

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

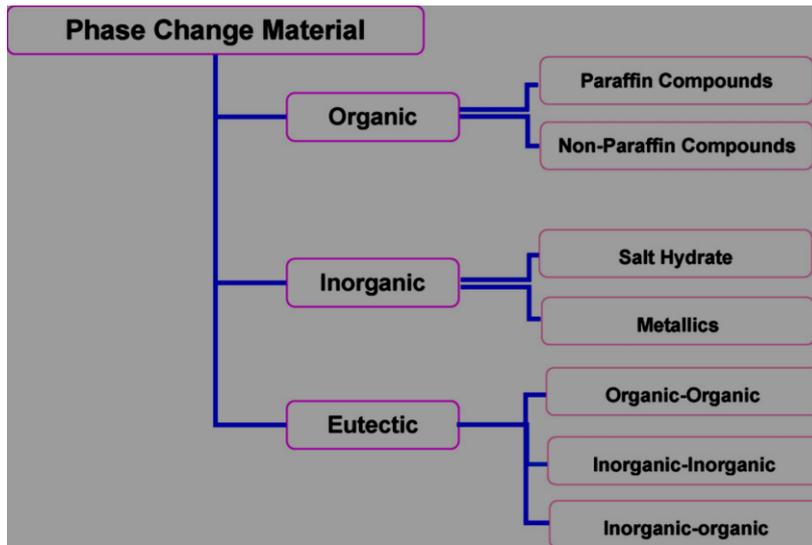
Rasta (2016) melakukan penelitian tentang peran campuran minyak nabati dalam air sebagai *Phase Change Materials* (PCM) temperatur rendah. Dalam penelitian tersebut diperoleh hasil yaitu, jenis minyak (kandungan asam lemak minyak jagung dan minyak kedelai) mempengaruhi karakteristik bahan PCM. Semakin banyak kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak nabati mengakibatkan semakin rendah suhu leleh. Selain itu persentase (% volume) komposisi campuran minyak nabati dalam air juga mempengaruhi karakteristik calon bahan PCM. Dimana semakin tinggi persentase minyak nabati (ester minyak jagung dan ester minyak kedelai) dalam air, maka semakin rendah suhu leleh dari sampel PCM.

2.2 *Phase Change Material* (PCM)

Pada awalnya, PCM padat-cair bekerja seperti *Sensible Heat Storage* (SHS), dimana suhunya naik karena menyerap panas. Namun tidak seperti bahan SHS konvensional, ketika PCM mencapai suhu dimana mereka berubah fase (suhu lelehnya), PCM akan menyerap panas dalam jumlah yang cukup besar pada suhu hampir konstan. Suhu konstan sampai proses pelelelan selesai. Ketika suhu lingkungan turun, maka PCM menjadi padat, saat itulah PCM melepas panas laten. Sejumlah PCM tersedia pada rentang suhu yang diperlukan dari -5 sampai 190°C (Kenisarin & Mahkamov, 2007). Dalam rentang suhu 20-30 °C, beberapa PCM sangat efektif. PCM dapat menyimpan panas per satuan volume lebih banyak 5-14 kali dari pada material penyimpanan konvensional seperti air atau batu (sharma *et al*, 2009).

Klasifikasi bahan PCM:

PCM diklasifikasikan menjadi organik, anorganik dan kombinasi dari keduanya (*eutectic*).



Gambar 2.1 Klasifikasi PCM
Sumber: Sharma *et al* (2008)

1. PCM Organik

Material organik diklasifikasikan menjadi 2 yaitu material paraffin dan non paraffin. Material organik harus bisa mencair secara sempurna sehingga cairan dan padatan memiliki komposisi yang sama, perbedaan antara massa jenis fasa cair dan fasa padat menyebabkan segregasi dan menghasilkan perubahan komposisi kimia dari suatu material. Material organik dibagi atas 2 macam yaitu:

a. Material Paraffin

Paraffin terdiri dari campuran ikatan alkane $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)-\text{CH}_3$. Ikatan CH_3 yang mengalami proses kristalisasi melepaskan banyak sekali panas latent. Titik leleh dan panas peleburan laten akan meningkat sesuai dengan panjang rantai CH_3 . Paraffin merupakan material yang aman, dapat diandalkan, bisa di prediksi sifat-sifatnya, tidak mahal, dan tidak korosif.

b. Material Non-Paraffin

Material organik Non-Paraffin ini adalah PCM dengan jumlah variasi paling banyak. Masing-masing material ini memiliki sifat-sifat tersendiri, tidak seperti material paraffin yang rata-rata memiliki sifat yang hampir sama. Jenis material ini adalah material penyimpan panas yang paling sering digunakan. Beberapa material organik ini memiliki sifat-sifat yaitu:

- 1) Kalor jenis latent yang tinggi
- 2) Titik nyala kecil
- 3) Termal konduktivitas yang rendah

- 4) Tidak mudah terbakar
- 5) Tidak terlalu berbahaya

2. PCM Non-Organik

PCM Non-Organik dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu hidrat (*salt hydrates*) dan logam (*metallics*).

a. Hidrat Garam (*Salt Hydrates*)

Hidrat garam (*Salt Hydrates*) memiliki beberapa sifat yang dapat dikategorikan menjadi *Phase Change Material* yaitu:

- 1) Memiliki panas latent yang tinggi per satuan volume
- 2) Memiliki konduktivitas termal yang cukup tinggi
- 3) Perubahan volume yang kecil ketika mencair
- 4) Tidak korosif, tingkat racun kecil dan tidak bereaksi dengan plastik

b. Logam (*Metallics*)

Kategori logam yang termasuk dalam *metallics* adalah logam dengan titik leleh yang rendah dan logam *eutectics*. Bahan *metallics* ini masih jarang dipakai sebagai PCM karena kerugian pada jumlah/berat bahan yang diperlukan. Seperti diketahui, besarnya energi termal yang bisa disimpan itu berbanding lurus dengan volume. Perbedaan dengan PCM lainnya ialah *metallics* memiliki konduktivitas termal yang tinggi.

Dalam memilih PCM, harus memiliki sifat-sifat antara lain (Pasupathy *et al*, 2008):

1. Sifat fisika dan termal

- a. Mencair suhu dalam kisaran suhu operasi yang diinginkan
- b. Panas laten yang tinggi per satuan volume
- c. Panas spesifik, kepadatan dan konduktivitas termal yang tinggi
- d. Perubahan volume kecil pada transformasi fasa dan tekanan uap kecil pada suhu operasi untuk mengurangi masalah penahanan mencair kongruen

2. Sifat kinetik

- a. Laju nukleasi tinggi untuk menghindari pendinginan dari fase cair
- b. Tingginya pertumbuhan kristal, sehingga sistem dapat memenuhi tuntutan pemulihan panas dari sistem penyimpanan

3. Sifat kimia

- a. Stabilitas proses kimia
- b. Siklus reversibel, siklus membeku/mencair sempurna
- c. Tidak ada degradasi selama siklus membeku/mencair

- d. Tidak korosif, tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak
4. Sifat ekonomi
- a. Biaya rendah
 - b. Tersedia dalam jumlah besar

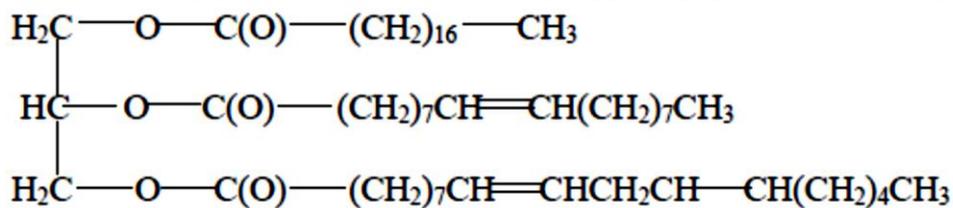
2.3 Minyak Jarak Pagar

Pohon jarak pagar atau bisa disebut (*Jatropha curcas L., euphorbiaceae*) adalah tanaman yang banyak ditemukan di daerah Indonesia (tropis). Tanaman ini sangat tahan kekeringan dan dapat diperbanyak dengan stek. Tanaman jarak ini dikenal untuk bahan pengobatan. Tumbuhan ini semakin mendapat perhatian karena minyak pada bijinya dapat berperan untuk mesin diesel.



Gambar 2.2 Buah jarak pagar

Kandungan minyak jarak pagar memiliki struktur kimia yang terdiri dari trigliserida dengan rantai asam lemak lurus/tidak bercabang, dengan atau tanpa rantai karbon yang tak jenuh.



Gambar 2.3 Struktur kimia minyak jarak pagar

Pada bagian pohon jarak keseluruhannya mengandung racun, sehingga hama tidak ada di tanaman tersebut. Disisi lain ini merupakan tanaman non pangan yang nilai ekonominya rendah dan menguntungkan untuk proses pembuatan PCM jika dilihat dari bahan mentahnya.

Tabel 2.1
Komposisi Yang Terdapat Pada Minyak Jarak Oagar

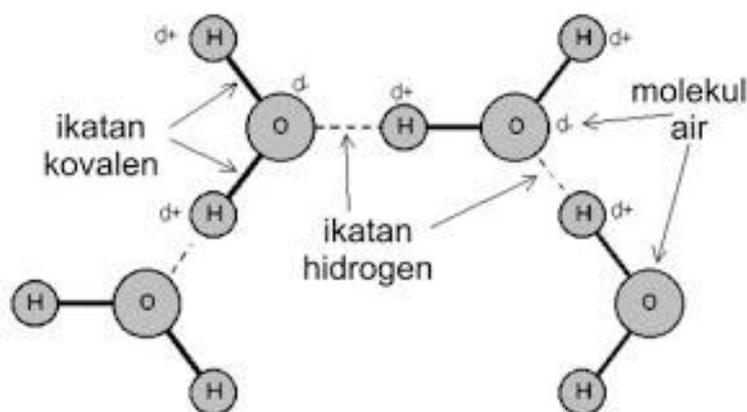
Asam lemak	Kadar (%)	Rumus Kimia
Asam mirristat	0-0,1	C14H28O2
Asam palmittat	14,1 – 15,3	C16H32O2
Asam stearat	3,7 – 9,8	C18H36O2
<i>Arachidic acyd</i>	0,03 - 0	C20H40O2
<i>Behedic acyd</i>	0 – 0,2	C22H44O2
Asam palmittoleat	0 – 13	-
Asam olleat	34,3 – 45,8	C18H34O2
Asam linnoleat	29,0 – 44,2	C18H32O2
Asam linonellat	0 – 0,3	C18H30O2

Sumber: Trabi (1998)

2.4 Air

Pada bentuk kehidupan air berperan penting untuk kehidupan di bumi yang diketahui sampai saat ini (Philip 2005). Dipermukaan bumi air menutupi hampir 71%. Air sebagian besar ada di laut (air asin) dan ada juga dilapisan-lapisan es yang terdapat di kutub dan puncak-puncak gunung. Ada juga yang sebagai awan, air hujan, danau, sungai, dan uap air. Air mempunyai siklus yang bergerak, yaitu : melalui penguapan, hujan serta aliran pada permukaan tanah yang meliputi mata air, sungai, dan muara yang menuju laut. Air tersebut bergerak mengikuti siklus yaitu melalui penguapan, hujan, serta aliran air di permukaan tanah yang meliputi mata air, sungai, muara dan menuju ke laut.

Air sendiri merupakan substansi yang mempunyai rumus kimia H₂O dengan molekul air tersusun satu molekul air atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air mempunyai sifat tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau jika pada kondisi standar. Dimana tekanan 100 kPa (1 bar) dengan temperatur 273,15 K (0 derajat Celcius). Air mempunyai kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia seperti gula, garam, dan asam.



Gambar 2.4 Ikatan kimia pada air
Sumber: Cengel (2004)

Dengan keadaan air yang berbentuk cair merupakan suatu kondisi dimana kondisi tersebut tidak normal pada kondisi normal. Dengan memperhatikan hubungan hidrida-hidrida yang terdapat dalam kolom oksigen tabel periodik yang mengisyaratkan air seharusnya berbentuk gas sebagaimana hidrogen sulfida. Bisa dilihat pada tabel periodik yang unsur-unsurnya mengelilingi oksigen ialah hidrogen yang berikatan dengan oksigen adalah nitrogen, fluor, fosfor, sulfur, serta klor. Jika semua elemen-elemen ini berkaitan dengan hidrogen maka menghasilkan gas dan tekanan normal. Hidrogen berkaitan dengan oksigen yang berikatan mempunyai alasan, ialah dikarenakan oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen lain kecuali fluor.

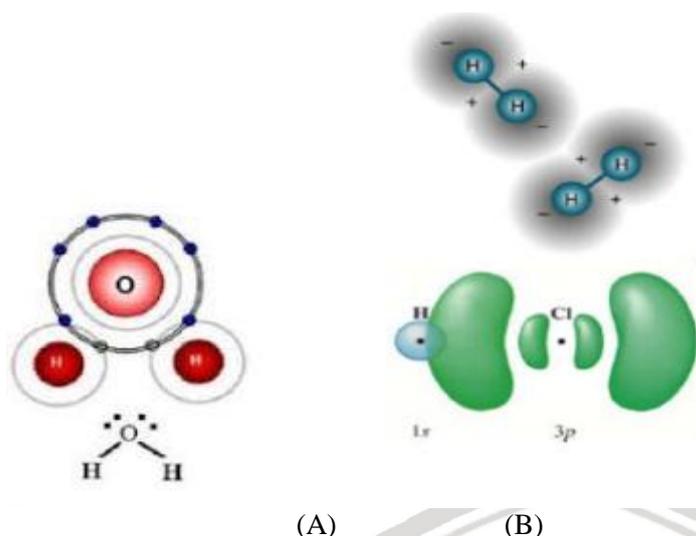
Oksigen mempunyai tarikan atom elektron yang lebih kuat dibanding dengan atom hidrogen. Dengan meninggalkan jumlah muatan positif pada kedua atom hidrogen serta jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Molekul air memiliki sejumlah momen dipol karna adanya muatan pada tiap-tiap atom. Akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan membuatnya sulit untuk dipisahkan. Dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air, ini disebut ikatan hidrogen.

Air dapat melarutkan berbagai zat kimia sehingga disebut pelarut *universal*. Air dalam kesetimbangan dinamis antara fasa cair dan fasa padat dibawah tekanan serta temperatur standar. Dapat di deskripsikan dalam bentuk ion air sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berikatan dengan ion hidroksida (OH^-).

Air memiliki sifat penyimpan panas yang baik karena air memiliki perubahan suhu yang lambat. Air sangat baik digunakan sebagai pendingin mesin karena sifatnya yang tidak mudah panas atau dingin.

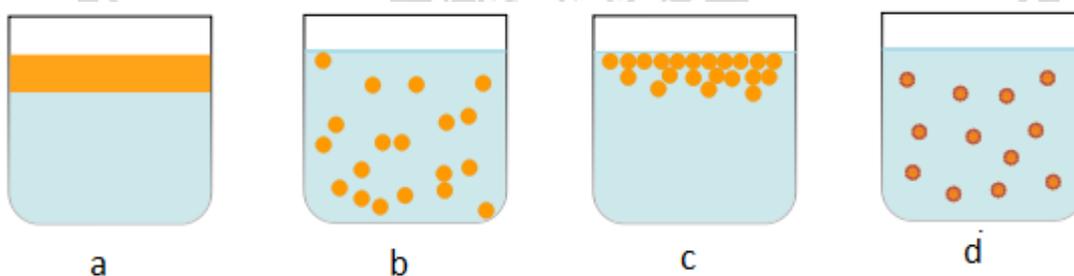
2.5 Air dan Minyak

Air dan minyak tidak dapat menyatu, dikarenakan molekul air menyatu dengan cara ikatan polar, ikatan non polar menyatu dengan molekul minyak. Senyawa yang berbentuk adanya akibat suatu ikatan antar elektron pada unsur-unsurnya ini dapat disebut senyawa polar. Ini dapat terjadi karena adanya unsur yang berikatan mempunyai keelektronegatifitas yang berbeda. Senyawa yang terbentuk akibat adanya suatu ikatan antar elektron pada unsur yang membentuknya ini disebut senyawa non polar. Ini dapat terjadi karena unsur yang berikatan mempunyai nilai elektronegatifitas yang hampir sama/sama.



Gambar 2.5 Ikatan polar (A) dan non polar (B)
 Sumber: Fitriana (2012)

Cara untuk menyatukan air dan minyak adalah dengan menambahkan zat pengemulsi. Zat pengemulsi atau emulsifier adalah zat untuk menjaga kestabilan air dan minyak. Penambahan emulsifier berguna untuk menurunkan tegangan permukaan antara kedua fase larutan sehingga terbentuk emulsi. Emulsi cair merupakan emulsi di dalam medium pendispersi cair. Emulsi melibatkan dari campuran dua zat cair yang tidak bisa saling melarutkan satu dengan yang lainnya jika dicampurkan yaitu antara zat cair polar dan zat cair non polar. Salah satu zat ini antara lain seperti air dan minyak.



Gambar 2.6 Proses sebelum emulsi bereaksi (a) saat dimana proses emulsi berlangsung (b) emulsi tak stabil (c) proses emulsi yang sudah stabil (d)

2.6 Larutan

Dimana homogen yang tercampur dan terdiri dua atau lebih zat disebut larutan. Untuk zat yang jumlahnya lebih banyak dari zat-zat lain dalam larutan disebut solvent atau pelarut. Untuk proses pencampuran zat terlarut dan pelarut yang membentuk larutan disebut solvasi atau pelarutan.

Penurunan titik beku dapat terjadi jika suatu larutan yang ditambahkan suatu zat terlarut akan mengalami penurunan titik beku, penurunan tekanan uap serta kenaikan titik didih. Ini disebut sifat koligatif larutan, dimana ini merupakan sifat dari suatu larutan yang

hanya bergantung pada zat terlarut, bukan pelarut. Bisa dilihat pada radiator kendaraan yang memakai air radiator dengan ditamhkannya etilen glikol yang seharusnya membeku pada suhu 0 derajat celcius, masih bertahan pada suhu 0°celcius dan menjaga agar mesin tetap dingin.

2.7 Pembekuan

Proses dimana zat cair berubah menjadi padat disebut pembekuan. Kebalikan dari proses pembekuan yaitu peleburan. Dimana zat padat berubah cair. Untuk sebagian zat titik beku dan titik lebur biasanya sama.

Suatu proses yang dinamakan pembekuan cepat (*flash freezing*) ialah pendinginan cepat akibat paparan pada temperatur kriogenik dan dapat menyebabkan suatu zat membeku dibawah titik bekunya. Dalam beberapa bahan seperti air murni, temperatur pembekuan lebih rendah dari temperatur peleburan. Titik beku pada air dapat berada di temoeratur yang sama saat titik lebur terdapat nukleator untuk mencegah pendinginan lanjutan(*supercooling*). Titik beku pada air 0°C (32°F, 274 K) tanpa adanya nukleator. Air akan mencair sampai -42°C (-43,6°F, 232 K) sebelum membeku. Titik air akan sama dengan titik leburnya jika adanya nukleasi. Material nukleasi sendiri seperti debu.

2.8 Nukleasi

Nukleasi adalah suatu proses sebelum terjadinya pembentukan kristal. Nukleasi dapat terjadi secara homogen maupun heterogen. Nukleasi homogen adalah suatu nukleasi yang terjadi karna partikel didalamnya serupa. Nukleasi ini terjadi akibat tumbukan antar partikel sehingga membentuk inti. Nukleasi homogen menyebabkan terjadinya *supercooling*. Hal ini disebabkan karena tidak adanya partikel asing yang menyebabkan sulit dalam membentuk inti. Sehingga dibutuhkan energi yang besar dalam proses nukleasi. Nukleasi heterogen adalah nukleasi yang terjadi karena adanya partikel asing atau zat lain yang tidak larut seperti debu. Nukleasi ini yang sering terjadi dikarenakan kebanyakan suatu zat memiliki partikel asing didalamnya dimana partikel asing tersebut berperan sebagai agen nukleasi sehingga proses pembekuan lebih cepat terjadi. Semakin cepatnya proses pembekuan akan mengurangi terjadinya *supercooling*.

2.9 Kalor yang Diserap *Phase Change Material*

Persamaan yang digunakan untuk menghitung banyaknya kalor yang diserap *phase change material* diasumsikan sama dengan banyaknya kalor yang dilepas air.

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t \quad (2-1)$$

Dimana:

Q = Kalor yang diterima (*joule*)

m = Massa (Kg)

C = Kalor jenis air (*joule/Kg*)

Δt = Perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

2.10 Hipotesis

Dari tinjauan pustaka, maka didapatkan hipotesa yaitu penambahan minyak jarak pagar ke dalam akan mempengaruhi titik beku atau titik leleh (*melting point*), dimana semakin banyak persentase minyak jarak pagar (10%, 20%, 30%) yang dicampur ke dalam air akan menyebabkan titik beku semakin rendah. Hal ini disebabkan karena sifat koligatif larutan yang menyebabkan penurunan titik beku. Selain itu kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak jarak pagar juga lebih dominan, hal ini juga akan menurunkan titik beku larutan.

