homepage: www.teknik.unsam.ac.id

Jurnal Ilmiah jurutera

ISSN 2356-5438

Kaji Eksperimental Kolektor Surya Dilengkapi Material Penyimpan Energi Panas

Muhammad Amin[1], T.M.I Riayatsyah[2]

[1] *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Samudra, Meurandeh Langsa*

[2] *Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Jl. Tgk. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, INDONESIA*

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:
Dikirim 10 Mei 2014
Direvisi dari 20 Mei 2014
Diterima 30 Mei 2014

Kata Kunci:
Phase Change Material (PCM),
Pemanas air surya,
Material penyimpan energi panas,
Perpindahan panas.

A B S T R A K

Pemanfaatan energi surya sebagian besar untuk pemanas air. Sistem pemanas air surya sudah umum digunakan namun masih memiliki beberapa hambatan sehingga selalu diperlukan penelitian untuk meningkatkan kinerja sistem pemanas air surya. Pada penelitian ini telah dirancang pemanas air surya yang dapat diandalkan untuk menyediakan air panas pada saat tidak tersedianya energi matahari atau sinar surya dalam jangka pendek. Pemanas air surya yang dirancang dan dibuat berukuran panjang 465 mm x 365 mm x 15 mm. Untuk meningkatkan kinerja sistem digunakan material penyimpan energi panas (PCM) diletakkan didalam kolektor surya yang berbentuk bola-bola. Material yang digunakan untuk penyimpan energi panas yaitu lilin lebah (*beeswax*). Pengujian sistem pemanas air surya dilakukan dilingkungan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala dengan kondisi cuaca Kota Banda Aceh. Dari hasil pengujian ditunjukkan sistem pemanas air surya mampu mencapai 58^0C, penggunaan material penyimpan energi panas mampu menaikkan temperatur air yang telah diganti pada temperatur 40^0C hingga 45^0C selama 2-3 jam sedangkan radiasi surya dan temperatur ruang kaca mulai menurun. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa menggunakan material berubah fasa (PCM) sebagai material penyimpan energi panas akan mampu meningkatkan dan mempertahankan kinerja sistem pemanas air surya.

© 2014 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang drastis dan revolusi industri menjadi penyebab utama peningkatan kesenjangan antara permintaan dan pasokan energi dunia saat ini. Dari waktu ke waktu energi terbarukan seperti energi surya merupakan salah satu solusi untuk masalah tersebut, namun masih memiliki hambatan dalam penyebar luasannya. Salah satu solusi dari hambatan tersebut yaitu penggunaan sistem penyimpanan energi panas yang menyimpan energi panas pada siang hari dan melepaskan energi pada malam hari.

Salah satu teknik menyimpan energi panas adalah aplikasi material berubah fasa (PCM), sebelum aplikasi teknologi praktis ini digunakan dalam skala besar, perlu untuk diselesaikan berbagai masalah pada tahap penelitian dan pengembangannya [1,2]. Karena alasan ini, penelitian ini berusaha untuk menyelidiki potensi dari peningkatan kinerja energi panas melalui material berubah fasa yang dipilih untuk penyimpanan panas pada sistem pemanas air surya. Pada penelitian ini dipilih lilin lebah sebagai material penyimpan energi panas. Penelitian ini ditujukan untuk kaji kemampuan PCM dalam menyimpan panas dan unjuk kerja sistem pemanas air surya jika digunakan PCM.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan material berubah fasa (PCM) yang mempunyai kemampuan yang paling baik dalam menyimpan energi panas dan mengetahui karakteristik material berubah fasa yang telah dipilih.

Alamat e-mail: ir.amin97@gmail.com
© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

2. Material Penyimpan Panas

Energi dalam bentuk panas dapat disimpan dalam keadaan panas sensibel atau panas laten atau dengan kombinasi dari keduanya. Temperatur penyimpanan tersebut tergantung pada penggunaannya. Temperatur penyimpanan dapat diklasifikasi sebagai rendah (kurang dari 100^{o}C), menengah (100 sampai 450^{o}C). Lama penyimpanan dapat diklasifikasikan sebagai durasi singkat (beberapa jam sampai beberapa hari) dan durasi lama (beberapa bulan sampai beberapa musim). Sistem penyimpanan energi termal secara umum dapat dirincikan dengan para meter sebagai berikut :

1. Jumlah energi yang masuk dan keluar
2. Kualitas dari energi yang masuk dan keluar
3. Penyimpanan energi yang memiliki durasi yang berulang (*cycle duration*)
4. Daya Input dan output
5. Densitas energi per satuan volume
6. Biaya investasi per satuan energi yang dihasilkan
7. Biaya operasional dan perawatan.

Panas sensibel adalah panas yang tersimpan pada suatu material karena adanya perubahan temperatur. Pada saat temperatur naik dan mempengaruhi temperatur suatu material tetapi tidak terjadi perubahan fasa dari material tersebut maka akan diklasifikasikan sebagai jenis panas sensibel. Jumlah panas yang tersimpan tergantung pada panas spesifik dari media penyimpan panas, perubahan temperatur dan jumlah bahan penyimpan panas. Jumlah panas yang disimpan dapat dihitung dengan persamaan berikut [1]:

$$Q_s = \int_{T_1}^{T_2} m_1 . Cp_1 . dT = m_1 . Cp_1 . (T_2 - T_1) \qquad (2.1)$$

Dimana:

Q_s = panas sensibel yang tersimpan (kJ)
T_1 = temperatur awal (^{0}C)
T_2 = temperatur akhir (^{0}C)
m_1 = massa (kg)
Cp_1 = panas spesifik (kJ/kg. ^{0}C)
Cp_2 = panas spesifik rata-rata antara temperatur awal dan temperatur akhir (KJ/Kg.^{0}C).

Perbedaan antara panas sensibel dan panas laten adalah ketika panas dinaikkan, jika temperatur tetap konstan terhadap pemanasan dan hanya mengalami perubahan fasa dapat diklasifikasikan sebagai penyimpan panas laten. Pada penyimpanan panas laten dapat menyimpan panas lebih banyak karena kepadatan penyimpanan energi panas yang besar. Material penyimpan panas disebut *phase change material* (PCM). Jumlah energi yang tersimpan tergantung pada jumlah PCM dan panas laten (*latent heat*) dari PCM, karena besarnya energi yang dapat disimpan pada temperatur hampir konstan dalam volume yang relatif kecil, metode penyimpanan panas laten dapat dipertimbangkan untuk terus dikembangkan. Jumlah energi panas laten yang tersimpan dapat dihtung dengan persamaan berikut [1] :

$$Q_1 = m_2 . \lambda \qquad (2.2)$$

Dimana:

Q_1 = panas laten yang tersimpan (kJ)
m_2 = massa dari PCM (kg)
λ = *Latent heat* dari PCM (kJ/kg)

3. Metodologi

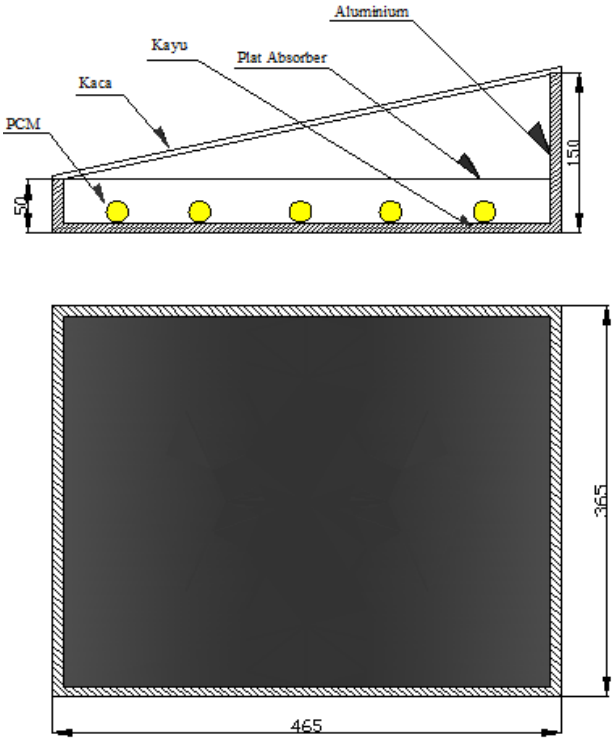
Pada penelitian ini material penyimpanan panas laten yang akan digunakan yaitu lilin lebah (*beeswax*). Sifat fisik lilin lebah (*beeswax*) terdiri dari entalpi panas laten, temperatur leleh dan panas spesifik di ukur dengan menggunakan peralatan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*).

Besarnya panas yang diserap dinamakan entalpi panas laten, besarnya ditentukan dengan integral luas kurva mulai *melting*. Densitas (ρ) lilin lebah diukur menggunakan peralatan DTA (*Differential Thermal Analyzer*). Pada penelitian ini DSC dan DTA yang digunakan adalah DSC dan DTA yang terdapat di laboratorium Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Unsyiah. Sedangkan data konduktivitas termal lilin lebah (k_{pcm}) kondisi padat dan cair dirujuk dari literatur [1].

3.1. Perencanaan Alat Pemanas Air Surya

Pada penelitian ini alat sistem pemanas air surya dirancang seperti pada gambar dibawah ini:

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

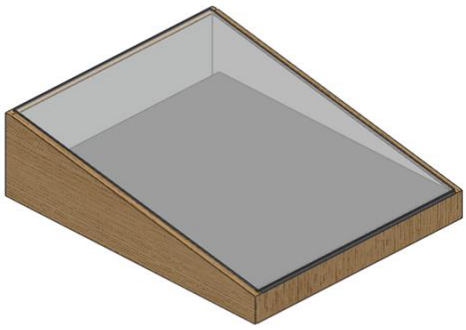


Gambar 1. Ukuran kolektor pemanas air surya

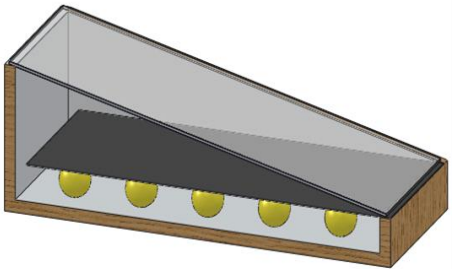
Spesifikasi dari masing-masing komponen yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Kotak kolektor : terbuat dari alumunium dengan ketebalan 1 mm dan dan dindingnya diperkuat dengan menggunakan kayu yang mempunyai ketebalan 10 mm.
2. Penutup kaca : kaca bening dengan ukuran 465 mm x 365 mm x 3 mm.
3. PCM : bola-bola dengan diameter 40 mm yang telah diisi material penyimpan panas.
4. Material penyimpan panas yang digunakan adalah lilin lebah.
5. Plat absorber : aluminium dengan ketebalan 1 mm

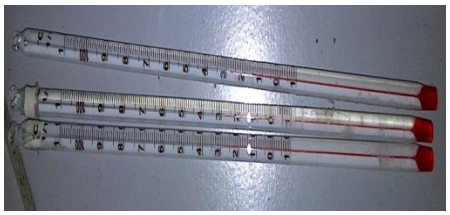
3.2. Peralatan Penelitian



Gambar 2. Gambar rancangan pemanas air surya dilengkapi material penyimpan panas



Gambar 3. Gambar potongan hasil rancangan pemanas air surya dilengkapi material penyimpan panas



Gambar 4. Termometer gelas

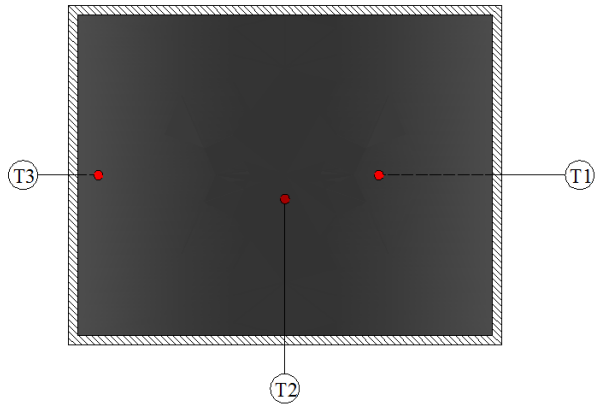
3.3. Teknik Pengumpulan Data

Lokasi pengujian dilaksanakan pada lahan terbuka di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Pengambilan data dilakukan pada mulai pukul 08.00 WIB sampai pukul 18.00 WIB. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat termometer gelas, kolektor yang telah dilengkapi dengan PCMnya diletakkan dibawah sinar matahari kemudian data yang diambil yaitu setiap rentang waktu 15 menit.

Kolektor diletakkan dibawah sinar matahari hingga dibiarkan hingga temperatur air mencapai titik maksimum, kemudian air didalam kolektor yang sudah panas diganti dengan air dengan temperatur kamar untuk melihat kinerja PCM didalam kolektor. Pada penelitian ini peneliti ingin

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

mengetahui tingkat kinerja PCM dalam mempertahankan temperatur air sehingga bila tidak tersedianya sinar matahari air didalam kolektor akan tetap hangat dengan adanya PCM. Adapun skema penempatan alat ukur pada pengujian kolektor surya sebagai berikut:



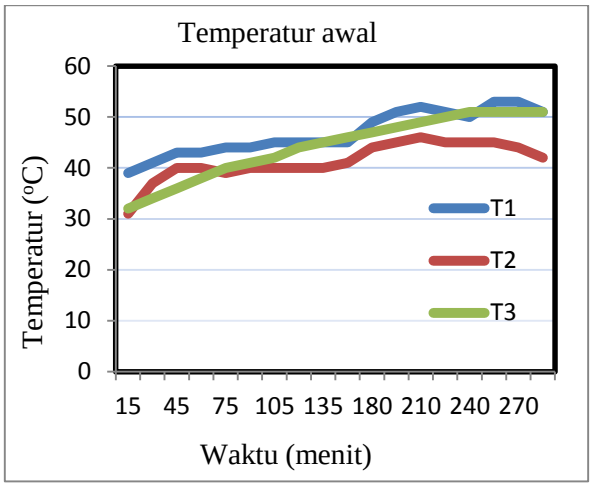
Gambar 5. Posisi penempatan alat ukur

Keterangan:
T1 = temperatur ruang pada sisi antara plat absorber dan kaca
T2 = temperatur kaca
T3 = temperatur air didalam kolektor

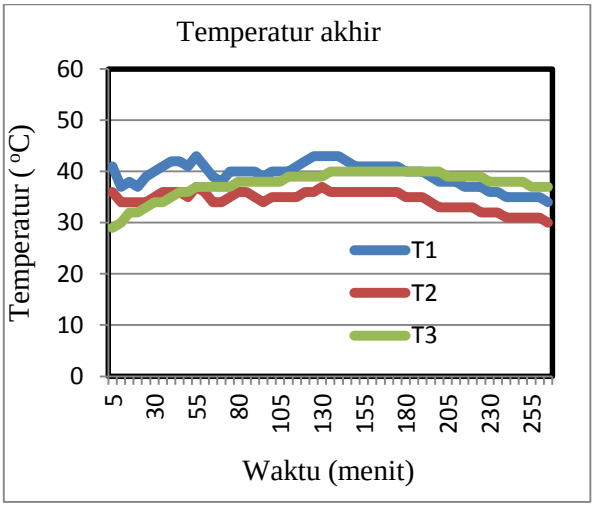
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran

Data hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 10, 11, dan 17 Oktober 2013 diperlihatkan dalam gambar-gambar grafik dibawah ini, dari grafik-grafik dibawah ini terlihat bahwa temperatur air pada saat air diganti mencapai 45^0C sedangkan temperatur ruang dalam kaca telah turun dibawah 45^0C. Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses penyimpanan dan pelepasan panas pada PCM. Dari hasil pengujian pada tanggal 10 Oktober 2013 pada gambar 4.1. dari gambar terlihat bahwa temperatur air pada sistem pemanas air surya mencapai titik maksimumnya pada temperatur 51^0C.



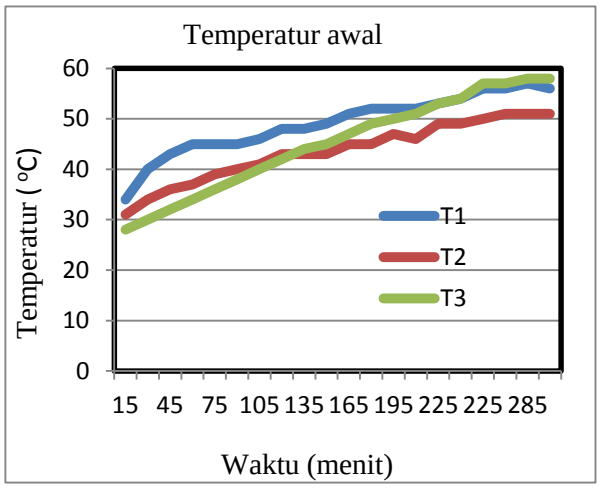
Gambar 4.1. Data hasil pengujian tanggal 10 Oktober 2013.



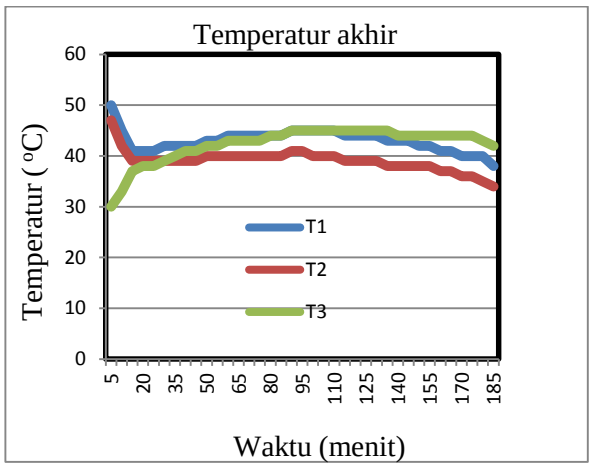
Gambar 4.2 Data hasil pengujian setelah air diganti tanggal 10 Oktober 2013

Selanjutnya air diganti dengan air biasa untuk menguji kinerja PCM didalam kolektor dari data hasil pengujian pada gambar 4.2. terlihat bahwa temperatur air pada sistem pemanas air surya masih berada pada 40^0C, sedangkan temperatur ruang kaca telah turun dibawah 45^0C. Hal ini menunjukkan adanya proses penyimpanan energi panas pada PCM.

Pengujian selanjutnya pada tanggal 11 Oktober 2013 pada gambar 4.3. terlihat bahwa temperatur air mencapai 58^0C pada sistem pemanas air surya setelah 300 menit.

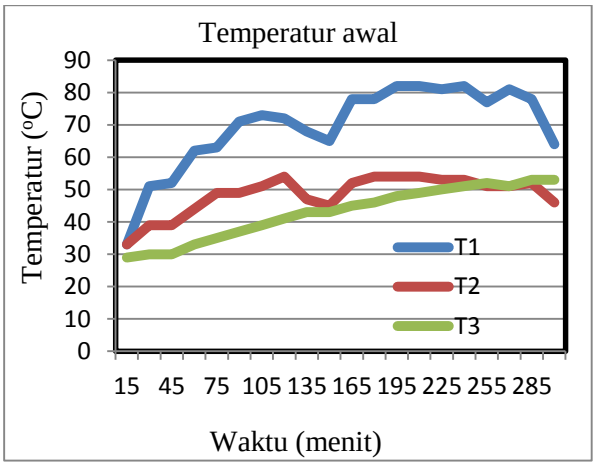


Gambar 4.3 Data hasil pengujian tanggal 11 Oktober 2013

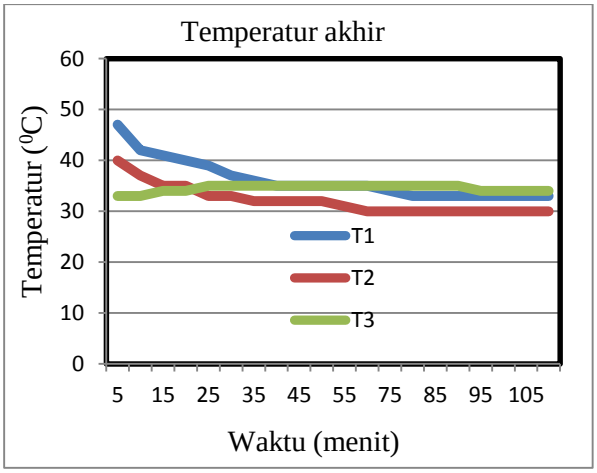


Gambar 4.4 Data hasil pengujian setelah air diganti tanggal 11 Oktober 2013

Selanjutnya air yang mencapai temperatur 58^{0}C dikeluarkan dan diganti dengan air biasa yang bertemperatur 28^{0}C untuk menguji kinerja PCM didalam kolektor. Dari data hasil pengujian pada gambar 4.4. terlihat bahwa temperatur air pada sistem pemanas air surya mampu mencapai temperatur 45^{0}C, sedangkan temperatur ruang kaca telah turun dibawah 45^{0}C.



Gambar 4.5 Data hasil pengujian tanggal 17 Oktober 2013



Gambar 4.6 Data hasil pengujian setelah air diganti tanggal 17 Oktober 2013

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah meningkatkan kinerja dari sistem pemanas air surya dalam mempertahankan temperatur air akibat adanya penambahan material penyimpan panas. Dari data hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan material penyimpan panas didalam kolektor mampu memberikan kontribusi terhadap kinerja kolektor. Hal ini terlihat bahwa setelah pergantian air, temperatur air dapat dipertahankan pada temperatur 40-45^{0}C sedangkan radiasi surya dan temperatur ruang kaca telah mulai menurun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari data-data hasil pengukuran, analisa data dan grafik, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

6. Kolektor pemanas air surya yang dilengkapi material penyimpan panas mampu menaikkan temperatur air yang telah diganti dengan air biasa yang bertemperatur 28^0C dapat mencapai temperatur 45^0C.
7. Kinerja material penyimpan panas mampu mempertahankan temperatur air berkisar 40-45^0C hingga 3 jam sedangkan temperatur kaca dan ruang kaca telah turun dibawah 45^0C.
8. Temperatur air didalam kolektor pemanas air surya bergantung pada intensitas matahari dan tingkat kecerahan langit pada saat pengujian.
9. Kinerja material penyimpan panas dalam menaikkan temperatur air yang diganti sangat bergantung pada tingginya temperatur saat pemanasan awal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Atul Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhi, 2009, "*Review on Thermal Energy Storage With Phase Change Materials and Application*", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, hlm 318-345.

[2] Cabeza, L.F., Ibanez, M., Sole, C., Roca, J., Nogues, M., 2006. *Experimentation whit a water tank including a PCM module*. Solar Energy Materials & Solar Cells 90, 1273-1282.

[3] Canbazoglu, S., Sahinaslan, A., Ekmekyapar, A., Aksoy, Y.G., Akarsu, F., 2005. *Enhancement of solar thermal energy storage performance using sodium thiosulfate pentahydrate of a conventional solar waterhetaing system*. Energy Building 37, 235-242.

[4] Celine Garnier., 2009, *Performance Measurement And Mathematical Modelling Of Integrated Solar Water Heaters*, Thesis, Edinburgh Napier University for the award of Doctor of Philosophy, 2009

[5] Cruz, J. M. S., Hammond, G. P. & Reis, A. J. P. S. (2002) *Thermal performance of a trapezoidal-shaped solar collector/ energy store*. Applied Energy, 73, 195-212.

□TAR