



Utilization of Heat Energy on Stearic Acid Phase Change in Rice Warming System

Pemanfaatan Energi Panas pada Perubahan Fase Asam Stearat dalam Sistem Penghangat Nasi

Algozan Degesha Gyalovta, Sri Rahayu Alfitri Usna*, Astuti

Departemen Fisika, Universitas Andalas, Indonesia

*sriahayualfitri@sci.unand.ac.id

Article History	Received : 12 09 2023	Revised : 16 09 2023	Accepted : 18 09 2023
------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

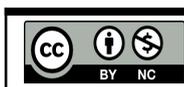
Abstract: Stearic acid (SA) is a phase change material (PCM) which has a melting point of 69.4 °C. Thermal energy in the stearic acid phase change can be utilized in a rice heating system. The research began with testing the thermal characteristics of PCM SA using the T-History method. The result obtained show that PCM SA melts at a temperature of 52-57 °C. The second stage involves utilizing heat energy from the PCM SA phase change to optimize the performance of the rice thermos in keeping the rice temperature warm. The rice used 1 kg, while PCM SA is given a mass variation of 100 g, 150 g, 200 g, and 300 g. PCM SA in the liquid phase is incorporated into polypropylene (pp) plastic. The prepared PCM SA and rice are put into a rice thermos then closed tightly and the temperature is changed every time until temperature of the PCM and rice reaches room is capable of slowing down the cooling process of 1 kg of the rice from a temperature range of 83 °C to 30 °C for 19 hours. The third stage, the thermal cycle testing of PCM SA with the mass of 5 g and 10 g. The result show that PCM SA maintains thermal stability well over 50 thermal cycles.

Keywords: stearic acid; heat energy; rice; PCM; rice thermos.

Abstrak: Asam stearat(SA) merupakan salah satu bahan berubah fase (*phase change material*, PCM) yang memiliki titik lebur 69,4 °C. Energi panas pada perubahan fase asam stearat dapat dimanfaatkan dalam sistem penghangat nasi. Penelitian diawali dengan pengujian karakteristik termal PCM SA menggunakan metode *T-History*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa PCM SA melebur pada temperatur 52-57 °C. Tahapan kedua berupa pemanfaatan energi panas dari perubahan fase PCM SA untuk mengoptimalkan kinerja termos nasi dalam menjaga temperatur nasi agar tetap hangat. Nasi yang digunakan sebanyak 1 kg, sementara PCM SA diberikan variasi massa 100 g, 150 g, 200 g, dan 300 g. PCM SA dalam fase cair dimasukkan ke dalam plastik *polypropylene* (pp). PCM SA dan nasi yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam termos nasi lalu ditutup rapat dan perubahan temperatur setiap waktu diukur hingga temperatur PCM dan nasi mencapai temperatur ruang. Berdasarkan hasil pengukuran, PCM SA 200 g dan 300 g mampu dalam memperlambat proses pendinginan 1 kg nasi dari rentang temperatur 83 °C hingga 30 °C selama 19 jam. Tahapan ketiga, dilakukan pengujian siklus termal dari 10 mg PCM SA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PCM SA mempertahankan kestabilan termal dengan baik selama 50 siklus termal.

Kata Kunci: asam stearat; energi panas; nasi; PCM; termos nasi.

How to cite: Gyalovta, A.D., Usna, S.R.A., Astuti, 2023. Pemanfaatan Energi Panas pada Perubahan Fase Asam Stearat dalam Sistem Penghangat Nasi. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, 9(2): 136-143.



Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits (attribution) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for non-commercial purposes

A. Pendahuluan

Nasi merupakan makanan pokok yang dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Umumnya pada saat ini nasi dimasak dan dihangatkan menggunakan *rice cooker*. Saat menghangatkan nasi, *rice cooker* akan menjaga temperatur nasi pada 70 °C hingga 80 °C. Penurunan kualitas nasi biasanya ditandai dengan nasi yang mengering dan menguning jika temperatur *rice cooker* terlalu tinggi sedangkan nasi menjadi mudah lembek dan cepat basi jika temperatur *rice cooker* terlalu rendah (Terapan & Telkom, 2019). Temperatur penghangat nasi yang baik berada pada rentang 70-75 °C (Hidayati et al., 2017).

Asam stearat atau biasa disebut *stearic acid* (SA) telah menunjukkan banyak karakteristik yang diinginkan sebagai PCM, seperti panas laten yang tinggi sebesar 199 kJ/kg, *supercooling* yang dapat diabaikan, *stabilitas* termal yang baik setelah sejumlah besar siklus lebur/beku, tidak muncul efek pemisahan fase, tidak beracun, dan harga yang murah (Wang et al., 2009). SA melebur pada temperatur 69,4 °C sehingga ketika ditambahkan dalam termos nasi diharapkan dapat memperlambat proses pendinginan nasi.

(Sari & Kaygusuz, 2001) telah melakukan penelitian sistem penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) menggunakan SA sebagai bahan berubah fase. Hasil uji *differential scanning calorimetry* (DSC) menunjukkan bahwa temperatur lebur SA berada pada rentang 60-61 °C dengan panas laten sebesar 186,5 kJ/kg.

(Wen et al., 2018) melakukan penelitian dengan menggabungkan *stearic acid* (SA)/*carbonized sunflower straw* (CSS) untuk menyimpan energi panas. Hasil DSC menunjukkan bahwa SA melebur pada temperatur 68,1 °C dengan panas laten sebesar 186,1 kJ/kg dan membeku pada temperatur 66,3 °C dengan panas laten sebesar 186,7 kJ/kg. (Jafaripour et al., 2021) juga telah melakukan penelitian yaitu PCM campuran *stearic acid* (SA)/kaolin untuk aplikasi dalam sistem penyimpanan energi panas. Hasil DSC menunjukkan bahwa SA melebur pada temperatur 60,4 °C dengan panas laten sebesar 149,5 kJ/kg dan beku pada temperatur 51,1 °C dengan panas laten sebesar 143,9 kJ/kg.

Pada penelitian ini, PCM SA digunakan untuk meningkatkan kinerja dari termos nasi dalam memperlambat proses pendinginan nasi. Pengujian karakteristik termal bertujuan untuk memperoleh nilai temperatur lebur PCM SA dengan menggunakan metode *T-History*. Pengujian potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi ditinjau dari lamanya nasi yang disimpan dalam termos menjadi dingin dari temperatur tinggi (83 °C) hingga mencapai temperatur ruang (30 °C) dengan dan tanpa penambahan PCM SA. Pengujian siklus termal lebur dan beku diamati sebanyak 50 siklus untuk melihat *stabilitas* termal PCM SA.

B. Metode Penelitian

Pengujian karakteristik PCM SA dilakukan dengan memanaskan PCM SA 200 g menggunakan *hotplate* pada temperatur 100 °C hingga berubah fase sepenuhnya menjadi cair. PCM SA yang sudah berubah fase kemudian dimasukkan ke dalam dua

wadah plastik *polypropylene* dengan massa PCM setiap plastik yaitu 100 g. Dua bungkus PCM SA yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam termos nasi 6,5 L lalu ditutup rapat dan dibiarkan hingga PCM mencapai temperatur ruang (menjadi padatan). Perubahan temperatur setiap 10 menit selama proses pengujian diukur menggunakan sensor temperatur.

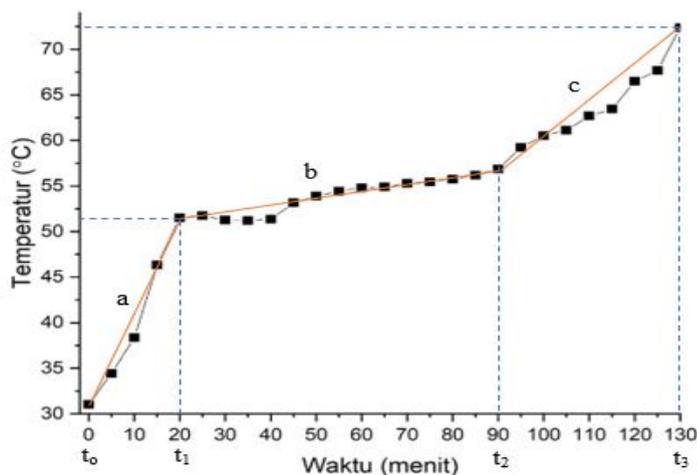
Pengujian potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi dilakukan dengan mempersiapkan PCM SA dengan variasi massa sebanyak 100 g, 150 g, 200 g, dan 300 g terhadap 1 kg nasi. PCM SA dipanaskan dengan menggunakan *hotplate* pada temperatur 100 °C hingga berubah fase menjadi cair dan dimasukkan ke dalam dua wadah plastik *polypropylene*. Dua bungkus PCM SA dan nasi yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam termos nasi 6,5 L lalu ditutup rapat. Perubahan temperatur setiap 60 menit dari nasi dan PCM diukur menggunakan sensor temperatur, dan pengukuran dihentikan ketika temperatur nasi mencapai 30 °C.

Pengujian siklus termal PCM SA dilakukan dengan tujuan mengetahui kestabilan termal PCM. Kestabilan termal dilihat dari berapa lama waktu hidup PCM yang dapat berubah dari fase cair ke fase padat secara alami pada suhu ruang. Semakin lama waktu hidup (siklus termal) semakin baik kestabilan termal PCM karena dapat digunakan berulang kali. Pengujian siklus termal dilakukan pada PCM SA massa 10 g. PCM dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dipanaskan pada temperatur 100 °C hingga berubah fase menjadi cair. Selanjutnya PCM dipindahkan pada ruang terbuka dan dibiarkan memadat dengan bantuan temperatur ruang. Perubahan temperatur PCM SA selama berubah fase dari padat-cair-padat diukur menggunakan sensor temperatur. Pengujian siklus termal dilakukan sebanyak 50 siklus untuk melihat *stabilitas* termal dari PCM SA.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Karakteristik Termal PCM SA Menggunakan Metode *T-History*

Pengujian karakteristik termal PCM SA dilakukan dengan meninjau proses serapan kalor yang dapat menunjukkan nilai temperatur peleburan. PCM SA yang digunakan mula-mula dalam bentuk padatan dan dipanaskan secara perlahan menggunakan *hotplate* hingga melebur. Perubahan temperatur setiap waktu diukur menggunakan sensor temperatur. Data perubahan temperatur tersebut selanjutnya dikonversi dalam bentuk kurva perubahan temperatur setiap 10 menit selama proses serapan panas yang dapat dilihat pada Gambar 1.

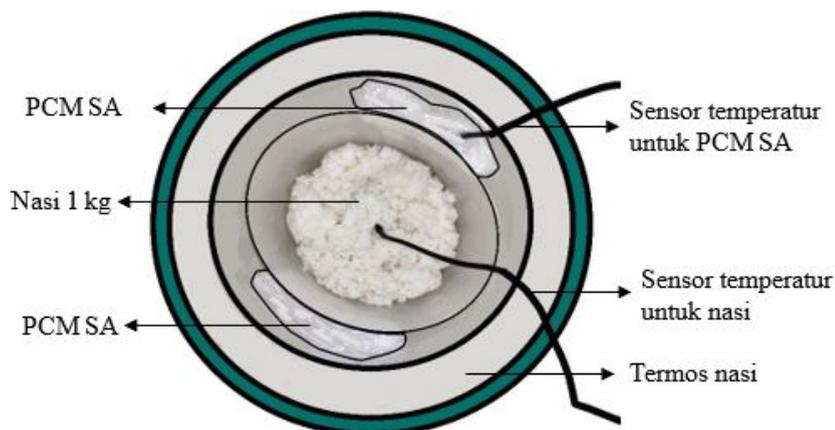


Gambar 1. Grafik peleburan PCM SA

Gambar 1 menunjukkan bahwa temperatur PCM naik secara signifikan pada proses (a) atau disebut proses panas sensibel dari t_0 hingga t_1 selama 20 menit. Proses (b) adalah proses panas laten berlangsung pada rentang temperatur lebur (T_l) 52-57 °C. Pada proses ini temperatur cenderung konstan karena energi panas yang diserap PCM SA digunakan untuk berubah fase dari padat menjadi cair dari t_1 menuju t_2 selama 70 menit. Proses (c) temperatur kembali naik secara signifikan menandakan perubahan fase telah selesai menjadi cair sepenuhnya setelah waktu t_2 . T_l yang didapatkan pada penelitian ini berada pada rentang 52-57 °C yang cukup berbeda dengan nilai T_l yang ditunjukkan literatur. Menurut (Sharma et al., 2009) PCM SA melebur pada temperatur 69,4 °C. (Wen et al., 2018) melaporkan bahwa PCM SA dengan kemurnian 97,5% memiliki T_l sebesar 68,1 °C, sementara (Sari & Kaygusuz, 2001) melaporkan PCM SA dengan kemurnian SA 90% menunjukkan T_l sebesar 60-61 °C. Pada penelitian ini, PCM SA yang digunakan diperoleh dari market *online* yang tidak mencantumkan tingkat kemurnian SA, oleh karena itu rendahnya nilai T_l yang diperoleh besar kemungkinan disebabkan karena ketidakmurnian PCM SA yang digunakan. Selain itu perbedaan nilai T_l dapat disebabkan karena adanya kebocoran termal dari termos nasi yang digunakan sebagai wadah adiabatik dan penggunaan sensor temperatur yang belum terkalibrasi dengan baik.

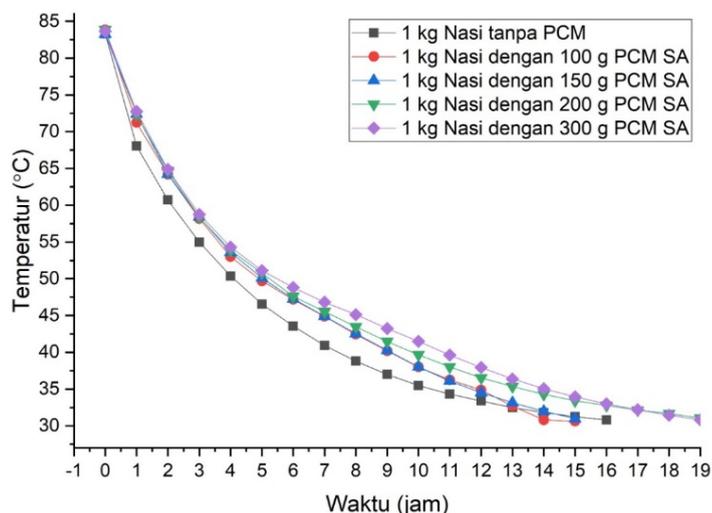
Hasil Pengujian Potensi PCM SA sebagai Sistem Penghangat Nasi

Pengujian potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi dilakukan dengan cara menambahkan PCM SA dengan variasi massa 100 g, 150 g, 200 g, dan 300 g terhadap nasi 1 kg. Adapun susunan 100 g PCM SA dan nasi di dalam termos dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan PCM SA dan 1 kg nasi di dalam termos nasi

Potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi dikaji berdasarkan kemampuan PCM SA dalam memperlambat proses pendinginan nasi yang disimpan di dalam termos. Termos nasi berfungsi sebagai wadah adiabatik yang menjaga agar energi panas dari nasi tidak mengalir ke lingkungan dalam jumlah besar, sehingga temperatur hangat nasi dapat dipertahankan dalam waktu lebih lama. Sementara, PCM SA bekerja sebagai penyuplai energi panas pada nasi, dimana energi panas yang hilang dari nasi ke lingkungan akan digantikan oleh PCM SA. Energi panas yang disuplai oleh PCM SA bersumber dari perubahan fase SA. Pelepasan energi panas selama perubahan fase PCM SA ini yang dimanfaatkan sebagai penyuplai energi panas untuk nasi. Ketika PCM SA ditambahkan dalam termos nasi, maka kedua sistem (termos dan PCM SA) bekerja bersama-sama dalam menurunkan laju pendinginan nasi. Hasil potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik potensi PCM SA sebagai sistem penghangat nasi

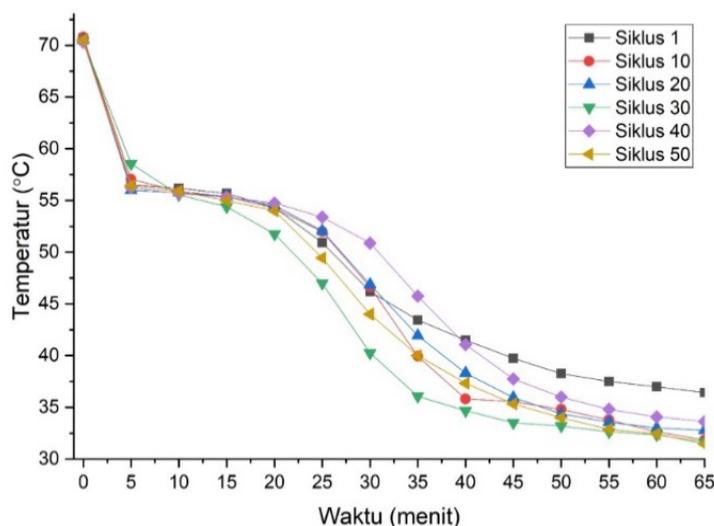
Gambar 4 menunjukkan bahwa temperatur nasi tanpa PCM turun lebih cepat dibandingkan dengan nasi yang ditambahkan PCM SA. Energi panas dari PCM SA berfungsi untuk memperlambat penurunan temperatur di dalam sistem penghangat nasi. Berdasarkan Gambar 4 semakin bertambah massa PCM SA maka semakin lama temperatur nasi setimbang menuju temperatur ruang. Hal ini sesuai dengan

penelitian yang dilakukan (Prianto et al., 2021) dimana semakin banyak jumlah PCM maka akan meningkatkan efisiensi pada sistem *solar water heater*. PCM bersifat menyerap dan melepaskan panas, maka jumlah panas yang dilepaskan berbanding lurus dengan jumlah PCM.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa PCM SA 100 g dan 150 g sudah cukup mampu dalam memperlambat proses pendinginan nasi dibandingkan termos nasi yang tidak diberikan PCM. PCM SA 200 g dan 300 g direkomendasikan sebagai sistem penghangat nasi karena PCM SA mampu memperlambat proses pendinginan nasi pada rentang temperatur 83-30 °C selama 19 jam, lebih lama 3 jam dibandingkan nasi yang disimpan tanpa PCM. PCM SA masih belum optimal dalam menjada nasi tetap hangat pada suhu sekitar 70 °C, hal ini disebabkan karena nilai T_l yang cukup rendah dibanding literatur.

Hasil Pengujian Siklus Termal PCM SA

Jika panas yang disimpan dalam PCM digunakan secara terus menerus (lebur dan beku), nilai panas laten akan berkurang dalam waktu tertentu. Pengujian siklus termal diperlukan untuk mengetahui stabilitas PCM agar dapat digunakan dalam jangka panjang (Putra et al., 2017). Pengujian siklus termal dilakukan dengan cara meleburkan PCM SA pada temperatur di atas T_l hingga berubah fase dari padat ke fase cair. Selanjutnya PCM SA dibiarkan berubah kembali menjadi fase padatan secara alami dengan menempatkannya pada ruang terbuka. Siklus dianggap selesai ketika PCM SA tidak lagi dapat berubah menjadi fase padat pada temperatur ruang atau secara alami setelah dileburkan. Selama proses perubahan fase berlangsung baik dari padat ke cair atau sebaliknya, perubahan temperatur terhadap waktu diukur menggunakan sensor temperatur. Pada penelitian ini pengujian siklus termal PCM SA dilakukan sebanyak 50 siklus dengan massa sampel 10 g. Hasil pengukuran perubahan temperatur setiap waktu pada 50 siklus termal PCM SA dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Grafik pengukuran perubahan temperatur setiap waktu PCM SA 10 g

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa setelah 50 siklus termal, PCM SA masih mempertahankan kestabilan termal dengan baik yaitu pada temperatur pembekuan pada rentang 57-54 °C. Berdasarkan hasil yang diperoleh ini dapat disimpulkan bahwa PCM SA dapat digunakan berulang kali pada sistem penghangat nasi tanpa menurunkan kinerja termal dari PCM itu sendiri.

D. Simpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan rancang bangun perangkat serangga yang menggunakan *solar cell* dapat meningkatkan literasi sains siswa dalam materi listrik dinamis. Hal ini terlihat dari peningkatan nilai siswa terhadap pembelajaran sains. Penggunaan teknologi yang menarik dan inovatif seperti ini dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep sains yang sulit dipahami, sehingga dapat meningkatkan literasi sains siswa secara keseluruhan. Namun, diperlukan studi lebih lanjut untuk menguji keefektifan penggunaan desain perangkat serangga dengan sel surya pada materi ilmu pengetahuan lainnya.

Ucapan Terimakasih

Tingkat kemurnian dari PCM SA yang digunakan dapat mempengaruhi nilai temperatur lebur (T_l). Pada penelitian ini nilai T_l PCM SA yaitu 52-57 °C. Penggunaan 100 g dan 150 g PCM SA sudah mampu dalam memperlambat temperatur nasi turun dibandingkan tanpa PCM SA, sedangkan 200 g dan 300 g PCM SA mampu memperlambat proses pendinginan nasi dari rentang temperatur 83 °C hingga 30 °C selama 19 jam. Semakin banyak jumlah PCM SA maka semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam proses pendinginan nasi. Setelah pengujian 50 siklus, PCM SA masih dapat mempertahankan kestabilan termal dengan baik sehingga penggunaan PCM SA sebagai sistem penghangat nasi dapat digunakan berulang kali.

Daftar Pustaka

- Hidayati, N., Aisuwarya, R., & Putri, R. E. (2017). Sistem Kontrol Kestabilan Suhu Penghangat Nasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Prosiding Semnastek, November*, 1-2. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/2017/1659>
- Jafaripour, M., Sadrameli, S. M., Pahlavanzadeh, H., & Mousavi, S. A. H. S. (2021). Fabrication and optimization of kaolin/stearic acid composite as a form-stable phase change material for application in the thermal energy storage systems. *Journal of Energy Storage*, 33(October 2020), 102155. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.102155>
- Nadjib, M. (2016). Penggunaan Paraffin Wax Sebagai Penyimpan Kalor Pada Pemanas Air Tenaga Matahari Thermosyphon. *Rotasi*, 18(3), 76. <https://doi.org/10.14710/rotasi.18.3.76-85>
- Prianto, G. O., Amaliyah, A., & ... (2021). Analisis Pemanfaatan Parafin Di Thermal Energy Storage Pada Solar Water Heater. *EProceedings ...*, 8(5), 5605-5612.

<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/15989%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/15989/15701>

- Putra, N., Amin, M., Achmad Luanto, R., Kosasih, E. A., & Abdullah, N. A. (2017). New method of thermal cycling stability test of phase change material. *MATEC Web of Conferences*, 101. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710101007>
- Sari, A., & Kaygusuz, K. (2001). Thermal energy storage system using stearic acid as a phase change material. *Solar Energy*, 71(6), 365–376. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(01\)00075-5](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(01)00075-5)
- Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R., & Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 318–345. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.10.005>
- Terapan, F. I., & Telkom, U. (2019). IMPLEMENTASI METODE ZERO CROSSING UNTUK MENGHEMAT Implementation of Zero Crossing Methods to Save Power on Rice Cooker by Setting PID Based. 5(2), 1528–1537. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/9526/9396>
- Wang, W., Yang, X., Fang, Y., & Ding, J. (2009). Preparation and performance of form-stable polyethylene glycol/silicon dioxide composites as solid-liquid phase change materials. *Applied Energy*, 86(2), 170–174. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2007.12.003>
- Wen, R., Liu, Y., Yang, C., Zhu, X., Huang, Z., Zhang, X., & Gao, W. (2021). Enhanced thermal properties of stearic acid/carbonized maize straw composite phase change material for thermal energy storage in buildings. *Journal of Energy Storage*, 36(December 2020), 102420. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102420>
- Wen, R., Zhang, W., Lv, Z., Huang, Z., & Gao, W. (2018). A novel composite Phase change material of Stearic Acid/Carbonized sunflower straw for thermal energy storage. *Materials Letters*, 215, 42–45. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.12.008>