

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Selama penelitian pengaruh penambahan minyak jarak pagar dalam air sebagai *phase change material* didapatkan beberapa data seperti pada tabel 4.1. Data karakteristik pembekuan berupa *freezing point*, kalor yang diserap PCM, dan *supercooling degree*. Data temperatur pembekuan didapat dari *thermocouple* dan *data logger* yang diolah menggunakan aplikasi *wavescan 2.0*. Data kalor yang diserap didapat dari perhitungan dengan mengetahui temperatur awal dan temperatur akhir dari air maupun bahan PCM pada proses peleburan. Untuk data *supercooling degree* didapatkan dengan merata-rata hasil data dalam 5 kali proses dan menggunakan perhitungan standar deviasi. Data-data tersebut nantinya akan diolah dan dibahas pada sub bab selanjutnya.

Tabel 4.1 Data *freezing point*, kalor yang diserap, dan *supercooling degree*

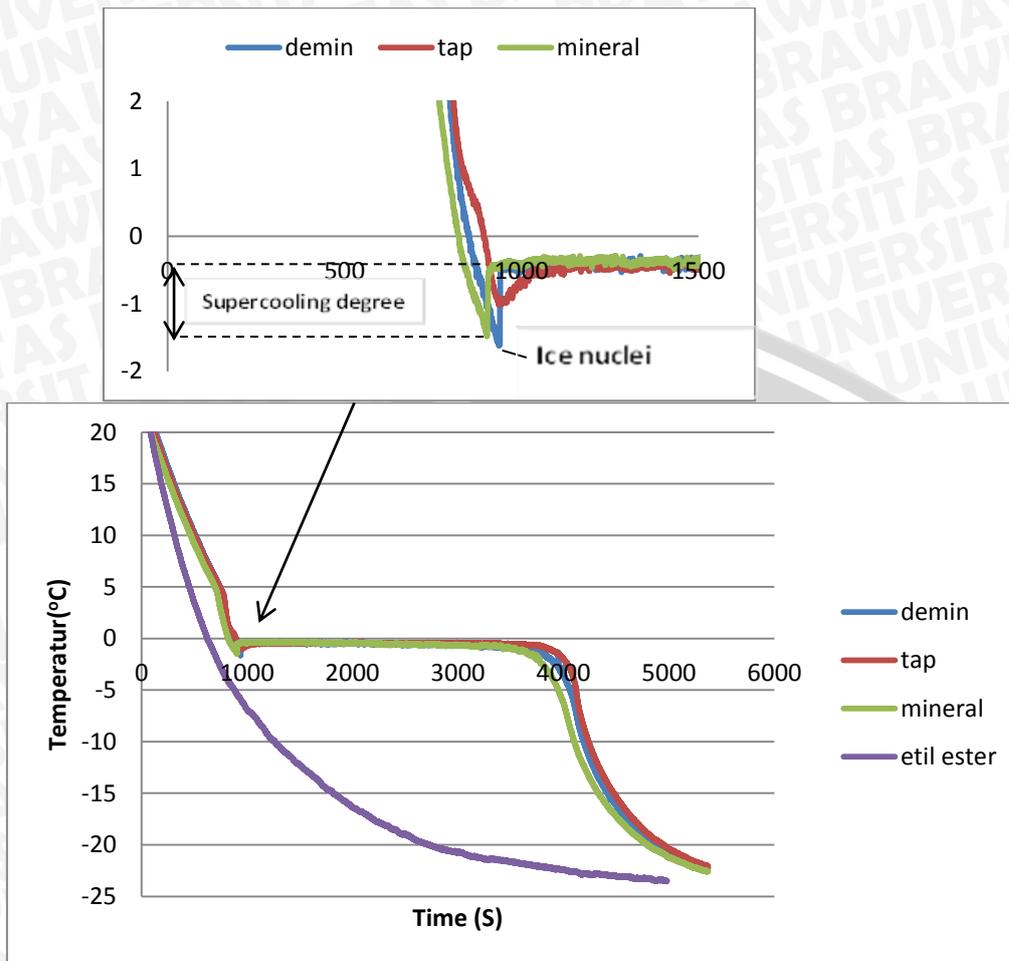
<i>Samples</i> (vol.%)	<i>Freezing</i> (°C)	Kalor yang diserap PCM (kal/ml)	<i>Supercooling</i> <i>Degree</i>
<i>Tap water</i>	0	129,89	1
<i>Mineral water</i>	0	109,50	1,3
<i>Demin water</i>	0	114,18	1,6
Etil ester	-	59,30	0
10/90 (<i>O/W</i>)	-0,5	95,85	0
20/80 (<i>O/W</i>)	-0,7	90,80	0
30/70 (<i>O/W</i>)	-1	73,0	0

4.2 Analisis Pembekuan dan *Supercooling water*

Proses pembekuan air keran (tap water), *aquades* (*demineralized water*), air mineral (*mineral water*) dan etil ester minyak jarak pagar dilakukan dengan menggunakan freezer dengan temperatur $-20^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$. Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat *supercooling* pada *tap water*, *demineralized water*, dan *mineral water*. Akan tetapi tidak terjadi *Supercooling* pada etil ester minyak jarak. *Supercooling* adalah sebuah kondisi yang memungkinkan cairan tidak membeku meski berada dibawah titik bekunya. Hal ini disebabkan karena kemurnian air, umumnya air mengandung zat pengotor, partikel-partikel asing, atau zat tak terlarut yang berperan sebagai agen pembentukan inti (nukleasi). Semakin murni air akan menyebabkan semakin tinggi tingkat *supercooling* (Rasta, 2016).

Nukleasi sangat penting untuk memicu terjadinya pembekuan. Setelah nukleasi terjadi, molekul air akan bergabung dengan inti yang nantinya akan menjadi kristal es. Ukuran molekul yang terbentuk harus cukup untuk menahan inti dan membuat kristal dapat tumbuh. Tanpa adanya partikel inti, kristal tidak dapat terbentuk dan menyebabkan air akan membeku jauh dibawah 0°C . Misalnya, tetesan air murni dapat tetap cair (*supercooling*) pada suhu -40°C sebelum terjadi pembekuan secara homogen (Koop, 2004). Pembentukan kristal es dapat terjadi karena tumbukan molekul-molekul air yang disebut dengan *homogeneous nucleation*, atau dengan pembentukan inti disekitar partikel tersuspensi yang biasa disebut dengan *heterogeneous nucleation*.

Supercooling hanya terjadi pada air dan campurannya, tetapi tidak pada etil ester minyak jarak pagar. Oleh karena itu campuran dari etil ester minyak jarak ke dalam air akan menjadi agen pembentukan inti yang akan mampu mengurangi atau menghilangkan derajat *supercooling* pada air. Sehingga akan terjadi nukleasi secara homogen.

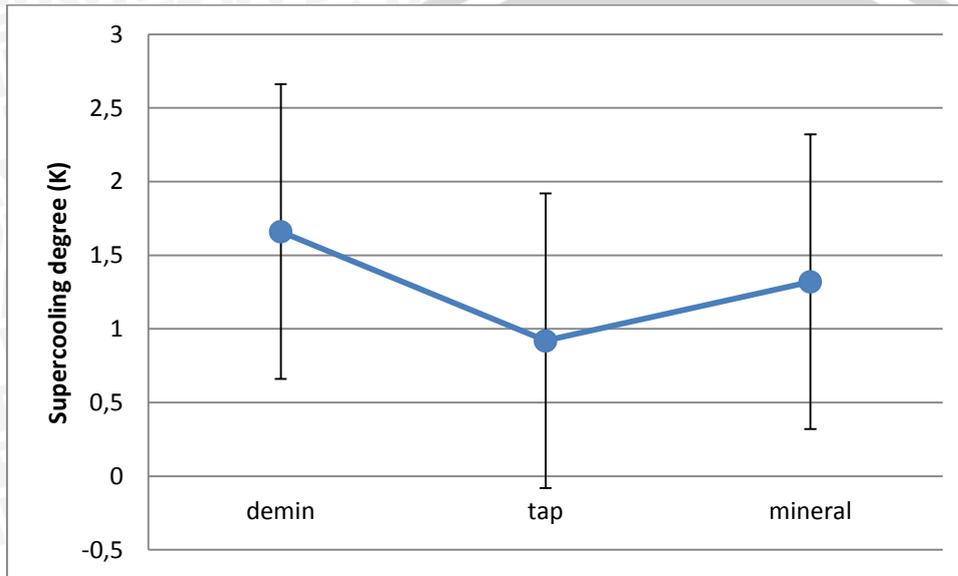


Gambar 4.1 Grafik pembekuan *demineralized water*, *tap water*, *mineral water* dan etil ester *jatropha*

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa *demin water* atau *aquades* memiliki derajat *supercooling* yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karna pada *aquades* (*demineralized water*) merupakan H_2O tanpa mineral, sehingga hanya sedikit partikel asing atau agen nukleasi yang membantu pembentukan inti. *Mineral water* memiliki derajat *supercooling* lebih rendah dari *demin water* karena terdapat mineral sebagai agen dalam pembentukan inti. Kemudian *tap water* memiliki derajat *supercooling* yang paling rendah. Hal ini dikarenakan pada *tap water* banyak terdapat partikel asing seperti debu atau kotoran yang membantu proses pembentukan inti, sehingga inti dapat terbentuk lebih cepat atau berada pada suhu yang lebih tinggi daripada *demin water* dan *mineral water*.

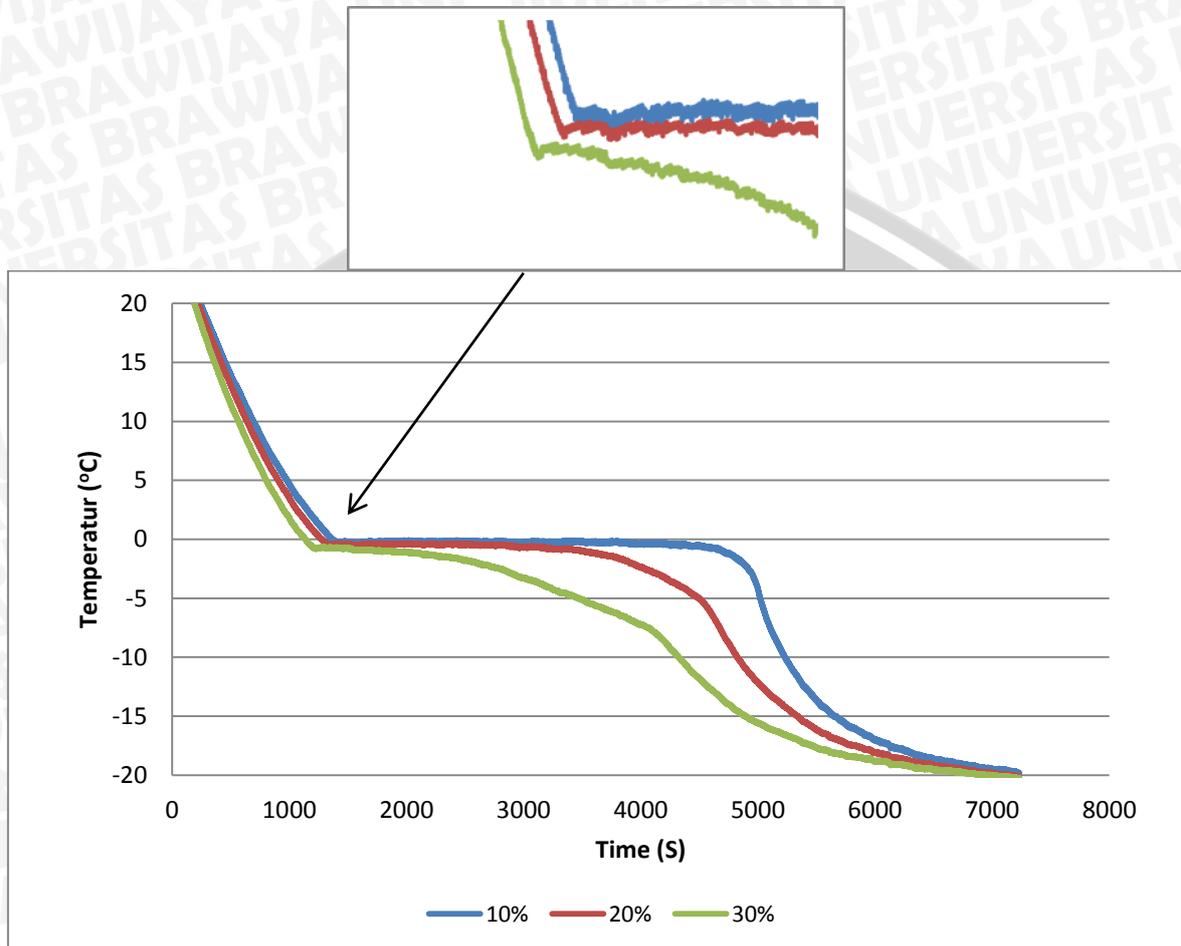
Tabel 4.2 Data Standart Deviasi *supercooling water*

Water	Standart deviasi
Demin	$1,66 \pm 0,602495$
Tap	$0,92 \pm 0,571839$
Mineral	$1,32 \pm 0,664831$

Gambar 4.2 Rata-rata *Supercooling degree water*

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa dalam beberapa kali percobaan demin water memiliki rata-rata derajat *supercooling* tertinggi, yaitu sebesar $1,66 \pm 0,602495$. Selanjutnya *mineral water* memiliki rata-rata derajat *supercooling* tertinggi kedua, yaitu sebesar $1,32 \pm 0,664831$. Sedangkan *tap water* memiliki rata-rata derajat *supercooling* terendah, yaitu sebesar $1,32 \pm 0,664831$. Banyaknya derajat *Supercooling* dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan dan partikel asing sebagai *nucleator*. Derajat *supercooling* dihindari terjadi pada PCM dikarenakan akan membutuhkan energi lebih untuk membentuk inti es yang berada dibawah titik beku. Dalam beberapa percobaan pada penelitian ini menemukan bahwa pasti terjadi *supercooling* pada air, meskipun derajat *supercooling* berbeda-beda namun memiliki kecenderungan yang sama.

4.3 Pengaruh Presentase Etil Ester Minyak Jarak Pagar Dalam Air Terhadap Proses Pembekuan dan *supercooling*

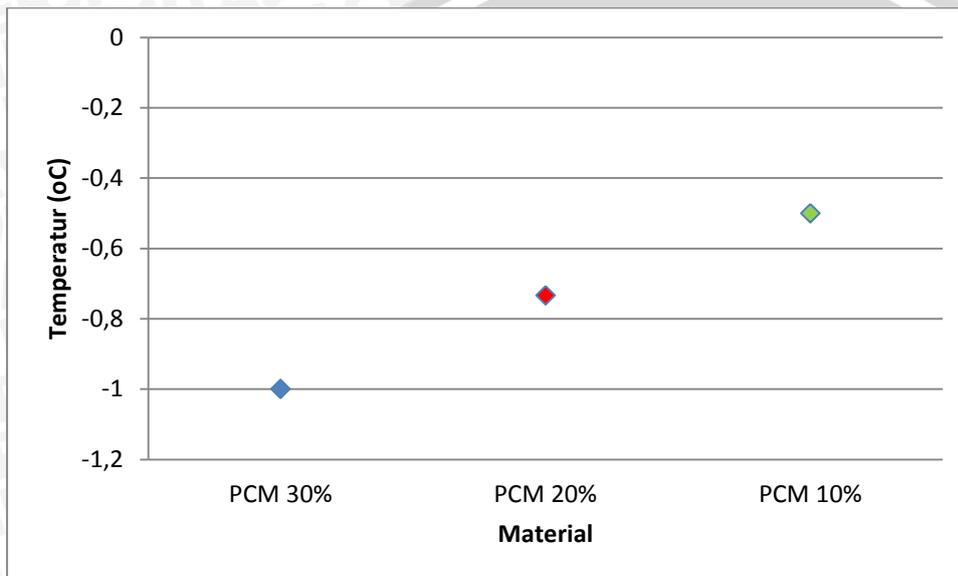


Gambar 4.3 Grafik pendinginan masing-masing presentase larutan etil ester minyak jarak pagar dalam air

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa semakin banyak presentase larutan etil ester minyak jarak pagar dalam air menyebabkan temperatur pembekuan semakin rendah. Hal ini sudah sesuai dengan dasar teori, dimana sifat koligatif larutan akan menyebabkan penurunan titik beku. Pada gambar 4.4 terlihat presentase 30% etil ester dalam air memiliki titik beku paling rendah yaitu sebesar -1°C . selanjutnya pada presentase 20% memiliki titik beku lebih tinggi yaitu sebesar $-0,7^{\circ}\text{C}$. sedangkan pada presentase 10% memiliki titik beku $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.3 juga terlihat bahwa semakin banyak presentase larutan etil ester minyak jarak pagar dalam air menyebabkan panas latennya semakin rendah, hal ini disebabkan minyak jarak tidak memiliki panas laten yang baik/tinggi seperti air. Kalor laten dapat dilihat dari grafik yang memiliki temperatur konstan. Sehingga dapat dilihat

bahwa presentase 10% etil ester minyak jarak dalam air memiliki nilai kalor laten paling tinggi. Kemudian diikuti dengan presentase 20% yang memiliki nilai kalor laten yang lebih rendah dan presentase 30% memiliki nilai kalor terendah. Selain itu campuran etil ester dalam air dapat meniadakan *supercooling* yang biasa terjadi pada air. Hal ini menunjukkan bahwa etil ester dapat berperan sebagai agen nukleasi yang mempercepat proses pembentukan inti.



Gambar 4.4 Titik Beku etil ester *jatropha* dalam air

4.4 Analisis Kalor Yang Diserap

Perhitungan kalor yg diserap masing-masing PCM

1. Tanpa campuran

a. Tap water

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t$$

$$Q = 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot (26,50902 - 21,31316)$$

$$Q = 1298,965 \text{ kal}$$

b. Demineralized water

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t$$

$$= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot (26,69078 - 22,12342)$$

$$= 1141,84 \text{ kal}$$

c. Mineral water

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C \cdot \Delta t \\ &= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (24,24655 - 19,86634) \\ &= 1095,05 \text{ kal} \end{aligned}$$

d. etil ester

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C \cdot \Delta t \\ &= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (25,64063 - 23,26841) \\ &= 593,055 \text{ kal} \end{aligned}$$

2. Larutan etil ester dalam air

a. 10%

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C \cdot \Delta t \\ &= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (24,11285 - 20,27847) \\ &= 958,595 \text{ kal} \end{aligned}$$

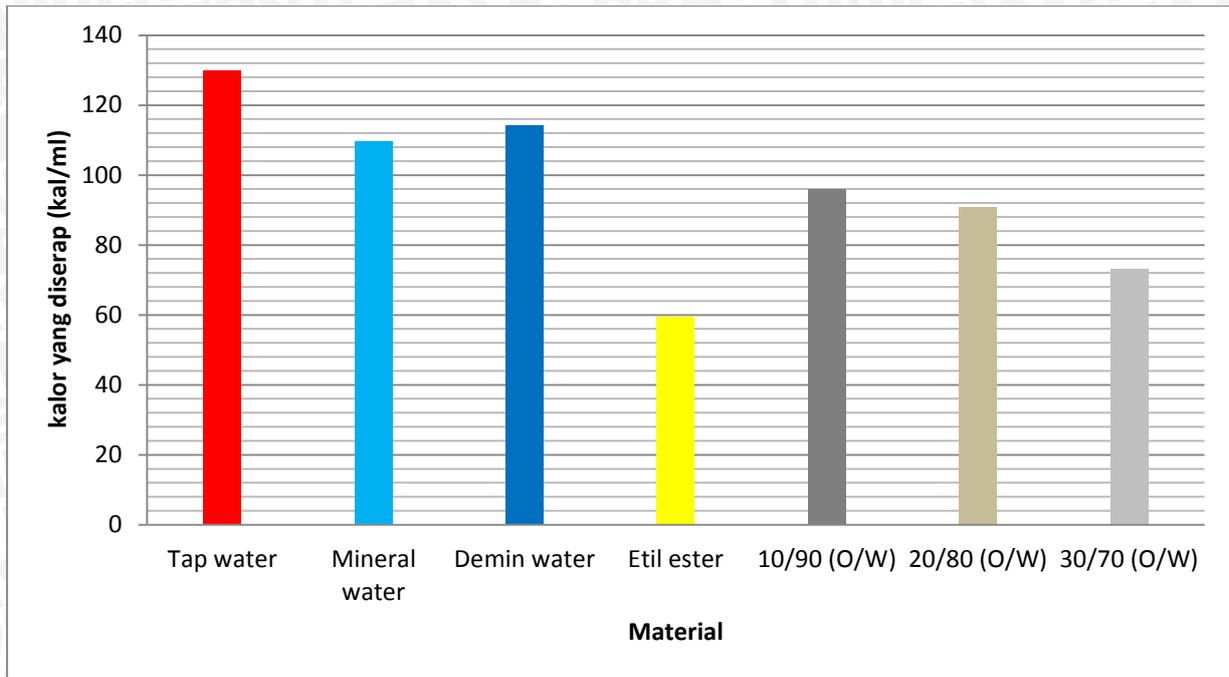
b. 20%

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C \cdot \Delta t \\ &= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (26,90426 - 23,27208) \\ &= 908,045 \text{ kal} \end{aligned}$$

c. 30%

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C \cdot \Delta t \\ &= 250 \text{ g} \cdot 1 \text{ kal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (24,42373 - 21,50349) \\ &= 730,06 \text{ kal} \end{aligned}$$





Gambar 4.5 Grafik kalor yang diserap berbagai Material

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa banyaknya kalor yang diserap pada masing-masing larutan etil ester didalam air berbeda. Kalor yang diserap tertinggi adalah pada presentase larutan 10% yaitu sebesar 958,595 kal. Sedangkan yang terendah adalah presentase 30% yaitu sebesar 730,06 kal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak presentase larutan etil ester dalam air akan menyebabkan semakin menurunnya nilai kalor yang dapat diserap. Penyebabnya karena nilai kalor yang dapat diserap oleh etil ester minyak jarak pagar lebih rendah dari nilai kalor yang dapat diserap oleh air. Hal ini merupakan salah satu kelemahan dari bahan PCM campuran (*eutectic*).

Untuk menghitung Banyaknya kalor yang dapat diserap PCM, menggunakan air sebagai media pelebur dengan mengasumsikan kalor yang dilepas air sama dengan kalor yang diserap PCM karena proses peleburan terjadi didalam sistem yang terisolasi. Sehingga tidak ada kalor yang masuk maupun keluar dari sistem.