

Paraffin Sebagai Material Penyimpan Kalor Laten

Agus Dwi Korawan^{a*}

^a STTR Cepu, Program Studi Teknik Mesin

Abstract

Paraffin is a material that is easily obtained because it is sold in supermarkets, in addition to household needs, paraffin can be used as a thermal storage material, this is because paraffin has many good properties. To find out the properties needed as heat storage material, a DSC test was performed. Based on the test results and analysis, the results show values that are almost the same as the existing references.

Keywords : Paraffin, Thermal storage, DSC.

1. Pendahuluan

Material penyimpan kalor laten atau yang sering disebut dengan Phase Change Material (PCM) adalah material yang ketika menyimpan kalor disertai dengan perubahan fase, biasanya dari fase padat menjadi cair, dimana pada perubahan fase ini terjadi pada temperatur yang relatif konstan. Metode penyimpanan kalor dalam bentuk kalor laten ini banyak diaplikasikan karena memiliki kapasitas penyimpanan yang jauh lebih besar, antara 5 – 14 kali lipat dibandingkan dengan penyimpanan kalor dalam bentuk kalor sensibel [1].

PCM yang digunakan dalam sistem penyimpan kalor sebaiknya mempunyai sifat thermal yang baik, diantaranya temperatur perubahan fase yang sesuai, mempunyai kalor laten tinggi, dan perpindahan kalor yang baik. Maka dari itu pada saat memilih PCM untuk penerapan tertentu, harus dipertimbangkan temperatur pemanasan dan pendinginan yang sesuai dengan temperatur perubahan fase dari PCM tersebut. Jika mungkin mempunyai kalor laten yang tinggi karena akan berdampak pada pengurangan ukuran fisik dari bejana penampung.

Sifat fisik dari PCM diantaranya keseimbangan fase, berat jenis yang tinggi, perubahan volume yang kecil, dan tekanan penguapan yang rendah. Stabilitas fase selama peleburan dan pembekuan akan menguntungkan dalam pengaturan temperatur penyimpan kalor, dan berat jenis yang tinggi akan memperkecil ukuran dari bejana penampung, perubahan volume yang kecil dan tekanan penguapan yang rendah akan mengurangi masalah dalam penampungan.

Sifat kimia juga perlu dipertimbangkan dalam pemilihan PCM, diantaranya stabil dalam jangka waktu yang lama, sesuai dengan bahan konstruksi, tidak beracun, dan tidak menimbulkan bahaya kebakaran. PCM bisa mengalami degradasi akibat hilangnya air selama proses hidrasi, dekomposisi bahan kimia atau ketidakcocokan dengan bahan konstruksi. PCM harus tidak beracun, tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak untuk keselamatan. Disamping itu semua, sifat ekonomi juga penting, yaitu tersedia cukup melimpah dan efektif.

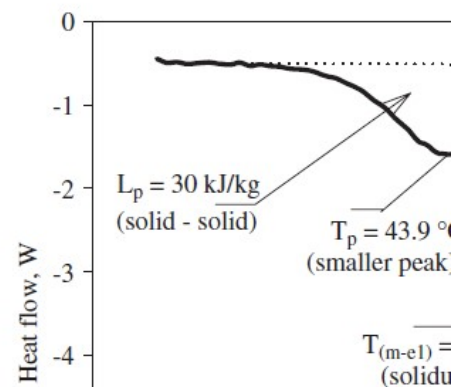
Paraffin sebagai salah satu PCM sangat menarik perhatian, karena mempunyai sifat yang baik, diantaranya paraffin tidak korosif, stabil, dan aman. Disamping itu, paraffin mempunyai sifat thermal yang baik [2]. Tidak

mudah bereaksi dengan wadah yang digunakan [3], harganya murah [4]. Ketersediaan di alam juga banyak dan mudah diperoleh, ini semua menjadi pertimbangan yang sangat penting untuk memilih paraffin sebagai material penyimpan kalor.

Teknik pengujian yang digunakan untuk mengetahui temperatur peleburan dan kalor laten pada PCM adalah : (i) *Differential Thermal Analysis* (DTA), dan (ii) *Differential Scanning Calorimeter* (DSC). Pada pengujian ini, sampel yang akan di uji dan material referensi dipanaskan bersama, perlu dipahami bahwa pada kasus ini terjadi perbedaan temperatur yang sebanding dengan perbedaan aliran kalor antara keduanya, contoh hasil uji untuk paraffin disajikan dalam bentuk grafik DSC seperti pada gambar 1.

2028

A.F. Regin et al. / Renewal



yang lebih kecil karena transisi fase padat-padat pada $\pm 10^{\circ}\text{C}$ di bawah kisaran suhu peleburan. Dari grafik pemanasan DSC, titik leleh diambil pada puncak yang lebih besar. Sifat-sifat paraffin yang di peroleh dari berbagai sumber ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat thermophysical paraffin

Parameter	Nilai
-----------	-------

^a Melting point	59.9 °C
^a Melting range	8.7 °C
^a Solid-solid phase change temperature	43.9 °C
^a Solid-solid phase change range	13.6 °C
^a Specific heat of Solid (<40 °C)	2.0 kJ/kgK
^a Specific heat of Liquid (>60 °C)	2.15 kJ/kgK
^a Latent heat of melting	190 kJ/kg
^a Latent heat of solid-solid change	30 kJ/kg
^b Thermal conductivity of solid	0.24 W/mK
^b Thermal conductivity of liquid	0.22 W/mK
	$\frac{750}{0.001(T-319.15)+1}$
^b Density	
^b Viscosity	$0.001 \exp(-4.25 + \frac{1790}{T})$
^b Solidus temperature	319 °K
^b Liquidus temperature	321 °K

^a [5]^b [6]

2. Metodologi

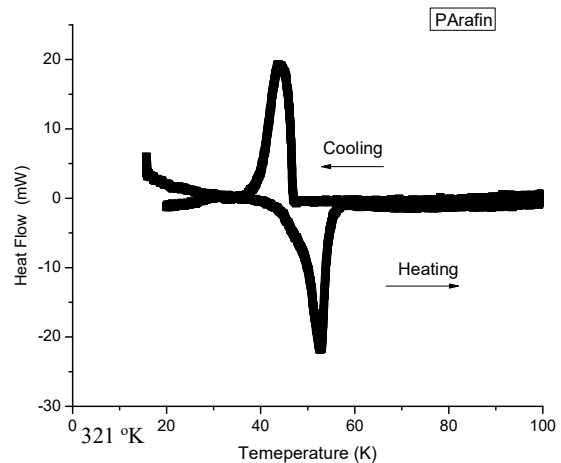
Pengujian paraffin dilakukan di laboratorium sentral Universitas Negeri Malang, merk alat yang digunakan adalah Linseiss, type : STA PT 1600, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



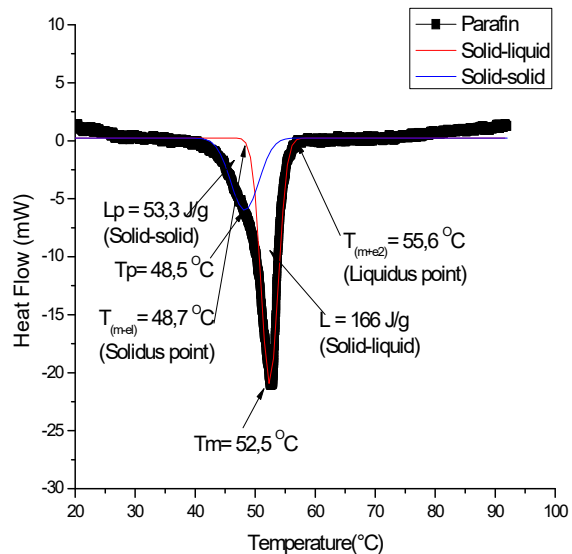
Gambar 2. Defferensial Thermal Analyzer

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian parafin ditunjukkan pada gambar 3. Dan hasil analisis di tunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Kurva DSC Parafin



Gambar 4. Analisis DSC pada paraffin

Pada DSC berlaku hubungan

$$\left(\frac{dq}{dt}\right)_p = \frac{dH}{dt}$$

dan

$$\Delta \frac{dH}{dt} = \left(\frac{dH}{dt}\right)_{\text{sample}} - \left(\frac{dH}{dt}\right)_{\text{reference}}$$

Dimana dH/dt adalah Heat flow dalam mW atau (mJ/s)

$$\int \left(\frac{dH}{dt} \right)_{\text{sample}} dt = \Delta H_{\text{sample}}$$

Jadi Latent heat dari phase solid atau liquid dapat dilakukan dengan mengintegrasikan kurva dibawah kurva dH/dt , dalam hal ini digunakan dengan mengintegrasikan kurva dari model (warna merah dan Biru).

Pengukuran C_p

$$C_p = \left(\frac{dq}{dT} \right)_p = \left(\frac{dH}{dT} \right)_p$$

Karena

$$\text{scan rate} = \frac{dT}{dt}$$

Pada pengukuran ini heating rate $dT/dt = 1^\circ\text{C}/\text{min}$

Maka

$$C_p = \left(\frac{dH}{dT} \right) = \frac{dH}{dt} \frac{dt}{dT}$$

atau

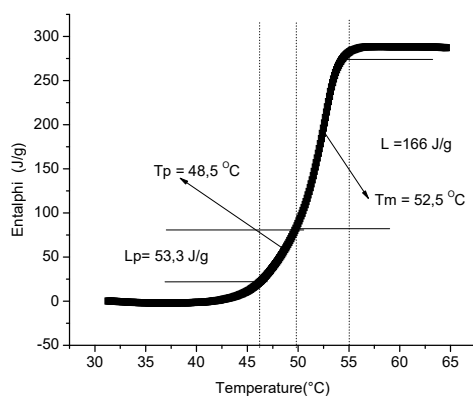
$$\Delta C_p = C_p(\text{sample}) - C_p(\text{reference})$$

$$\Delta C_p = \Delta \left(\frac{dH}{dT} \right) = \Delta \frac{dH}{dt} \frac{dt}{dT}$$

Karena unit Heat flow adalah mJ/sec dan heating rate adalah $^\circ\text{C}/\text{min}$ maka ΔC_p dihitung dengan

$$\Delta C_p = (\text{mJ/sec}) \cdot (\text{min}/^\circ\text{C}) (60 \text{ sec/min})$$

Pada pengukuran ini digunakan heating rate $1^\circ\text{C}/\text{min}$.



Gambar 5. Kalor laten hasil analisis

Summary analisis DSC Parafin

- Melting Point, $T_m = 52,5^\circ\text{C}$
- Melting range, $(dT)_m = 6,9^\circ\text{C}$
- Solid-Solid phase change temperature, $T_p = 48,5$
- Solid-Solid phase change range, $(dT)_p = 4,7^\circ\text{C}$
- Specific heat of solid $C_{ps} (<44^\circ\text{C}) = 3,8 \text{ J/g.K}$
- Specific heat of liquid $C_{pl} (<55,6^\circ\text{C}) = 2,4 \text{ J/g.K}$
- Latent heat of melting, $L = 166 \text{ J/g}$
- Latent heat of solid-solid change $L_p = 53,3 \text{ J/g}$

4. Kesimpulan

Setelah dibandingkan antara hasil pengujian dengan referensi yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian mempunyai nilai yang mendekati dengan referensi yang ada, hal ini disebabkan karena sampel yang digunakan berupa paraffin yang dijual secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sharma, V. V. Tyagi, C. R. Chen, and D. Buddhi, "Review on thermal energy storage with phase change materials and applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, pp. 318–345, 2009.
- [2] K. Kavitha and S. Arumugam, "Performance of paraffin as PCM solar thermal energy storage," vol. 3, pp. 1–5, 2013.
- [3] H. M. Belen Zalba, Jose M. Marin, Luisa F. Cabeza, *Review on thermal energy storage with phase change : materials , heat transfer analysis and applications*, vol. 23. 2003.
- [4] M. M. Farid, A. M. Khudhair, S. A. K. Razack, and S. Al-Hallaj, "A review on phase change energy storage: Materials and applications," *Energy Convers. Manag.*, vol. 45, no. 9–10, pp. 1597–1615, 2004.
- [5] A. F. Regin, S. C. Solanki, and J. S. Saini, "Latent heat thermal energy storage using cylindrical capsule : Numerical and experimental investigations," vol. 31, pp. 2025–2041, 2006.
- [6] A. V. Arasu and A. S. Mujumdar, "Numerical study on melting of paraffin wax with Al 2O 3 in a square enclosure," *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, vol. 39, no. 1, pp. 8–16, 2012.