homepage: www.teknik.unsam.ac.id

Jurnal Ilmiah jurutera

ISSN 2356-5438

Kaji Eksperimental Kolektor Surya Dengan Parafin Sebagai Penyimpan Energi Panas

Zaini[1], Dailami[2] dan Ahmad Syuhada[3]

1,2 Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh- Medan, Km.280,3. Buket Rata, Lhokseumawe,24301
3 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech Abdul Rauf No.7 Darussalam Banda Aceh 23111

INFORMASI ARTIKEL

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

Kata Kunci:
Pemanas air surya,
Kolektor plat datar,
Material penyimpan panas,
Perpindahan panas

A B S T R A K

Sebagian besar aplikasi pemanfaatan energi surya untuk pemanas air. Meskipun, pemanas air surya sudah umum digunakan, penelitian untuk meningkatkan kinerja sistem selalu diperlukan. Pada penelitian ini telah dirancang satu pemanas air surya yang dapat diandalkan untuk menyediakan panas pada cuaca berawan atau saat ketersediaan sinar surya dalam jangka pendek.Pemanas air surya yang dirancang dan dibuat adalah pemanas air surya tipe thermoshipon dengan kolektor plat datar berkuran 160 cm x 100 cm x 10 cm. Untuk peningkatan kinerja sistem digunakan material penyimpan panas yang diletakkan menyatu dalam kolektor. Sebagai material penyimpan panas digunakan lilin parafin. Pengujian sistem pemanas air yang dilengkapi dengan material penyimpan panas dilakukan pada kondisi cuaca Kota Banda Aceh. Dari hasil pengujian menunjukkan sistem pemans air mampu menaikkan temperatur air sampai 60 oC pada kondisi hari cerah. Pengguanan material penyimpan panas mampu mempertahankan temperatur air pada 40-45 oC sampai jam 20:00 malam, dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penempatan lilin parafin sebagai material penyimpan panas menyatu dalam kolektor akan mampu meningkatkan efisiensi sistem pemanas air surya.

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

1. Latar Belakang

Energi surya dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit energi listrik dan energi panas. Untuk pembangkit energi listrik dilakukan melalui konversi energi photovoltaik (PV) dan pembangkit listrik tenaga surya termal. Menurut *World Energy Council* (2007), pada akhir tahun 2007, kapasitas terpasang energi listrik dari konversi energi photovoltaik (PV) telah mencapai 10,5 Giga Watt (GW) atau 0,03% dari total penggunaan energi global. Sedangkan pembangkit listrik tenaga surya termal diperkirakan mencapai 0.4 GW atau sekitar 0,002% dari penggunaan energi global. Namun, *World Energy Council* (2007) memperkirakan pada tahun 2040 pemakaian teknologi listrik tenaga surya termal dapat mencapai 630 GW. Akan tetapi, teknologi ini hanya dapat bekerja optimal pada pada lokasi tidak berawan karena sangat tergantung pada radiasi surya langsung.

Pemanfaatan energi surya yang banyak digunakan adalah sebagai penyedia energi panas, seperti untuk memasak, distilasi air laut, pemanas air, dan pengering produk makanan. Pemanfaatan energi surya untuk pemanasan air dilakukan dengan cara mengumpulkan energi surya kemudian digunakan untuk memanaskan air. Menurut *World Energy Council* (2007), penggunaan sistem pemanas air surya (*solar water heater, SWH*) sampai akhir tahun 2006 mencapai 105 Giga Watt Thermal (GWTh) atau 1,3% dari penggunaan energi global dengan total luas area kolektor terpasang di seluruh dunia mencapai 183 juta m^2.

Menurut *Energy Saving Trust* (2005), penggunaan pemanas air surya selain mampu mengurangi biaya energi listrik juga memiliki manfaat mengurangi dampak terhadap lingkungan dengan mengurangi emisi karbon dioksida sebesar 0,4-0,75 ton per tahun.

Alamat e-mail: zaini_ak@ymail.com
© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

Pemanfaatan energi surya untuk pemanas air dilakukan dengan cara mengumpulkan energi surya menggunakan panel kolektor berpenutup kaca yang didalamnya dilengkapi dengan plat absor dan pipa air. Radiasi surya yang jatuh pada permukaan kaca akan diteruskan dan kemudian diserap oleh absorber. Panas dari absorber dimanfaatkan untuk memanaskan air yang mengalir dalam pipa. Air dengan temperatur tinggi kemudian ditampung dalam tangki penyimpan untuk kemudian dimanfaatkan. Untuk menjaga temperatur air tetap konstan pada malam hari atau saat cuaca mendung, tangki penyimpan air dilengkapi dengan *heater* listrik. Penggunaan *heater* listrik akan menyebabkan penambahan biaya operasional pemanas air surya.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk memperbaiki desain dan kinerja sistem pemanas air surya, dari hasil disimpulkan bahwa peningkatan kinerja sistem dapat dilakukan dengan memaksimalkan pengumpulan energi radiasi matahari dan meminimalkan kerugian panas pada tanki penyimpan air panas (Tripanagnostopoulos et al, 2004; Schmidt dan Goetzberger, 1990).

Penelitian yang telah dilakukan untuk memaksimalkan penyimpan panas pada tanki penyimpan air panas adalah dengan memanfaatkan material berubah fasa (*phase change material*, PCM) sebagai material penyimpan panas. PCM dibuat dalam bentuk modul-modul kecil kemudian diletakkan dalam tangki penyimpan air panas. Pada siang hari panas yang diterima air dari radiasi surya diserap oleh PCM yang mengakibatkan PCM berubah fasa dari padat menjadi cair. Pada saat radiasi surya menurun yang mengakibatkan temperatur air menurun, PCM akan melepaskan kembali panas ke air yang mengakibatkan temperatur air dapat dijaga konstan.

Talmatsky (2008), melakukan analisis numerik pemanfaatan PCM dalam tangki penyimpan air sistem pemans air surya. Analisis dilakukan untuk kondisi cuaca kota Tel Aviv. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa bahwa penggunaan PCM dalam tangki penyimpan air panas pada sistem pemanas air surya tidak memperlihatkan dampak yang menguntungkan untuk aplikasi pada sistem komersial, karena energi panas yang mampu disimpan oleh PCM jauh lebih kecil dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan mempertahankan temperatur air pada malam hari.

Kousksou (2010) melakukan analisis numerik untuk membuktikan pernyataan Talmatsky (2008), dengan tujuan menjawab pertanyaan apakah penelitian pemanfaatan PCM pada sistem pemanas air surya masih memberi peluang untuk dilanjutkan atau tidak. Analisis dilakukan dengan kondisi yang sama dengan kondisi yang digunakan oleh Talmasky. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa analsis pemanfaatan PCM pada sistem pemanas air surya tidak hanya didasarkan pada temperatur leleh PCM, tapi masih memberi pulang besar yang dilakukan analisis dengan mempertimbangkan tata letak material penyimpan panas.

Berdasarkan pada uraian diatas, terlihat masih adanya peluang melakukan penelitian pemanfaatan material penyimpan panas pada sistem pemanas air surya. Pada penelitian ini akan dirancang dan dibuat satu unit sistem pemans air surya tipe thermosifon dengan panel kolektor surya jenis plat datar yang dilengkapi dengan material penyimpan panas.

1.1. 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 diklasifikasikan sebagai rendah (kurang dari 100°C), menengah (100 sampai 450°C) dan tinggi (lebih tinggi dari 450°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 dicirikan dengan parameter 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

Penyimpanan panas sensibel dilakukan dengan cara menambahkan energi ke material untuk meningkatkan temperatur tanpa mengubah fase. Material yang digunakan bisa berupa benda cair atau padat. Cairan yang paling sering digunakan adalah air dan minyak termal. Material padat yang sering digunakan seperti batu, bata, beton, besi, tanah kering dan basah, dan banyak lainnya.

Material penyimpan panas sensibel harus memiliki sifat termal yang tinggi yaitu panas spesifik C_p, densitas ρ,

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

difusivitas termal α. Material penyimpan harus dapat berulang (*reversible*) secara banyak siklus pada saat pengisian panas (*charging*) dan pelepasan/pemakaian (*discharging*).

Jumlah energi panas yang dapat disimpan pada keadaan panas sensibel dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} m * C_p * dT = m * C_p * (T_2 - T_1) \quad (2.1)$$

Dimana "Q" adalah jumlah energi panas yang dapat disimpan pada keadaan panas sensibel (kJ), "T_1" adalah temperatur awal (°C), "T_2" adalah temperatur akhir (°C), "m" adalah massa dari material yang digunakan sebagai media penyimpan panas (kg), dan "C_P" adalah panas spesifik dari material yang digunakan sebagai media penyimpan panas (kJ/kg.°C).

Berdasarkan persamaan 2.1 telah jelas bahwa jumlah energi panas yang dapat disimpan dalam keadaan panas sensibel tergantung pada massa, nilai panas spesifik material dan perubahan temperatur.

Diketahui bahwa air merupakan salah satu material terbaik yang dapat digunakan untuk menyimpan energi panas sensibel dikarenakan air tersedia dalam jumlah yang banyak, murah, memiliki panas spesifik dan densitas yang tinggi. Hingga saat ini aplikasi komersil masih menggunakan air sebagai penyimpan energi panas pada sistem berbasis cairan.

Penyimpanan panas laten memanfaatkan panas laten yang terdapat pada material untuk menyimpan energi panas. Panas laten adalah jumlah panas yang diserap selama perubahan pada material tersebut dari satu fasa ke fasa yang lainnya. Ada dua jenis panas laten yang diketahui yaitu panas laten peleburan *(latent heat of fusion)* dan panas laten penguapan *(latent heat of vaporization)*. Panas laten peleburan adalah jumlah panas yang diserap ketika material berubah dari fasa padat ke fasa cair atau sebaliknya, kemudian panas laten penguapan adalah jumlah energi panas yang diserap ketika material berubah dari fasa cair ke fasa uap atau sebaliknya. Memang panas laten penguapan tidak diperhatikan untuk aplikasi penyimpanan energi panas laten dikarenakan adanya perubahan besar pada volume disertai dengan perubahan fasa. Jumlah penyimpanan energi panas pada panas laten ditentukan oleh :

$$Q = m * LH \quad (2.2)$$

Dimana "Q" adalah jumlah energi panas yang disimpan oleh panas laten (kJ), "m" adalah massa material yang digunakan untuk menyimpan energi panas (kg), dan "LH" adalah panas laten peleburan atau penguapan (kJ/kg).

Berdasarkan persamaan 2.2 telah jelas bahwa jumlah energi panas yang dapat disimpan dalam keadaan panas laten tergantung pada massa dan nilai dari panas laten peleburan atau penguapan tersebut. Material yang digunakan sebagai alat penyimpan energi panas pada keadaan panas laten disebut dengan Phase Change Materials (PCM).

Menurut Lane (1984), penyimpanan energi panas laten memerlukan volume yang lebih kecil dibandingkan dengan penyimpanan energi panas sensibel. Disamping itu penyimpanan energi panas laten dapat menyimpan sejumlah besar energi panas dengan perubahan yang kecil pada temperatur, bagaimanapun juga penyimpanan energi panas laten masih memiliki banyak permasalahan tentang bahan yang digunakan untuk melakukan proses penyimpanan energi seperti biaya yang tinggi, konduktivitas termal yang rendah dan stabilitas pada sifat-sifat termofisik setelah mengalami proses siklus (berulang).

Seluruh material adalah Phase Change Materials (PCM). Perbedaan yang paling penting antara material ini adalah pada perubahan wujud temperatur. Masing-masing material terjadi perubahan wujud (fase) pada temperatur yang berbeda. Disamping itu masing-masing material juga memiliki nilai yang berbeda dari panas laten dan konduktivitas termal. Kekurangan utama dari sebagian besar PCM adalah konduktivitas termal rendah yang akan menurunkan laju perpindahan panas. Sifat yang paling penting dalam pemilihan PCM adalah material yang memiliki fase perubahan temperatur yang disertai dengan perubahan jarak temperatur. Memang tidak ada material khusus yang disebut sebagai material ideal untuk digunakan sebagai PCM, material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Lebih lanjut Menurut Lane (1984), berikut ini adalah sifat-sifat yang diinginkan PCM agar dapat digunakan sebagai penyimpanan energi panas laten.

1.2. Sifat-sifat termofisik

1. Temperatur berubah fasa yang dilengkapi dengan aplikasi
2. Tinggi panas laten peleburan per satuan massa
3. Tinggi konduktivitas termal di kedua fasa cair dan padat

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

4. Rendah perubahan volume selama perubahan fasa terjadi
5. Tidak ada pendinginan selama pembekuan
6. Densitas tinggi
7. Rendah variasi densitas selama perubahan fasa
8. Memiliki nilai panas spesifik yang tinggi untuk memberikan manfaat tambahan pada penyimpanan panas sensibel

1.3. Sifat Kimia

9. Stabilitas kimia setelah banyak melewati siklus operasi
10. Tidak ada pemisahan fasa atau dekomposisi kimia
11. Tidak ada penurunan setelah banyak melewati siklus operasi
12. Tidak mudah terbakar, tidak korosif dan tidak beracun

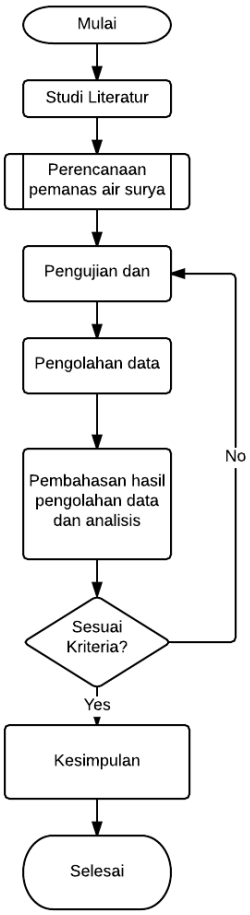
Canbazoglu et al. (2005) membuat penelitian tentang peningkatan unjuk kerja sistem panas air energi surya menggunakan *natrium tiosulfat pentahydrate* sebagai PCM yang diletakkan dalam tangki penyimpan air. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa waktu penyimpanan air panas, masa air panas yang dihasilkan dan total akumulasi panas pada sistem pemanas air surya dengan PCM lebih besar 2,59-3,45 kali dari sistem pemenas air surya tanpa PCM.

Cabeza dkk., (2006) melakukan penelitian dengan dimasukkan modul-modul PCM ke dalam tangki penyimpan air sistem pemanas air surya. Sebagai PCM digunakan campuran *sodium acetate trihydrate-grafit*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pendinginan, pemanasan ulang dan radiasi surya yang tidak merata. Kemampuan sistem penyimpan panas dievaluasi dengan membandingkan panas yang disimpan jika tangki penyimpan air tidak dilengkapi dengan PCM, dan panas yang disimpanjiak PCM dimasukkan dalam tangki. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa pengguna air panas akan memperoleh air panas dalam jangka lama jika tangki penyimpan air dilengkapi dengan PCM.

Hasil penelitian yang dilakukan Ibanez dkk. (2006), diperoleh, pengunaan PCM pada sistem pemanas air surya tipe rumah tangga di Lleida, Spanyol, mampu meningkatkan penyerapan panas hingga 8%.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam tiga tahapan utama, terdiri dari studi literatur, perancangan dan pembuatan alat uji, dan pelaksanan pengujian, jelasnya sebagaimana ditunjukkan dalam diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1: Diagram alir pelaksanaan penelitian

2.1. Perencanaan Pemanas Air Surya

Pada penelitian ini dipilih sistem pemanas air surya tipe thermosipon menggunakan kolektor jenis plat datar. Perencanaan dimulai penentuan parameter-parameter desain yang di perlukan seperti:

13. Sifat fluida cair yang digunakan.
14. Sifat bahan yang digunakan sebagai bahagian utama termosifon seperti plat penyerap, pipa , kaca penutup, isolator dan kerangka. Bahan yang dipilih adalah bahan yang mudah diperoleh dan dibentuk sesuai konfigurasi yang di inginkan.
15. Temperatur lingkungan sekitar dan kecepatan angin.

16. Radiasi matahari total.

Sejumlah asumsi digunakan dalam perencanan dan perhitungan kolektor surya plat datar untuk dijadikan sebagai dasar perhitungan tanpa mengaburkan kondisi fisik dasar, yaitu: (Duffie dan Beckman, 1997)

17. Kondisi steady state.
18. Tidak ada penyerapan pada kaca penutup.
19. Aliran panas yang melalui bidang penyerap dari kolektor adalah suatu dimensi kearah vertical.
20. Property tidak terpengaruh temperature.
21. Efek debu dan kotoran pada kolektor diabaikan.
22. Radiasi pada pelat penyerap adalah uniform.

Untuk perencanaan tangki penyimpan air, parameter yang perlu ditentukan antara lain material tangki, material insulator dan ketinggian tangki agar air mengalami sirkulasi alamiah.

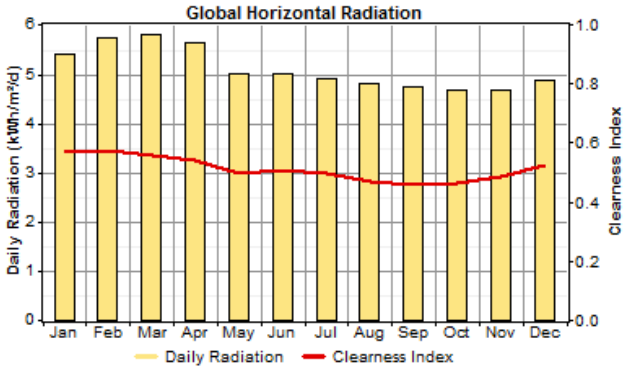
Pada tahap perencanaan ini terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi kolektor dengan menggunakan persamaan-persamaaan yang diberikan dalam Bab 2.

Data awal yang dibutuhkan untuk perencanaan pemanas air surya adalah data intensitas radiasi surya rata-rata setiap bulan selama satu tahun. Sesuai dengan lokasi pelaksanan pengujian yang dipusatkan di Lingkungan Kampus Universitas Syiah Kuala, maka data intensitas radiasi dapat digunakan data hasil pengukuran Badan Metereologi dan Geofisika Provinsi Aceh yang berpusat Bandara Udara Internasional Iskandar Muda, sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 3.1, dan Gambar 3.1.

Tabel 3.1: Data radiasi surya lokasi pengujian

Bulan	Temp. Udara (°C)	Kelembaban Relatif (%)	Radiasi Matahari Harian (W/m²)	Tekanan Atm. (kPa)	Kec. Angin (m/s)
Jan	28.2	79.7%	539	99.7	4.2
Feb	28.2	79.7%	575	99.7	3.5
Maret	28.3	81.0%	579	99.7	2.8
April	28.6	82.0%	564	99.6	2.5
Mei	29.1	77.7%	501	99.6	3.1
Juni	29.2	74.8%	499	99.6	4.0
Juli	29.0	74.0%	490	99.6	3.9
Agus.	28.8	75.7%	481	99.7	4.2
Sept.	28.4	77.7%	474	99.7	3.6
Okt.	28.1	80.1%	467	99.7	3.2
Nov.	28.9	83.5%	466	99.7	3.2
Des.	29.1	81.2%	488	99.7	4.2

Sumber : BMKG Provinsi Aceh 2011



Sumber : BMKG Provinsi Aceh 2011

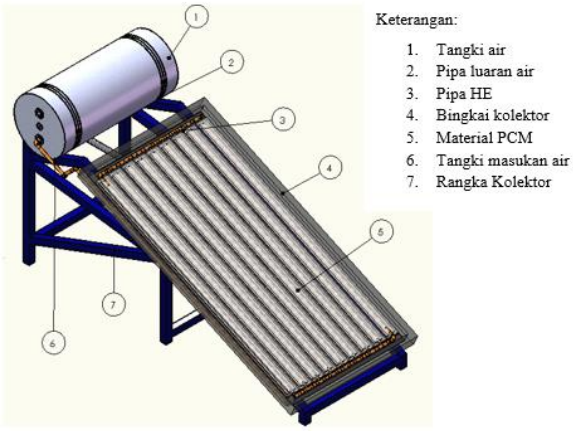
Gambar 3.2: Grafik radiasi matahari dan tingkat kecerahan

Dari Tabel 3.1 dan Gambar 3.2 terlihat bahwa intensitas radiasi matahari terkecil terjadi pada Nopember yaitu sebesar 466 W/m^2. Data ini akan digunakan sebagai data dalam perencanaan dimensi kolektor. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan agar pada saat keadaan intensitas radiasi surya berada pada saat minimum, kolektor surya masih mampu menyuplai air panas untuk mencukupi kebutuhan. Maka kondisi awal perencanaan kolektor adalah:

23. Intensitas radiasi surya adalah 466 Watt/m^2.
24. Kecepatan angin maksimum adalah 4,0 m/s^2.
25. Desain temperatur air keluaran kolektor adalah 50 ^{o}C dan temperatur masuk 28 ^{o}C.
26. Temperatur lingkungan saat pengujian model kolektor adalah 30 ^{0}C.
27. Kebutuhan air panas pada rumah tangga sebanyak 115 liter

Gambar 3.3 memperlihatkan sistem pemans air jenis termosifon hasil perancangan dengan bagian-bagian utamanya:

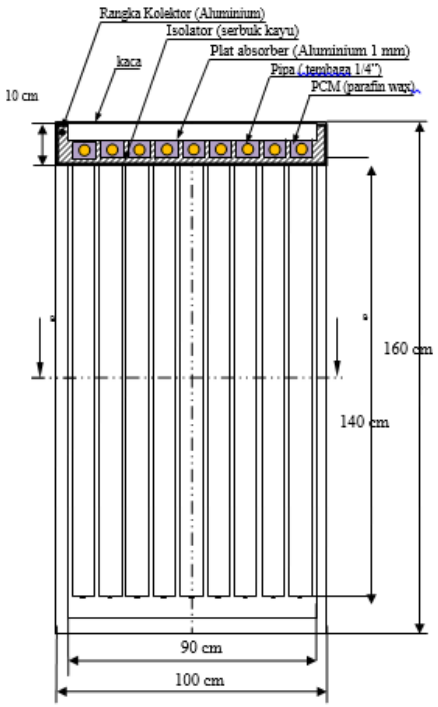
28. Kolektor surya, sebagai media penyimpan panas.
29. Tangki, sebagai media penyimpan air.
30. Dudukan, sebagai tempat dudukan kolektor surya dan tangki.



Gambar 3.3: Sistem pemanas air surya hasil perencanaan

2.2. Pembuatan Pemanas Air Surya

Ukuran dari bagian-bagian kolektor ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.4: Ukuran pemanas air surya hasil perencanaan

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

31. Kotak kolektor : terbuat dari almunium dengan ketebalan 0.9 mm dan di perkuat dengan rangka yang juga terbuat dari alumunium.
32. Isolator: glass wolls dengan ketebalan 25 mm.
33. Penutup kaca: kaca bening dengan ukuran 1600 mm x 1000 mm x 3mm.
34. Pelat absorber: plat almunium dengan pelapis cat hitam dengan ukuran 1600 mm x 1000 mm x 0.4 mm.
35. Pipa header kolektor: pipa tembaga dengan diameter 1/2 inchi x 1200mm x 2 buah.
36. Pipa absorber kolektor: pipa tembaga dengan diameter 1/4 inchi x 1600 mm x 9 buah.
37. Tangki penyimpanan : terbuat dari aluminium tebal 0,5 mm dengan ukuran 450 mm x 900 mm dilapisi isolator menggunakan glass woll dengan ketebalan 25 mm dan ditutup dengan plat aluminium dengan ketebalan 0.2 mm.
38. Pipa sirkulasi: pipa PVC.
39. Material penyimpan panas yang digunakan adalah parafin dengan sifat-sifat sebagaimana diberikan dalam Tabel 3.2

Tabel 3.2: Data sifat termofisik lilin parafin

Melting temperature	46.7 ^{0}C
Thermal conductivity (solid)	0.1383 W/m.^{0}C
Thermal conductivity (liquid)	0.1383 W/m.^{0}C
Specific heat (solid)	2890 J/kg.K
Specific heat (liquid)	2890 J/kg.K
Density (solid)	947 kg/m3
Density (liquid)	750 kg/m3
Latent heat	209 kJ/kg

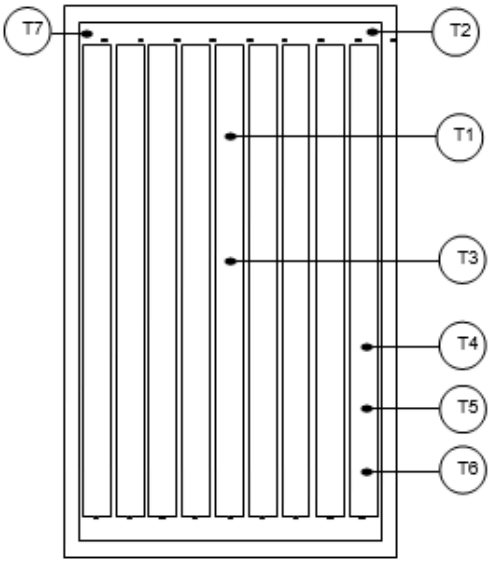
Sumber : Hasil pengukuran DSC

2.3. Pengujian dan Pengambilan Data

Lokasi pengujian dilaksanakan pada lahan terbuka di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit mulai pukul 8.00 sampai dengan pukul 23.00.

Penempatan alat ukur pada pengujian kolektor surya merupakan bagian yang harus dilakukan dalam pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk menentukan prestasi dari kolektor surya .Alat ukur ini terdiri dari rangkaian kabel-kabel yang ditempatkan pada beberapa titik tiap-tiap komponen dari kolektor surya. Adapun skema penempatan alat ukur pada pengujian kolektor surya sebagai berikut :

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra



Keterangan
T1 = temperatur parafin pada posisi atas kolektor
T2 = temperatur air masuk
T3 = temperatur parafin pada sisi tengah kolektor
T4 = temperatur ruang pada sisi antara plat absorber dan kaca
T5 = temperatur parafin pada sisi bawah kolektor
T6 = temperatur kaca
T7 = temperatur air keluar

Gambar 3.5: Posisi penempatan alat ukur

2.4. Pengolahan Data dan Analisis

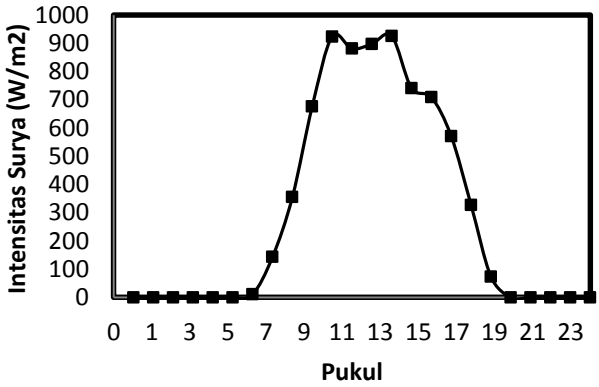
Untuk mendapatkan energi termal yang dapat dimanfaatkan dan efisiensi kolektor surya termosifon dengan menggunakan kaca dan plat absorber tidak dilapisi cat pelapis maka dilakukan analisa data. Hasil analisa data tersebut akan dijelaskan dalam bentuk grafik dengan format sebagai berikut:

40. Perbandingan Intensitas Matahari Harian (It) dan Energi Panas yang Dapat Digunakan (Qu) Terhadap Pengaruh tanpa Penggunaan cat pelapis pada plat absorber.
41. Hubungan Antara Intensitas matahari (It), temperatur plat absorber (Tp), temperatur fluida masuk (T_{fin}), temperatur fluida keluar (T_{fo}) terhadap waktu pengamatan (jam).
42. Hubungan Antara Intensitas Matahari (It) Dan Kerugian Panas (U_L) Terhadap Waktu pengamatan (Jam)
43. Hubungan efisiensi (ŋ) terhadap waktu pengamatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian

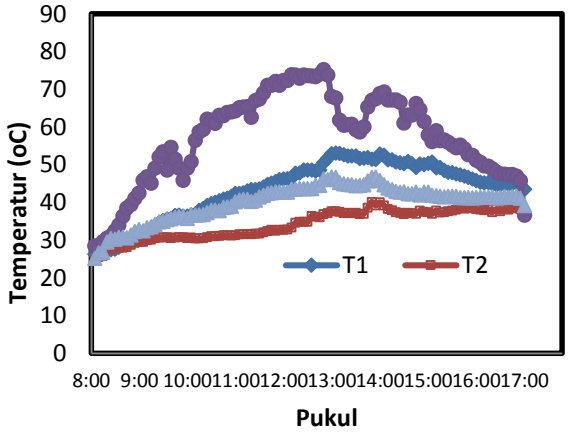
Data-data yang diperoleh dari pengujian pemanas air surya termosifon plat datar yang dilengkapi dengan material penyimpan panas seperti (temperatur air, temperatur plat penyerap dan intensitas matahari) dianalisa dengan menggunakan persamaan yang diberikan dalam bab-bab sebelumnya. Hasil pengujian dan analisa data dibahas dalam bentuk grafik. Hasil pengukuran intensitas radiasi matahari yang dilakukan pada 11 April 2012 dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.6: Grafik Intensitas matahari (It) terhadap Waktu pengamatan

Dari Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa pengambilan data intensitas matahari dilakukan dari pukul 00.00 sampai pukul 23.00. Pengambilan data pertama diambil dengan rentang 1 jam. Pada grafik diatas intensitas matahari telihat naik secara teratur pada pukul 08.00 sampai pukul 11.00 sedangkan intensitas matahari yang terlihat mulai fluktuatif pada pukul 12.00 sampai pukul 16.00. Intensitas matahari tertinggi terjadi pada pukul 14.00 yakni sebesar 924.3 W/m^2.

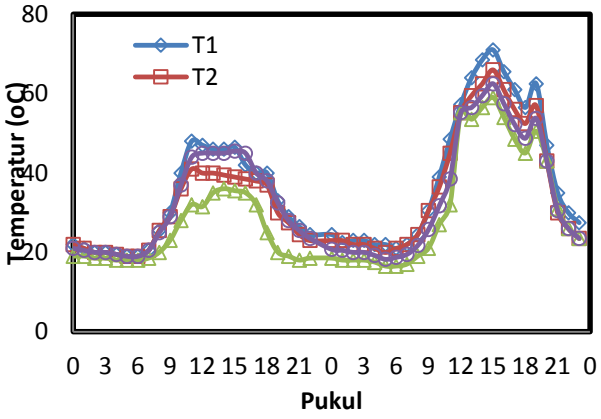
Data hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal pada tanggal 11 April 2012 diperlihatkan dalam dalam Gambar 4.2. Dari Gambar terlihat bahwa temperatur air keluar sistem pemanas air surya sampai pada pukul 17:00 masih berada pada temperatur 45^oC, sedangkan temperatur ruang dalam kaca telah turun dibawah 50 ^oC. Hal ini menunjukkan adanya proses penyimpan panas dalam lilin parafin.



Gambar 4.7: Data hasil pengujian sistem pemanas air surya

Dari hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa proses pemanasan yang diterima oleh sistem pemanas air surya sangat tergantung pada radiasi surya. Semakin tinggi radiasi surya yang diterima oleh plat penyerap, temperatur air yang dicapai akan semakin tinggi. Penurunan radiasi surya dan kehilangan panas dari kolektor ke lingkungan merupakan akan mengakibatkan temperatur air juga turun.

Pengujian selanjutnya adalah melakukan pengujian performan sistem untuk bekerja selama 24 jam. Gambar asil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.8: Data hasil pengujian selama 2 hari

Dari hasil pengujian terlihat temperatur air dalam masuk sitem hanya bertahan sampai dengan pukul 21 malam, dimana pada pukul tersebut temperatur air hanya 30 ^{0}C, kondisi ini tentu tidak dapat diperguankan untuk keperluan mandi pada malam hari. Disisi lain temperatur air yang pada malam hari mencapai 19-22^{o}C, pada siang hari mulai jam 9:00 pagi telah mencapai 31-32^{o}C. Hal ini juga menujukan sistem ini mampu menaikkan temperatur secara cepat. Sistem ini secara umum telah mampu memberikan bekerja sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan untuk pemakaian secara komersial perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang isolasi tangki penyimpan air, begitu juga dengan sistem isolasi rangka kolektor.

Besarnya energi berguna yang dapat diserap oleh kolektor ditentukan berdasarkan data pengamatan per hari. Pengamatan dimulai dari pukul 09.00 dengan dari perhitungan diperoleh energi berguna sebesar 441 W. kemudian energi yang berguna naik pada pukul 10.00 yakni sebesar 572.94 W dan kemudian laju energi yang berguna bergerak stabil dengan rata – rata 563.67 W sampai pukul 13.00. Energi berguna yang tertinggi terjadi pada pukul 12.51 yakni sebesar 627,21 W dan energi berguna terendah pada pukul 15.00 yakni 150,35 W.

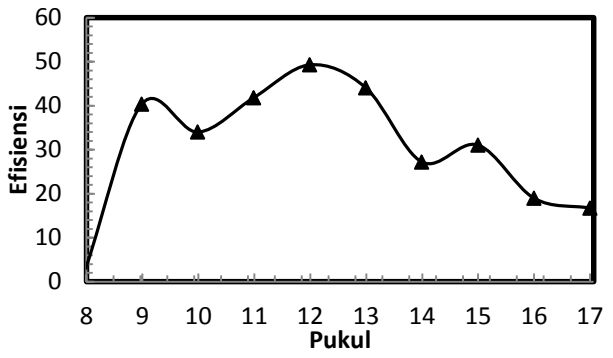
3.2. Pembahasan

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah meningkatnya kinerja sistem pemanas air surya akibat adanya penambahan material penyimpan panas. Pengukuran kinerja dapat dilakukan dengan menghitung efisiensi dari sistem. Besarnya efisiensi sistem pada kondisi operasional sering tidak mampu memberikan informasi akurat karena sifat-sifat fluida yang terus berubah dengan perubahan waktu.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien kehilangan panas menyeluruh pada kondisi tunak, maka dapat di gambarkan grafik hubungan efisiensi terhadap kondisi operasi sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 4.4. Efisiensi tertinggi terjadi pada pukul 12.00 yakni sebesar 49,00 % dan terkecil terjadi pada pukul 8:00 sebesar 3,02 % pada pukul 08.00. Efisiensi rata-rata kolektor adalah 30,64 %.

Dari hasil penelitian yang dilakukan secara menyeluruh dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi energi radiasi matahari yang diterima oleh plat penyerap, suhu air semakin tinggi dicapai. Kondisi ini juga dipengaruhi oleh masa air yang akan dipanaskan semakin besar masa air yang ada dalam sistem semakin besar energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperaturnya, sehingga akan mengakibatkan meningkatnya luas kolektor yang dibutuhkan. Hal ini juga akan meningkatkan biaya pembuatan sistem pemanas air surya.

© 2014 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra



Gambar 4.9: Efisiensi sistem pemanas air surya hasil pengujian

Dari hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penurunan energi radiasi surya yang signifikan untuk jangka waktu yang relatif lama dapat menyebabkan kerugian yang signifikan, oleh karena itu peletakan posisi dari sistem adalah faktor utama untuk memperoleh kinerja yang baik. Hal ini harus dipertimbangkan pada saat awal pemasangan sistem karena mempengaruhi temperatur pada kaca penutup yang secara langsung mempengaruhi temperatur air keluar.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan material penyimpan panas dalam kolektor mampu memberikan konstribusi nyata terhadap kinerja sistem. Hal ini terlihat pada sore hari, temperatur air keluar dapat dipertahankan pada temperatur 40-50^{o}C sedangkan radiasi surya telah mulai menurun. Besarnya energi yang dapat diserap oleh PCM sangat tergantung pada temperatur plat *absorber*.

Dari hasil penelitian pengoperasian sistem selama 48 jam, diperoleh informasi bahwa temperatur air hanya dapat dipertahankan sampai dengan jam 20:00 malam, dan ini menunjukkan bahwa sistem pemanas air surya dapat dimanfaatkan secara optimal pada jam 9:00 sampai dengan jam 20:00 malam dengan temperatur air keluar rata-rata 40-45 °C.

4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama meningkatkan kinerja sistem pemanas air surya menggunakan material penyimpan panas dalam kolektor surya plat datar. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan perancangan, pembuatan dan pengujian sistem dengan kondisi iklim kota Banda Aceh. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

44. Kolektor pemanas air surya termosifon yang dilengkapi material penyimpan panas mempunyai efisiensi maksimum 36,6 %.
45. Temperatur panas maksimum air yang dihasilkan kolektor pemanas air surya yang dilengkapi material penyimpan panas sebesar 70°C.
46. Temperatur air panas dapat dipertahankan sampai dengan jam 20:00 malam, dan ini menunjukkan bahwa sistem pemanas air surya dapat dimanfaatkan secara optimal pada jam 9:00 sampai dengan jam 20:00 malam dengan temperatur air keluar rata-rata 40-45 °C.
47. Efisiensi kolektor termal bergantung pada intensitas matahari, temperatur masukan, temperatur keluaran, laju aliran fluida.

NOMENKLATUR

Ac = Luas pelat penyerap (m2)

F = Faktor efisiensi kolektor (0,8-0,9)

h_w = kofisien perpindahan panas oleh angin (W/m2C)

I_t = Intensitas surya (W/m2)

Ak = Luas permukaan transparan kolektor (m2)

αA = Tranmision-absorbsivitas produk

Qu =Jumlah energi berguna,

U_L = Koefisien kehilangan panas total

T = temperatur absolut benda

T_a = temperatur lingkungan (K)

T_{pm} = tempertur plat rata – rata (K)

T_r = Temperatur rata-rata kolektor (oc)

α = absorpsivitas plat penyerap

β = kemiringan kolektor

e = emisivitas benda

εp = emintasi plat

σ = nilai tetapan Stefan-Boltzmann

DAFTAR PUSTAKA

Cabeza, L.F., Ibanez, M., Sole, C., Roca, J., Nogues, M., 2006. Experimentation with a water tank including a PCM module. Solar Energy Materials & Solar Cells 90, 1273–1282.

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 waterheating system. Energy Building 37, 235–242.

Duffie, J. A. & Beckman, W. A., 1997, Solar engineering of thermal processes, New York, John Wiley and Sons.

Energy Saving Trust., 2005, Renewable energy: Factsheet 3. Online: http://www.energysavingtrust.org.uk/schri/resources/factsheets.cfm [Accessed: 28/04/12]

Garg, H. P., 1975, Year round performance studies on a built-in storage type solar water heater at Jodhpur, India. Solar Energy, 17, 167-172.

Ibanez, M., Cabeza, L.F., Sole´, C., Roca, J., Nogue`s, M., 2006. Modelization of a water tank including a PCM module. Applied Thermal Engineering 26, 1328–1333.

Kousksou.T, P. Bruel, G. Cherreau, V. Leoussoff and T. El Rhafiki, 2010, PCM Storage For Solar DHW: From An Unfulfilled Promise To A Real Benefit, 9th International Conference Onphase-Change Materials And Slurries for Refrigeration And Air Conditioning 29 September -1 October 2010 Sofia, Bulgaria.

Lenel, U.R., Mudd, P.R., 1984. A review of materials for solar heating systems for domestic hot water. Solar Energy 32, 109–120.

Talmatsky, E., Kribus, A., 2008. PCM storage for solar DHW: an unfulfilled promise? Solar Energy 82, 861–869.

World Energy Council (2007) 2007 Survey Of Energy Resources, Elsevier.

Zabla, B., Martin, JM., Cabeza, LF., Mehling, H., 2003. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. Applied Thermal Engineering 23, 251–283.

□TAR