

# TEKNOLOGI NANO KOMPOSIT LILIN LEBAH/MWCNT UNTUK MENGETAHUI KESTABILAN TERMAL PHASE CHANGE MATERIAL YANG DAPAT DIAPLIKASIKAN PADA DINDING BANGUNAN

Muhammad Amin<sup>1</sup>, Nandy Putra<sup>1\*</sup>, Stephanie rawi<sup>1</sup>, Fadel Prawira Erwin<sup>1</sup>,  
Engkos A. Kosasih<sup>1</sup>, Eny Kusriny<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Applied Heat Transfer Research Group, Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia,  
Kampus Baru - Depok, 16424

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus Baru – Depok, 16424  
email: \*nandyputra@eng.ui.ac.id

## ABSTRAK:

*Dinding suatu bangunan perlu diberikan material yang dapat menyerap energi panas sehingga suhu ruangan tetap dalam keadaan stabil. Teknologi nano komposit berbasis multi-walled carbon nano tube (MWCNT) dikombinasikan dengan lilin lebah menjadi pilihan yang baik untuk dapat digunakan sebagai material pada dinding bangunan. Pada saat diaplikasikan sebagai penyerap panas, sangat penting untuk diketahui kestabilan termal material tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan termal dari material nano komposit berbasis multi-walled carbon nano tube dikombinasikan dengan lilin lebah. Dalam penelitian ini 5 wt% MWCNT ditambahkan ke dalam lilin lebah untuk dijadikan nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Sebuah alat uji siklus termal digunakan dengan memvariasikan siklus pengujian dari 0, 150, dan 300 siklus. Selanjutnya sifat termal dari material nano komposit lilin lebah/MWCNT diukur menggunakan Differential scanning calorimetry (DSC). Hasil penelitian diperoleh bahwa setelah diuji siklus termal terjadi penurunan kapasitas penyimpanan lilin lebah murni dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Besarnya penurunan penyimpan kalor lilin lebah murni pada 300 siklus yaitu, 20,11% dari 153,21 kJ/kg menjadi 122,39 kJ/kg. Sedangkan penurunan penyimpan kalor nanokomposit lilin lebah/MWCNT pada siklus ke 300 sebesar 15,24% dari 115,54 kJ/kg menjadi 97,93 kJ/kg. Berdasarkan data tersebut teknologi nano komposit lilin lebah/MWCNT masih berpotensi sebagai penyerap kalor yang baik untuk material dinding bangunan.*

*Kata Kunci: Kestabilan termal, Lilin lebah, MWCNT, Nano komposit, Siklus termal*

## 1. PENDAHULUAN

Penyimpan energi termal menggunakan Phase Change Material (PCM) sangat berguna pada aplikasi bangunan karena dapat mengurangi beban panas yang berlebih pada ruangan dan dapat menghemat energi listrik [1]. Salah satu contohnya adalah PCM dimasukkan ke dalam dinding berbahan gypsum telah mengurangi konsumsi energi dan dapat dijaga suhu ruangan sampai 79% [2].

PCM merupakan suatu material yang dapat berubah fasa dari padat ke cair atau sebaliknya, dimana saat berubah fasa material ini akan menyimpan kalor laten [3, 4]. Untuk merubah fasa pada material PCM tergantung dari titik lelehnya [5]. Oleh karena itu, perlu dicari material yang memiliki kalor laten yang besar dan titik leleh yang sesuai dengan aplikasi dinding bangunan.

PCM terdiri dari 3 kelompok yaitu, organik, anorganik, dan eutektik [6, 7]. Contoh PCM organik seperti parafin,

dan asam lemak, PCM anorganik seperti hidrat garam, dan larutan garam. Sedangkan eutektik dapat merupakan campuran dari organik-organik, organik-anorganik, dan anorganik-anorganik [8, 9]. Semua kelompok PCM tersebut memiliki kekurangan seperti, saat berubah fasa terjadi perubahan bentuk yang mengakibatkan terjadi kebocoran pada dinding bangunan [10, 11], dan penghantar kalornya yang lama karena konduktivitas termalnya rendah [12]. Berbagai cara telah dilakukan oleh peneliti dalam mengatasi kelemahan tersebut, salah satu metode dan teknologinya adalah membuat nano komposit PCM [13]. Nano komposit PCM terdiri dari material PCM sebagai material inti dan material lain sebagai material pendukung [14], seperti CNT [15-17] nanofiber [18], graphene [19]. Amin et al. menambahkan graphene ke dalam lilin lebah sebesar 0,3 wt% dapat meningkatkan konduktivitas termal sampai 11 kali lipat dibandingkan dengan lilin lebah murni [20]. Putra et al. menambahkan graphene ke dalam RT 22 HC sampai 0,3 wt%

menyebabkan terjadinya peningkatan konduktivitas termal nano PCM RT 22 HC-graphene sampai 9 kali lipat dibandingkan PCM murni [21].

Dilain sisi untuk pemakaian PCM yang digunakan terus menerus sampai waktu yang lama juga perlu diketahui. Peristiwa ini dinamakan stabilitas termal PCM [22]. Untuk mengetahui stabilitas termal PCM digunakan alat uji siklus termal PCM [23]. Alat uji siklus termal PCM ini harus mampu memberikan kalor ke material PCM dalam bentuk panas dan dingin dan alat uji siklus termal ini tidak ada yang standar [24]. Putra et al. [21, 25] melakukan uji siklus termal PCM menggunakan alat uji siklus termal PCM berbasis termoelektrik. Pengujian sampel berupa nano PCM RT 22 HC-graphene dan dilakukan sampai 1000 siklus. Hasil yang diperoleh yaitu tidak adanya perubahan sifat termal yang signifikan pada material PCM sampai 1000 siklus. Silakhori et al. [26] menguji stabilitas PCM menggunakan alat uji siklus termal PCM berupa thermal box yang terdiri dari heater dan cooler. Pengujian siklus termal dilakukan sampai 2500 siklus. Hasil pengujian diperoleh perubahan sifat termal pada PCM selama 2500 siklus terjadi perubahan hanya 3,25%.

Berdasarkan kajian-kajian tersebut sampai saat ini pengujian siklus termal PCM merupakan hal yang terpenting dalam pengembangan penyimpanan energi termal menggunakan PCM. Dimana untuk mengetahui perubahan sifat termal PCM peneliti peneliti selalu menggunakan alat ukur Differential Scanning Calorimetry (DSC) dalam pengujian siklus termal PCM.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan termal dari material nano komposit berbasis multi-walled carbon nano tube dikombinasikan dengan lilin lebah.

## 2. METODOLOGI

### Material

Dalam penelitian ini material PCM yang digunakan adalah lilin lebah. Lilin lebah ini dibeli dalam bentuk balok berwarna kuning kecoklatan. Sedangkan material nanopartikel yang digunakan adalah Multi-Wall Carbon Nanotubes (MWCNT) dengan diameter luar 10-30 nm, panjang 10-30  $\mu\text{m}$  dan purity >95% dari Times Nano, Chengdu Organic Chemical. Lilin lebah dan MWCNT dicampurkan menjadi satu untuk membentuk nanokomposit kemudian akan diuji stabilitas termal PCM.

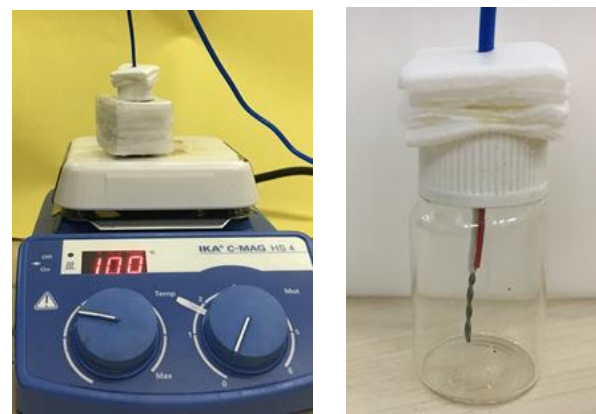
Sampel yang diuji terdiri dari lilin lebah murni dan nano komposit lilin lebah/MWCNT. Sifat termal (titik leleh dan kalor laten) dari lilin lebah dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT diukur menggunakan alat uji Differential Scanning Calorimetri (DSC) PERKIN ELMER. Dimana sampel yang di uji dengan massa 4.2- 5.3 mg dengan scan rate 5  $^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Metode pengujian alat ukur DSC yaitu, pemanasan disetting dari temperatur 10-100  $^{\circ}\text{C}$  kemudian didinginkan kembali dari 100-10  $^{\circ}\text{C}$ , lalu di *hold* selama 2 menit pada temperatur 10  $^{\circ}\text{C}$ , dan terakhir dipanaskan kembali pada temperatur 10-100  $^{\circ}\text{C}$ . Datanya diperoleh berupa grafik, berdasarkan grafik tersebut akan diketahui

titik leleh dan kalor laten baik untuk pemanasan dan pendinginan.

### Pembentukan Nanokomposit Lilin lebah/MWCNT

Pembentukan nanokomposit lilin lebah/MWCNT mengacu pada penelitian Li et al. [27] Nanokomposit PCM lilin lebah dicampurkan dengan fraksi massa 5 wt%. Untuk membentuk komposit sebelumnya MWCNT dioksidasi terlebih dahulu agar MWCNT dapat menyerap lilin lebah. Proses oksidasi MWCNT dilakukan dengan cara mencampurkan  $\text{HNO}_3$  (65%) dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% dengan perbandingan 1:3. Kemudian diaduk selama 1 jam pada suhu 50  $^{\circ}\text{C}$  menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya MWCNT dilarutkan ke dalam larutan asam sebanyak 2 gram. Kemudian disonikator kembali selama 2 jam. MWCNT yang telah dilarutkan dicuci menggunakan aquades dan disaring dengan membrane filter hingga pH mendekati netral (pH = 6,5) dan untuk mempercepat proses penyaringan maka flitrasi harus digunakan pompa vakum. Langkah terakhir yaitu, MWCNT dikeringkan menggunakan oven vakum dan diatur suhunya pada 100  $^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.

Selanjutnya baru dilakukan pembetukan nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Caranya adalah MWCNT dilarutkan ke dalam 150 mL etanol untuk membentuk 20 gram komposit. Kemudian lilin lebah dicampur dengan larutan MWCNT/etanol menggunakan ultrasonic bath selama 30 menit. Selanjutnya lilin lebah/MWCNT diaduk kembali menggunakan magnetic stirrer dengan mengatur suhu 70  $^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Langkah terakhir yaitu, sampel dikeringkan ke dalam oven vakum dan diatur suhu pada 80  $^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Tujuannya adalah untuk menguapkan etanol yang kemudian menghasilkan nanokomposit lilin lebah/MWCNT.



**Gambar 1.** (a) Pemanasan sampel (b) Peletakan termokopel pada sampel

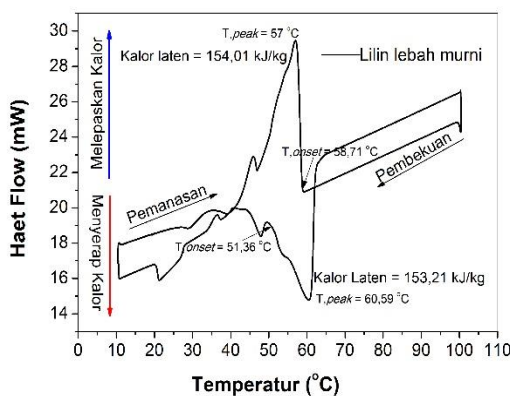
### Pengujian Stabilitas Termal PCM

Keseluruhan metode pengujian stabilitas termal PCM ini merupakan metode baru. Stabilitas termal PCM dilakukan dengan alat uji siklus termal PCM. Satu kali siklus terdiri dari satu kali pemanasan dan satu kali pendinginan.

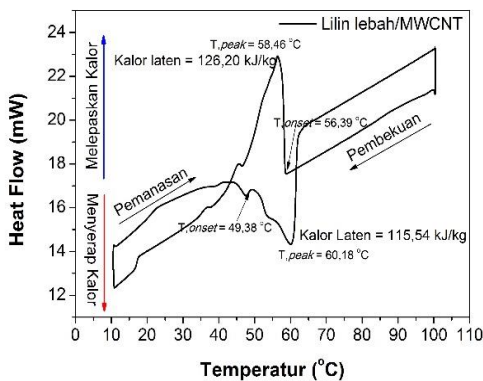
Dalam penelitian ini metode pengujiannya yaitu, sampel disiapkan dalam botol kaca sebanyak 5 ml kemudian pemanasan dilakukan pada heating plate dan pendinginan pada water bath. Sample diuji selama 0 siklus, 150 siklus dan 300 siklus. Selama siklus berlangsung, waktu penyimpanan dan pelepasan kalor dari komposit diukur menggunakan termokopel tipe k seperti diterangkan dalam Gambar 1. Perubahan sifat termal (titik leleh dan kalor laten) dari lilin lebah dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT diukur kembali menggunakan alat uji DSC PERKIN ELMER.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Termal Lilin Lebah Murni dan Nanokomposit Lilin lebah/MWCNT



Gambar 2. Grafik DSC untuk lilin lebah murni

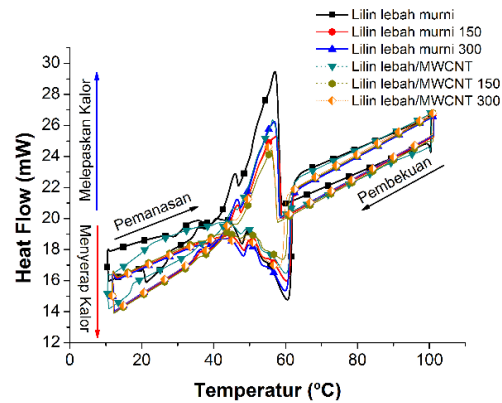


Gambar 3. Grafik DSC untuk lilin lebah/MWCNT

Berdasarkan hasil pengukuran DSC diperoleh data yaitu, titik leleh 60,59 °C dan kalor laten 153,21 kJ/kg untuk lilin lebah murni dan titik leleh 60,18 °C dan kalor laten 115,54 kJ/kg untuk nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Lebih jelasnya ditampilkan seperti Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa pengaruh penambahan MWCNT ke dalam lilin lebah murni terjadi penurunan kalor laten sebesar 24,6%.

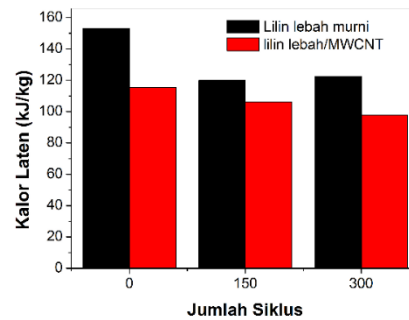
Stabilitas Termal Lilin Lebah Murni dan Nanokomposit Lilin lebah/MWCNT

Gambar 4 merupakan grafik DSC untuk pengukuran stabilitas termal PCM lilin lebah murni dan lilin lebah/MWCNT pada proses pemanasan dan pembekuan. Untuk melihat perubahan sifat termal akibat pengaruh dari siklus termal PCM diperjelas dengan grafik pada Gambar 5 sampai Gambar 8.



Gambar 4. Grafik DSC untuk stabilitas termal PCM

Gambar 5 merupakan grafik pengaruh perubahan kalor laten (pemanasan) akibat pengujian siklus termal. Dapat dijelaskan bahwa untuk PCM lilin lebah murni pada siklus ke 150 terjadi penurunan sampai 21,7% dari 153,21 kJ/kg menjadi 119,94 kJ/kg. Sedangkan pada siklus ke 300 kalor laten naik kembali sebanyak 2% menjadi 122,39 kJ/kg dibandingkan dengan 150 siklus. Untuk nanokomposit lilin lebah/MWCNT, pada siklus ke 150

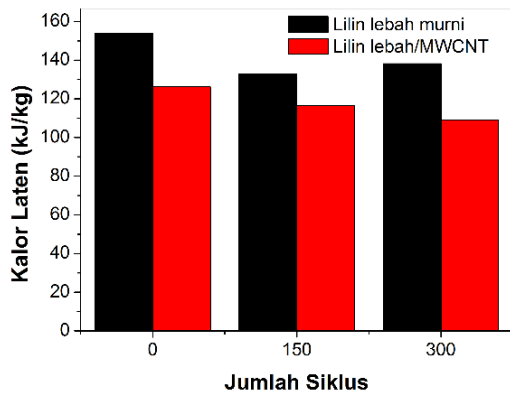


Gambar 5. Grafik perubahan kalor laten untuk pemanasan

terjadi penurunan kalor laten sampai 8% dari 115,54 kJ/kg menjadi 106,28 kJ/kg. Pada siklus ke 300 kalor latennya terus turun sampai 7,8% sebesar 97,93 kJ/kg dibandingkan dengan siklus ke 150.

Gambar 6 merupakan grafik pengaruh perubahan kalor laten (pembekuan) akibat pengujian siklus termal. Dapat dijelaskan bahwa untuk PCM lilin lebah murni pada siklus ke 150 terjadi penurunan sampai 13,7% dari 154,01 kJ/kg menjadi 132,81 kJ/kg. Sedangkan pada siklus ke 300 kalor laten naik kembali sebanyak 4% menjadi 138,25 kJ/kg dibandingkan dengan 150 siklus. Untuk nanokomposit lilin lebah/MWCNT, pada siklus ke 150

terjadi penurunan kalor laten sampai 7.5% dari 115,54 kJ/kg menjadi 106,28 kJ/kg. Pada siklus ke 300 kalor latennya terus turun sampai 6,5% sebesar 108,98 kJ/kg dibandingkan dengan siklus ke 150.



**Gambar 6.** Grafik perubahan kalor laten untuk pembekuan

range 56,73 – 57,09 °C, artinya pengaruh siklus termal terhadap titik beku lilin lebah murni juga tidak berubah yang signifikan. Sedangkan untuk titik beku nanokomposit lilin lebah/MWCNT terjadi perubahan

Hasil DSC ini membuktikan performa nanokomposit lilin lebah/MWCNT tetap baik dan cukup stabil setelah diperlakukan sampai 300 siklus termal jika dibandingkan dengan lilin lebah murni.

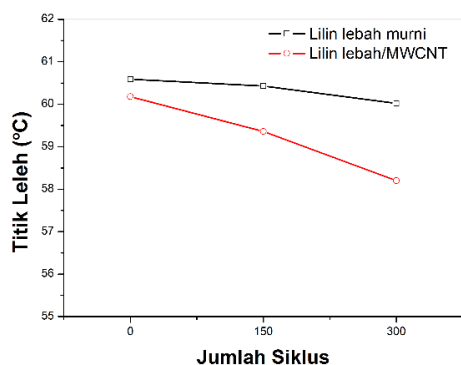
Gambar 7 merupakan grafik pengaruh perubahan titik leleh akibat pengujian siklus termal. Dapat dijelaskan bahwa besarnya titik leleh lilin lebah murni masih dalam range 60,02 – 60,59 °C, artinya pengaruh siklus termal terhadap titik leleh lilin lebah murni tidak berubah yang signifikan. Sedangkan untuk titik leleh nanokomposit lilin lebah/MWCNT terjadi perubahan yang kecil dari 60,18 °C (siklus ke-0) menjadi 58,2 °C (siklus ke 300), artinya ada sekitar 2 °C terjadi penurunan titik leleh disebabkan perlakuan siklus termal PCM.

Gambar 8 merupakan grafik pengaruh perubahan titik beku akibat pengujian siklus termal. Dapat dijelaskan bahwa besarnya titik beku lilin lebah murni masih dalam yang kecil dari 58,46 °C (siklus ke-0) menjadi 57,46 °C (siklus ke 300), artinya ada sekitar 1 °C terjadi penurunan titik leleh disebabkan perlakuan siklus termal PCM.

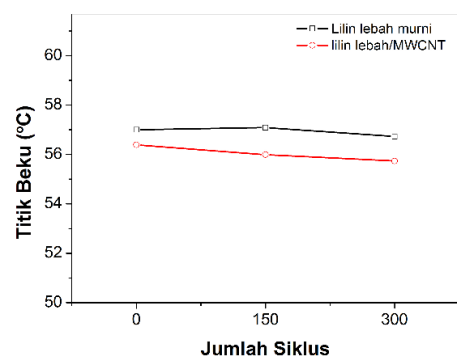
Secara keseluruhan hasil pengujian stabilitas termal lilin lebah murni dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT dari alat ukur DSC ditampilkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Sifat termal lilin lebah murni dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT

PCM	Jumlah Siklus	Pemanasan			Pembekuan		
		Titik leleh [°C]	Onset [°C]	Kalor laten [kJ/kg]	Titik beku [°C]	Onset [°C]	Kalor laten [kJ/kg]
Lilin lebah murni	0	60,59	51,36	153,21	57,00	58,71	154,01
	150	60,43	51,57	119,94	57,09	58,83	132,81
	300	60,02	61,30	122,39	56,73	58,32	138,25
Nanokomposit lilin lebah/MWCNT	0	60,18	49,38	115,54	56,39	58,46	126,20
	150	59,36	51,26	106,28	55,99	57,64	116,67
	300	58,20	49,37	97,93	55,74	57,46	108,98



**Gambar 7.** Grafik perubahan titik leleh



**Gambar 8.** Grafik perubahan titik beku

Gambar 9 merupakan waktu penyimpanan dan waktu pelepasan kalor untuk sampel lilin lebah murni dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Waktu penyimpanan kalor lilin lebah murni saat proses pemanasan adalah 15,5 menit, kemudian setelah menjadi nanokomposit lilin lebah/MWCNT waktu penyimpanannya berkurang menjadi 6,6 menit. Sedangkan pada saat pendinginan, waktu pelepasan kalor lilin lebah murni yang awalnya 4,9 menit berkurang menjadi 3,5 menit setelah dibentuk menjadi nanokomposit lilin lebah/MWCNT. Laju penyimpanan dan pelepasan kalor ini menjadi penting saat komposit diaplikasikan dalam memenuhi kebutuhan termal pada temperatur tertentu.



**Gambar 9.** Waktu penyimpanan dan pelepasan kalor

#### 4. KESIMPULAN

Pengujian stabilitas termal PCM telah berhasil dilakukan dengan PCM yang digunakan adalah lilin lebah murni dan lilin lebah/MWCNT. Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah bahwa sampai 300 siklus, kalor laten lilin lebah murni dan nanokomposit lilin lebah/MWCNT terjadi penurunan. Besarnya penurunan kalor laten lilin lebah murni sebesar 20,11%. Sedangkan penurunan kalor laten nanokomposit lilin lebah/MWCNT sebesar 15,24%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada DRPM Universitas Indonesia melalui penelitian Hibah PUPT.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Halford, C.K. and R.F. Boehm, Modeling of phase change material peak load shifting. *Energy and Buildings*, 2007. **39**(3): p. 298-305.

[2] Sayyar, M., et al., Experimental and numerical study of shape-stable phase-change nanocomposite toward energy-efficient building constructions. *Energy and Buildings*, 2014. **75**: p. 249-255.

[3] Tatsidjodoung, P., N. Le Pierrès, and L. Luo, A review of potential materials for thermal energy storage in building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. **18**: p. 327-349.

[4] Zalba, B., et al., Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis

and applications. *Applied thermal engineering*, 2003. **23**(3): p. 251-283.

[5] Bhatt, V.D., K. Gohil, and A. Mishra, Thermal energy storage capacity of some phase changing materials and ionic liquids. *International Journal of ChemTech Research*, 2010. **2**(3): p. 1771-1779.

[6] Abhat, A., Low temperature latent heat thermal energy storage: heat storage materials. *Solar energy*, 1983. **30**(4): p. 313-332.

[7] Akeiber, H., et al., A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. **60**: p. 1470-1497.

[8] Memon, S.A., Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2014. **31**: p. 870-906.

[9] Sharma, A., et al., Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 2009. **13**(2): p. 318-345.

[10] Kenisarin, M.M. and K.M. Kenisarina, Form-stable phase change materials for thermal energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. **16**(4): p. 1999-2040.

[11] Li, M. and Z. Wu, A review of intercalation composite phase change material: preparation, structure and properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. **16**(4): p. 2094-2101.

[12] Ge, Z., et al., Thermal energy storage: Challenges and the role of particle technology. *Particuology*, 2014. **15**: p. 2-8.

[13] Zhang, X., et al., Polyethylene glycol/Cu/SiO<sub>2</sub> form stable composite phase change materials: preparation, characterization, and thermal conductivity enhancement. *Rsc Advances*, 2016. **6**(63): p. 58740-58748.

[14] Guan, W.-m., et al., Preparation of paraffin/expanded vermiculite with enhanced thermal conductivity by implanting network carbon in vermiculite layers. *Chemical Engineering Journal*, 2015. **277**: p. 56-63.

[15] Kholmanov, I., et al., Continuous carbon nanotube-ultrathin graphite hybrid foams for increased thermal conductivity and suppressed subcooling in composite phase change materials. *ACS nano*, 2015. **9**(12): p. 11699-11707.

[16] Muhammad Amin, S.R., Engkos A. Kosasih, Eny Kusriyanti. Investigation on thermal properties of beeswax based nanocomposite containing multi-walled carbon nanotubes. in *International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS-Summer 2017)*. 2017. Sapporo, Hokaido, Japan.

[17] Stephanie Rawi, M.A., Eny Kusriyanti, Nandy Putra Characterization of Shape-Stabilized Phase Change Material using Beeswax and Functionalized Multi-Walled Carbon Nanotubes. in *Iop Conference Series: Earth and Environmental Sciences (EES)*. 2017.

[18] Babapoor, A., G. Karimi, and M. Khorram, Fabrication and characterization of nanofiber-nanoparticle-composites with phase change materials

- by electrospinning. *Applied Thermal Engineering*, 2016. **99**: p. 1225-1235.
- [19] Wang, W., et al., Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-functionalized graphene nanosheet embedded phase change material composites: efficient magnetic-and sunlight-driven energy conversion and storage. *Journal of Materials Chemistry A*, 2017. **5**(3): p. 958-968.
- [20] Amin, M., et al., Thermal properties of beeswax/graphene phase change material as energy storage for building applications. *Applied Thermal Engineering*, 2017. **112**: p. 273-280.
- [21] Putra, N., et al., Characterization of the thermal stability of RT 22 HC/graphene using a thermal cycle method based on thermoelectric methods. *Applied Thermal Engineering*, 2017. **124**: p. 62-70.
- [22] Petri, R., T. Claar, and L. Marianowski, Evaluation of molten carbonates as latent heat thermal energy storage materials. 1979, Institute of Gas Technology, Chicago, IL.
- [23] Mehrali, M., et al., Shape-stabilized phase change materials with high thermal conductivity based on paraffin/graphene oxide composite. *Energy Conversion and Management*, 2013. **67**: p. 275-282.
- [24] Ferrer, G., et al., Review on the methodology used in thermal stability characterization of phase change materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. **50**: p. 665-685.
- [25] Putra, N., et al. New method of thermal cycling stability test of phase change material. in *MATEC Web of Conferences*. 2017. EDP Sciences.
- [26] Silakhori, M., et al., Accelerated thermal cycling test of microencapsulated paraffin wax/polyaniline made by simple preparation method for solar thermal energy storage. *Materials*, 2013. **6**(5): p. 1608-1620.
- [27] Li, B., et al., Stearic-acid/carbon-nanotube composites with tailored shape-stabilized phase transitions and light-heat conversion for thermal energy storage. *Energy Conversion and Management*, 2015. **98**: p. 314-321.