan alami berbau busuk. Selain itu, penggumpalan juga disebabkan oleh timbulnya anion dari asam lemak hasil hidrolisis lipid yang sebagian besar akan bereaksi dengan ion magnesium dan kalsium dalam lateks membentuk sabun tidak larut, keduanya menyebabkan ketidakmampuan lateks sehingga terjadi pembekuan (Triwijoso dan Siswanto, 1989).

Koagulasi adalah suatu peristiwa atau keadaan menggumpal pada suatu sistem koloid. Sifat koloid lateks dijadikan dasar terjadinya proses koagulasi. Koagulasi lateks bertujuan untuk merapatkan butir-butir karet didalam cairan lateks agar menjadi suatu koagulum. Perubahan lateks menjadi suatu koagulum membutuhkan bahan pembeku (koagulan) seperti asam semut atau asam cuka. Lateks kebun segar yang diperoleh dari hasil penyadapan memiliki pH 6,5. Sedangkan pH yang dibutuhkan untuk mengubah lateks kebun menjadi suatu koagulum yaitu pH yang lebih rendah sekitar 4,7 (Thaher dkk., 2012).

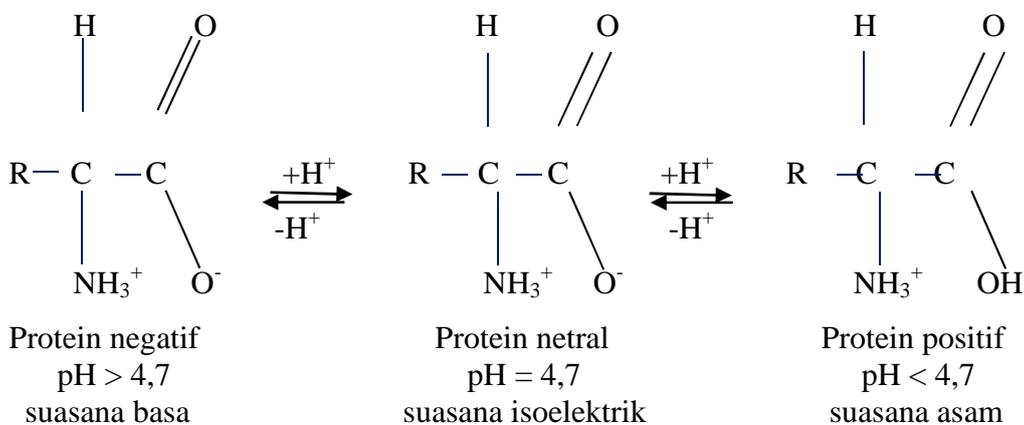
Proses koagulasi lateks terjadi karena peralatan muatan partikel karet di dalam lateks, sehingga daya interaksi karet dengan pelindungnya menjadi hilang. Partikel karet yang sudah bebas akan bergabung membentuk gumpalan.

Penurunan muatan dapat terjadi karena penurunan pH lateks. Penggumpalan karet di dalam lateks kebun (pH 6,8) dapat dilakukan dengan penambahan asam, dengan menurunkan pH hingga tercapai titik isoelektrik yaitu pH dimana muatan positif protein seimbang dengan muatan negatif sehingga elektrokinetis potensial sama dengan nol (Manday, 2008).

Titik isoelektrik karet di dalam lateks kebun adalah terjadi pada pH 4,5 – 4,8 (tergantung jenis klon). Asam penggumpal yang banyak digunakan adalah asam formiat dengan karet yang dihasilkan bermutu baik. Penggunaan asam kuat seperti asam sulfat atau nitrat dapat merusak mutu karet yang digumpalkan. Penambahan bahan-bahan yang dapat mengikat air seperti alkohol juga dapat menggumpalkan partikel karet, karena ikatan hidrogen antara alkohol dengan air lebih kuat dari pada ikatan hidrogen antara air dengan protein yang melapisi

partikel karet, sehingga kestabilan partikel karet didalam lateks akan terganggu dan akibatnya karet akan menggumpal (Manday, 2008).

Semakin tinggi penambahan konsentrasi asam yang ditambahkan pada lateks maka pH lateks akan semakin menurun dan setelah tercapai titik isoelektrik karet akan menggumpal (Manday, 2008). Struktur protein dipolar pada lateks disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Protein dipolar (Zuhra, 2006)

Elektrolit bermuatan positif akan dapat menetralkan muatan negatif lateks, sehingga interaksi air dengan partikel karet akan rusak, mengakibatkan lateks menggumpal. Petani karet sering menggunakan tawas ( $Al^{3+}$ ) sebagai bahan penggumpal lateks. Sifat penggumpalan lateks dengan tawas kurang baik, karena dapat mempertinggi kadar kotoran dan kadar abu karet. Selain itu semakin tinggi konsentrasi logam yang digunakan sebagai koagulan dapat mempercepat oksidasi karet oleh udara yang menyebabkan terjadi pengusangan karet dan nilai PRI menjadi rendah (Setyamidjaja, 1993).

### **2.3.1 Penanganan Lateks Kebun**

Proses penanganan lateks kebun merupakan tahapan penting dilakukan untuk mendapatkan kualitas bokar yang baik. Aktivitas organisme mempengaruhi mutu bokar, hal tersebut akan menjadi masalah pada proses pengolahan sit asap atau sit angin, krep, dan lateks pekat. Turunnya mutu bokar pada umumnya disebabkan aktivitas enzim, iklim, budidaya tanaman atau jenis klon, pengangkutan, serta kontaminasi kotoran dari luar. Untuk mencegah hal tersebut perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- Alat-alat penyadapan dan pengangkutan harus bersih dan tahan karat.
- Lateks harus segera diangkat ketempat pengolahan tanpa banyak guncangan.
- Lateks tidak boleh terkena sinar matahari langsung.
- Penambahan amonia ( $\text{NH}_3$ ) atau natrium sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) dengan dosis 5 – 10 ml / liter lateks (Wisena, 2012).

### **2.4 Bahan Olah Karet (BOKAR)**

Bahan olah karet adalah lateks atau gumpalan dari perkebunan karet kemudian diolah lebih lanjut secara sederhana sehingga menjadi bentuk lain yang bersifat lebih tahan untuk disimpan serta tidak tercampur dengan kontaminan (Direktorat Mutu dan Standarisasi Kementerian Pertanian, 2011). Beberapa kalangan menyebutkan bokar sebagai bahan olahan karet rakyat dan karet bukan dari perusahaan atau perkebunan besar. Berdasarkan macam-macam pengolahan bokar dibagi menjadi 4 macam yaitu :

- Lateks kebun adalah cairan getah yang didapat dari bidang sadap pohon karet dan belum mengalami penggumpalan serta penambahan zat antikoagulan.
- *Sheet* angin adalah bahan olah karet dibuat dari lateks yang disaring dan digumpalkan dengan asam semut, berupa karet *sheet* yang sudah digiling tetapi belum jadi.
- *Slab* tipis adalah bahan olah karet terbuat dari lateks yang sudah digumpalkan dengan asam semut.
- *Lump* segar adalah bahan olah karet bukan berasal dari gumpalan lateks yang terjadi secara alamiah di dalam mangkuk penampung (Zuhra, 2006).

#### **2.4.1 Bau Busuk BOKAR**

Sumber emisi gas bau tak sedap berasal dari beberapa kegiatan pengolahan karet, salah satunya adalah kegiatan penyimpanan bahan olahan karet berupa *lump* yang menyebabkan polusi bau. Perkebunan besar biasanya menyimpan *lump* karena kapasitas produksi yang terbatas atau digunakan sebagai penyangga bahan baku produksi berikutnya. Selama proses penyimpanan, *lump* akan mengalami reaksi aerob dan anaerob akibat aktivitas bakteri pengurai bahan organik serta menghasilkan gas-gas yang berbau busuk sangat menyengat terutama amoniak, hidrogen sulfida serta senyawa anorganik lainnya yang mudah menguap (Purwati, 2005).

Produksi bokar oleh petani karet rakyat untuk diolah menjadi karet remah jenis SIR 20 hingga saat ini memiliki mutu yang rendah dan bau busuk menyengat sejak dari kebun. Mutu bokar yang rendah disebabkan karena petani

menggunakan bahan pembeku lateks yang tidak dianjurkan dan merendam bokar di dalam kolam atau sungai selama 7 – 14 hari. Perendaman tersebut akan memicu perkembangbiakan bakteri perusak antioksidan alami di dalam bokar, sehingga nilai plastisitas awal ( $P_0$ ) dan plastisitas setelah dipanaskan atau PRI selama 30 menit pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$  menjadi rendah. Bau busuk menyengat juga terjadi karena pertumbuhan bakteri pembusuk yang melakukan biodegradasi protein di dalam bokar menjadi amonia dan sulfida. Kedua hal tersebut terjadi karena bahan pembeku lateks yang digunakan tidak dapat mencegah pertumbuhan bakteri (Solichin, 2006).

#### **2.4.2 Mutu BOKAR**

Mutu bokar sangat menentukan daya saing karet alam di Indonesia maupun dipasar Internasional. Mutu bokar dapat dilihat dari Kadar Kering Karet (KKK) dan tingkat kebersihan yang tinggi. Hal tersebut mempengaruhi harga jual bokar itu sendiri. Menurut Sabriwan (2012), bokar yang bermutu tinggi harus memenuhi beberapa persyaratan teknis yaitu:

- a. Tidak ditambah bahan-bahan non karet.
- b. Dibekukan dengan asam format, asam semut atau bahan lain yang dianjurkan dengan dosis yang tepat.
- c. Segera digiling dalam keadaan segar.
- d. Disimpan ditempat teduh dan terlindungi.
- e. Tidak direndam dalam air.

Upaya untuk menghasilkan mutu bokar berkualitas tinggi harus dimulai sejak penangan lateks di kebun hingga sampai tahap pengolahan akhir. Pemerintah telah menetapkan SNI Bokar nomor 06-2047-2002 tanggal 17 Oktober 2002 dengan kriteria kadar karet kering, kebersihan, ketebalan, dan jenis bahan bekuan. Persyaratan kuantitatif bokar mengenai ketebalan (T) dan kebersihan (B) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi persyaratan mutu bokar

No	Parameter	Satuan	Persyaratan			
			Lateks kebun	Sit	Slab	Lump
1	Karet Kering (KK) (min)					
	Mutu I	%	28	-	-	-
	Mutu II	%	20	-	-	-
2	Ketebalan (T)					
	Mutu I	mm	-	3	50	50
	Mutu II	mm	-	5	51 – 100	100
	Mutu III	mm	-	10	101–150	150
	Mutu IV	mm	-	-	> 150	>150
3	Kebersihan (B)	-	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran
4	Jenis Koagulan	-		Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu karet *)	Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu penggumpalan alami	Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu karet *) serta penggumpalan alami

**KETERANGAN**

min = minimal

\*) Bahan yang tidak merusak mutu karet yang direkomendasikan oleh lembaga penelitian kredibel.

Sumber: (BSN, 2002).

### 2.4.3 Plastisitas Awal dan *Plasticity Retention Indeks*

Plastisitas awal merupakan ukuran plastisitas karet yang secara tidak langsung memperkirakan panjang polimer molekul (BM) karet dan kemampuan karet untuk menahan tekanan dari pembebanan yang tetap selama waktu tertentu. Syarat uji minimum  $Po = 30$  untuk semua SIR menunjukkan bahwa karet harus memiliki BM minimum rata-rata 1.300.000. SIR dengan  $Po$  kurang dari 30 biasanya disebabkan karena karet telah mengalami degradasi atau pemotongan rantai molekulnya, yang bersifat fisiknya merosot. Plastisitas awal merupakan nilai plastisitas karet mentah sebelum pengusangan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit yang diukur dengan plastimeter. *Plasticity Retention Indeks* adalah suatu ukuran ketahanan karet terhadap pengusangan (oksidasi) pada suhu tinggi (Goutara dkk., 1985).

Nilai PRI diukur dari besarnya kelihatannya karet mentah yang masih tertinggal apabila sampel karet tersebut dipanaskan selama 30 menit pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$ . Nilai PRI adalah persentase keliatannya karet sesudah dipanaskan dan ditentukan dengan alat *Wallace Plastimeter*. Nilai PRI yang tinggi menunjukkan bahwa karet tahan terhadap oksidasi khususnya pada suhu tinggi, sebaliknya karet dengan nilai PRI rendah akan peka terhadap oksidasi dan pada suhu tinggi cepat menjadi lunak. Faktor utama yang mempengaruhi nilai PRI adalah perimbangan antara prooksidan dan antioksidan dalam karet (Goutara dkk., 1985).

Penentuan nilai PRI adalah cara pengujian yang sederhana dan cepat untuk mengukur pertahanan karet mentah terhadap degradasi oleh oksidasi pada suhu tinggi. Pengujian PRI meliputi pengujian plastisitas *Wallace* dari potongan uji

sebelumnya dan sesudah pengusangan di dalam ove dengan suhu 140°C (Goutara dkk., 1985).

Pengujian PRI dilakukan untuk mengukur degredasi ketahanan karet mentah terhadap oksidasi pada suhu tinggi (lebih rendah dari 80%) menunjukkan bahwa ketahanan karet mentah terhadap oksidasi adalah besar. Tinggi rendahnya nilai PRI dipengaruhi bahan baku, serum yang digunakan dan proses lamanya pengeringan. Terdapat karet mentah dengan nilai PRI yang rendah penyebab utamanya adalah :

- a. Pengeringan terlalu lama dan temperatur pengeringan tinggi atau pengeringan yang berulang-ulang
- b. Mutu bahan baku kurang baik.
- c. Penyimpanan bahan baku terlalu lama.

Oksidasi pada karet alam merupakan proses yang kompleks, melibatkan banyak reaksi dimana dipengaruhi oleh kondisi pemerosean, katalis logam, pemanasan, dan penyusunan (Kroschwitz, 1998). Persyaratan nilai Po dan PRI disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persyarata Po dan PRI lateks dan koagulum

No	Jenis Uji / Karakteristik	Jenis Mutu	Persyaratan					
			SIR 3 CV	SIR 3L	SIR 3 WF	SIR 5	SIR 10	SIR 20
		Bahan olah (satuan)	Lateks			Koagulum Lateks		
1.	PRI	-	Min 60	Min 75	Min 75	Min 70	Min 60	Min 50
2.	Po	-	-	Min 30	Min 30	Min 30	Min 30	Min 30

Sumber : (BSN, 2000).

## 2.5 Kelapa (*Cocos Nucifera* L.)

Pohon kelapa merupakan tanaman tropis jenis tumbuhan dari suku aren-arenan atau *Arecaceae*. Perkebunan kelapa mempunyai luas areal terluas di Indonesia, lebih luas dibanding karet dan kelapa sawit, serta menempati urutan teratas untuk tanaman budi daya setelah padi. Provinsi Lampung pada tahun 2014 memiliki luas lahan perkebunan kelapa 129.020 hektar dan kabupaten pringsewu menyumbang luas lahan perkebunan kelapa 5.011 hektar pada tahun yang sama (BSPPL, 2014). Buah kelapa adalah bagian paling bernilai ekonomi. Menurut Palungkun (2004), buah kelapa berbentuk bulat yang terdiri dari 35 % sabut (eksokarp dan mesokarp), 12 % tempurung (endokarp), 28 % daging buah (endosperm), dan 25 % air. Tebal sabut kelapa kurang lebih 5 cm dan daging buah 1 cm atau lebih.

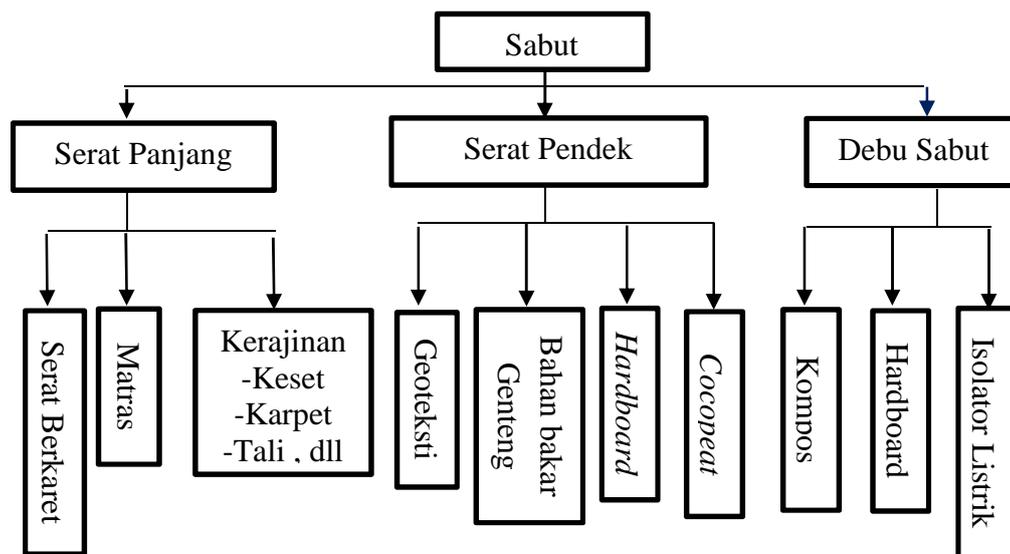
Buah kelapa terdiri dari tiga bagian yaitu

- *Epicarp* adalah bagian luar yang permukaannya licin, agak keras, dan tebalnya  $\pm 0,7$  mm.
- *Mesocarp* adalah bagian tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat keras yang tebalnya 3–5 cm.
- *Endocarp* adalah tempurung tebalnya 3–6 mm (Zainal. M. dan Yulius, 2005).

### 2.5.1 Sabut Kelapa

Sabut merupakan bagian tengah (*mesocarp*), *epicarp*, dan *endocarp*. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat halus sebagai

bahan pembuat tali, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil, dan papan *hardboard*. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Pohon industri sabut kelapa disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Produk turunan pengolahan sabut kelapa (Zainal. M. dan Yulius, 2005)

Terdapat tiga jenis serat yang terdapat di sabut kelapa, yaitu:

1. *Mat / yarn fibre* adalah bahan yang memiliki serat panjang dan halus, cocok untuk pembuatan tikar dan tali.
2. *Bristle / fibre* adalah bahan serat kasar yang sering dimanfaatkan untuk pembuatan sapu dan sikat.
3. *Mattres* adalah bahan yang memiliki serat pendek dan dimanfaatkan sebagai bahan untuk pengisi kasur (Grimwood, 1975 dalam, Tyas 2000).

Sabut kelapa tersusun dari jaringan dasar sebagai jaringan utama penyusun sabut, jaringan dasar tersebut mempunyai konsistensi seperti gabus. Kandungan selulosa dan lignin terdapat pada bagian seratnya sedangkan komponen lainnya seperti

tanin dan hemiselulosa terdapat pada jaringan dasar (gabus). Hasil uji komposisi serat sabut kelapa berdasarkan SNI yang dilakukan Sarana Riset dan Standarisasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi serat sabut kelapa

No	Parameter	Hasil Uji Komposisi (%)	Metode Uji
1.	Kadar Abu	2.33	SNI 14-1031-1989
2.	Kadar Lignin ( Metode Klason)	25.49	SNI 14-0492-1990
3.	Kadar Sari	4.90	SNI 14-1032-1989
4.	Kadar Alfa Selulosa	31.72	SNI 14-0444-1989
5.	Kadar Total Selulosa	55.78	Metoda Internal BBPK
6.	Kadar Pentosan sebagai Hemiselulosa	24.06	SNI 01-1561-1989
7.	Kelarutan dalam NaOH 1 %	32.48	SNI 19-1938-1990

Sumber : (Sunariyo, 2008).

Penumpukan dan pembakaran sabut kelapa bukan metode yang tepat dan efektif untuk menangani permasalahan limbah padat tersebut. Salah satu teknologi alternatif untuk menangani permasalahan limbah padat sabut kelapa ialah dengan teknik pirolisis. Limbah padat sabut kelapa dapat diolah secara tepat menghasilkan produk asap cair dengan teknik pirolisis. Asap cair sabut kelapa memiliki warna coklat kehitaman dan berbau seperti asap pembakaran sabut kelapa. Setelah dilakukan karakterisasi dengan menggunakan GC/MS, diketahui bahwa kandungan utama asap cair sabut kelapa disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan kimia asap cair sabut kelapa

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Asam asetat	42,00
2.	Fenol	25,99
3.	2-propanon	7,04
4.	Furfuran	4,06
5.	Guaiakol	3,32
6.	pH	3,48

Sumber : (Silvianti, 2006).

## 2.6 Asap Cair

Asap cair adalah cairan kondensat dari asap yang telah mengalami penyimpanan dan penyaringan TAR serta bahan-bahan partikulat. Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna (tanpa oksigen) dari kayu pada suhu 400 – 600°C selama 90 menit untuk memperoleh asap, lalu diikuti dengan proses kondensasi di dalam kondensor dengan menggunakan air sebagai pendingin (Pszczola, 1995). Selama pembakaran, komponen kayu berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan mengalami pirolisis. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat, dan karbonil (Pranata, 2008).

Asap cair atau disebut juga cuka kayu (*wood vinegar*) diperoleh dengan cara pirolisis dari bahan baku misalnya batok kelapa, sabut kelapa atau kayu. Asap cair sampai saat ini memiliki manfaat di industri pangan, perkebunan, dan pengawetan kayu. Manfaat asap cair di industri perkebunan, khususnya perkebunan karet memberikan banyak kontribusi berarti yaitu sebagai zat koagulan lateks, penghilangan bau busuk pada bokar, dan mempengaruhi tingkat ketebalan gumpalan bokar yang dihasilkan. Asap cair digunakan sebagai koagulan lateks karena memiliki sifat fungsional seperti antijamur, antibakteri, dan antioksidan sehingga dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan (Darmaji dkk., 1999).

### 2.6.1 Komponen Asap Cair

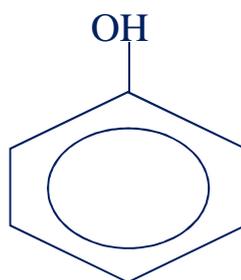
Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya proses pirolisis dari tiga komponen kayu yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lebih dari 400 senyawa kimia dalam asap telah berhasil diidentifikasi tergantung jenis kayu, umur tanaman, sumber kayu, dan kondisi pertumbuhan kayu seperti iklim serta kontur tanah yang digunakan. Komponen-komponen tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, pH, dan umur simpan produk asapan.

Senyawa karbonil dalam asap cair bereaksi dengan protein dan membentuk pewarna coklat dan fenol yang merupakan pembentuk utama aroma serta menunjukkan aktivitas antioksidan alami (Astuti, 2000 dalam Prananta, 2008).

Salah satu faktor penting yang menentukan kualitas asap cair dalam pembuatan asap cair adalah temperatur. Kandungan maksimum senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada temperatur pirolisis 600<sup>0</sup>C. Tetapi produk yang diberikan asap cair hasilkan dari pirolisis 400<sup>0</sup>C dinilai mempunyai kualitas organoleptik terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan dari temperatur pirolisis yang lebih tinggi (Darmadji dkk., 1999). Menurut Siskos dkk. (2007), asap cair mengandung beberapa zat anti mikroba, antara lain adalah asam dan turunannya (format, asetat, butirrat, propionate, dan metil ester), alkohol (metil, etil, propel, akil, dan isobutil alkohol), aldehyd (formaldehid, asetaldehyd, furfural, dan metil furfural), hidrokarbon (silene, kumene, dan simene), keton (aseton, metil etil keton, metil propil keton, dan etil propel keton), fenol, piridin, dan metil piridin.

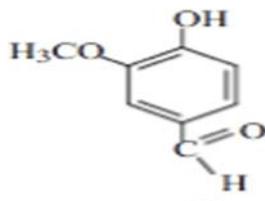
Menurut Girard (1992), senyawa-senyawa penyusun asap cair meliputi:

1. Senyawa-senyawa fenol merupakan senyawa yang berperan sebagai antioksidan sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Kandungan senyawa fenol dalam asap sangat tergantung pada temperatur pirolisis kayu. Kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu antara 10-200 mg/kg. Beberapa jenis fenol yang biasanya terdapat dalam produk asapan adalah guaiakol dan siringol. Gambar struktur fenol disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur fenol (Alawiyah dkk., 2013)

2. Senyawa karbonil merupakan senyawa yang berperan pada pewarnaan dan cita rasa produk asapan. Golongan senyawa ini mempunyai aroma seperti aroma karamel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair antara lain adalah vanilin dan siringaldehida. Gambar senyawa karbonil vanilin disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Senyawa karbonil vanilin (Budimarwanti, 2009)

3. Senyawa asam merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah

asam asetat, propionat, butirrat, dan valerat. Gambar rumus molekul asam asetat disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rumus molekul asam asetat

4. Senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis merupakan senyawa yang dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Senyawa hidrokarbon aromatik seperti benzo(a)pirena merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena bersifat karsinogenik.
5. Senyawa benzo(a)pirena merupakan senyawa yang mempunyai titik didih  $310^{\circ}\text{C}$  dan dapat menyebabkan kanker kulit jika dioleskan langsung pada permukaan kulit. Akan tetapi proses yang terjadi memerlukan waktu lama.

### 2.6.2 Jenis Asap Cair

Jenis asap cair dibedakan atas penggunaannya. Terdapat 3 jenis grade asap cair, yaitu sebagai berikut :

1. Grade 1 yaitu warna bening, rasa sedikit asam, aroma netral, dan digunakan untuk pengawet makanan.
2. Grade 2 yaitu warna kecoklatan transparan, rasa asam sedang, aroma asap lemah, digunakan untuk makanan dengan taste asap (daging asap, bakso, mie, tahu, ikan kering, telur asap, bumbu-bumbu barbaque, dan ikan asap atau bandeng asap).
3. Grade 3 yaitu warna coklat gelap, rasa asam kuat, aroma asap kuat, digunakan untuk penggumpal karet pengganti asam semut, penyamakan kulit, pengganti

antiseptik untuk kain, menghilangkan jamur, dan mengurangi bakteri pathogen yang terdapat di kolam ikan (Buckingham, 2010).

Asap cair grade 3 merupakan pemurnian asap cair dari TAR dengan menggunakan proses destilasi. Destilasi merupakan cara untuk memisahkan larutan atau campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya. Dengan kata lain, destilasi adalah proses pemisahan komponen dari campuran dengan menggunakan dasar bahwa beberapa komponen dapat menguap lebih cepat dari pada komponen lainnya. Ketika uap diproduksi dari campuran, uap tersebut lebih banyak berisi komponen-komponen yang bersifat lebih *volatile* sehingga proses pemisahan komponen dari campuran dapat terjadi (Astuti, 2000).

## **2.7. Pirolisis**

Pirolisis merupakan proses pemanasan dengan meminimalkan penggunaan oksigen. Pirolisis merupakan tahapan awal proses pembakaran dan gasifikasi yang diikuti dengan oksidasi sebagian atau total dari produk utamanya.

Pemilihan suhu rendah dan waktu yang lama selama proses pirolisis akan menghasilkan banyak arang, sedangkan pemilihan suhu tinggi dan waktu pirolisis yang lama akan meningkatkan konversi biomassa menjadi gas. Sedangkan pemilihan suhu yang sedang dan waktu pirolisis yang singkat akan mengoptimalkan asap cair yang dihasilkan (Bridgwater, 2004).

Proses pirolisis menggunakan sistem kedap udara atau tanpa oksigen. Nitrogen inert dialirkan ke dalam reaktor untuk memastikan tidak ada oksigen atau sisa udara di dalam sistem (Amin dan M. Asmadi, 2009). Pirolisis biomassa

dideskripsikan sebagai dekomposisi secara panas langsung komponen organik, dalam kondisi minimum oksigen untuk menghasilkan produk yang berguna.

Produk yang dihasilkan berupa cairan, padatan, dan gas (Klass, 1998).

Proses pirolisis menghasilkan cairan sebagai rendemen, arang sebagai sisa reaksi, dan gas yang tidak terkondensasi. Proporsi ketiganya sangat tergantung dari parameter reaksi dan teknik pirolisis yang digunakan (Amin dan Asmadi, 2009).

Asap terbentuk karena pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran dengan jumlah oksigen terbatas yang melibatkan reaksi dekomposisi bahan polimer menjadi komponen organik dengan bobot lebih rendah karena pengaruh panas (Tranggono dkk., 1997).

Energi panas yang dihasilkan pada proses pirolisis mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon kompleks terurai sebagian menjadi arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada suhu 150 – 300°C. Pembentukan arang tersebut biasa disebut dengan pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen, dan gas-gas hidrokarbon.

Peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder (Tarwiyah, 2001).

Proses pirolisis melibatkan berbagai proses reaksi yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Reaksi-reaksi yang terjadi selama pirolisis kayu adalah penghilangan air dari kayu pada suhu 120 – 150°C, pirolisis hemiselulosa pada suhu 200 – 250°C, pirolisis selulosa pada suhu 280 – 320°C, dan pirolisis lignin pada suhu 400°C. Pirolisis pada suhu 400°C menghasilkan senyawa yang memiliki kualitas organoleptik tinggi dan pada suhu lebih tinggi lagi akan terjadi reaksi kondensasi pembentukan senyawa baru dan oksidasi produk kondensasi

diikuti kenaikan linier senyawa tar serta hidrokarbon polisiklis aromatis (Girard, 1992). Desain alat pirolisis asap cair disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain alat pirolisis asap cair

Peristiwa dekomposisi pada proses pirolisis dapat dibagi menjadi lima zona. Zona I pada suhu kurang dari  $100^{\circ}\text{C}$  terjadi evolusi kadar air secara umum, zona II pada suhu  $200^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$  bahan baku mulai terdekomposisi, zona III pada suhu  $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$  dekomposisi hemiselulosa secara dominan, zona IV pada suhu  $350^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$  terjadi dekomposisi selulosa dan lignin, dan zona V pada suhu di atas  $500^{\circ}\text{C}$  terjadi dekomposisi lignin (Reveendran dkk.,1996).

Menurut Zhang dkk. (2009), penggunaan suhu pada proses pirolisis akan mempengaruhi banyaknya produk yang dihasilkan. Produk arang yang dihasilkan akan semakin menurun dengan adanya peningkatan suhu yakni dari 34,2% pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  sampai 20,2% pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$ . Penurunan banyaknya arang dengan peningkatan suhu disebabkan karena dekomposisi utama yang lebih besar dari biomassa (khususnya lignin) atau dekomposisi kedua dari sisa arang pada temperatur lebih tinggi. Cairan yang dihasilkan meningkat dari 48,3% pada suhu

400°C sampai maksimum 56,8% pada suhu 550°C dan kemudian menurun menjadi 54,2% pada suhu 700°C. Penurunan arang mampu meningkatkan bahan-bahan volatil yang akan dikonversi menjadi produk cairan dan gas. Peningkatan suhu lebih lanjut, akan menyebabkan pemecahan kedua uap yang dominan sehingga menurunkan *yield* cairan serta menaikkan jumlah gas yang dihasilkan. Efek suhu terhadap hasil proses pirolisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Efek suhu terhadap hasil pirolisis

<b>Suhu (°C)</b>	<b>Cairan (%)</b>	<b>Arang (%)</b>	<b>Gas yang Tidak Terkondensasi (%)</b>
<b>400</b>	48,3	34,2	12,1
<b>500</b>	54,4	27,0	13,4
<b>550</b>	56,8	23,2	14,0
<b>600</b>	56,3	22,0	15,6
<b>700</b>	54,2	20,2	21,3

Sumber: (Zhang dkk., 2009).