

PERANCANGAN KOLEKTOR SURYA SEBAGAI ALAT PRAKTIKUM FISIKA TENTANG KONSEP KALOR DI SMA KELAS X

Budi Arwanto¹, Raden Oktova²

¹ SMP Negeri 18 Purworejo, Kab. Purworejo Jl. Kemiri-Pituruh KM 1, Jawa Tengah

² Program Magister Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana Universitas Ahmad Dahlan Kampus II, Jl. Pramuka 42 Lt. 3, Yogyakarta 55161

E-mail: arwantobudi@yahoo.com¹, R.Oktova@uad.ac.id²

Abstrak

Telah dirancang dan diujicoba kolektor surya sebagai alat praktikum tentang konsep kalor untuk siswa SMA jurusan IPA kelas X. Kolektor surya tipe plat datar model serpentin dibuat sebanyak empat buah dengan spesifikasi yang sama, kemudian dilakukan uji fisik dan uji kelayakan penggunaan kolektor surya sebagai alat praktikum. Pengujian fisik dilakukan dengan pengamatan suhu air masukan dan suhu air keluaran selama tiga hari, dan hasilnya dirata-rata. Untuk uji kelayakan penggunaan kolektor di kelas sebagai alat praktikum, dilakukan uji coba praktikum, kemudian diberikan angket yang diisi oleh dua orang guru Fisika dan 12 siswa kelas X IPA SMA Negeri 4 Purworejo, Jawa Tengah, sehingga diperoleh nilai persentase kelayakan dalam skala 0 – 100%. Pada uji fisik diperoleh rata-rata berbobot kenaikan suhu air masukan tertinggi sebesar $14,2 \pm 0,6$ °C, dan kenaikan suhu air keluaran tertinggi sebesar $22,1 \pm 0,8$ °C. Uji kelayakan penggunaan kolektor untuk praktikum menunjukkan bahwa guru-guru Fisika memberikan persentase kelayakan sebesar $89,8 \pm 0,5\%$, dan siswa memberikan persentase kelayakan sebesar $86,8 \pm 3,6$ %. Dapat disimpulkan bahwa kolektor surya tersebut layak digunakan sebagai alat praktikum.

Kata Kunci : kolektor surya, alat praktikum, konsep kalor, SMA IPA kelas X.

I. Pendahuluan

Proses pembelajaran pada dasarnya merupakan proses komunikasi, sehingga media yang digunakan dalam pembelajaran disebut media pembelajaran (Rahadi, 2003: 9). Menurut Aqib (2010), media pembelajaran diartikan sebagai segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan, merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemauan siswa sehingga dapat mendorong proses belajar-mengajar. Bentuk-bentuk media digunakan untuk meningkatkan pengalaman belajar agar menjadi lebih kongkrit, pembelajaran dengan menggunakan media.

Di SMA-SMA di Kabupaten Purworejo umumnya telah tersedia peralatan laboratorium Fisika, namun untuk konsep kalor dan prinsip konservasi energi, jenis peralatan maupun jumlahnya kurang, khususnya di SMA Negeri 4 Purworejo. Standar kompetensinya adalah menerapkan konsep kalor dan prinsip konservasi energi yang meliputi tiga kompetensi dasar: menganalisis pengaruh kalor terhadap suatu zat, menganalisis cara perpindahan kalor, dan menerapkan asas Black dalam pemecahan masalah (BSNP, 2006: 191). Jika pembelajaran ingin lebih bermakna bagi siswa, diperlukan alat peraga eksperimen untuk konsep kalor dan prinsip konservasi energi.

Dalam pada itu siswa juga perlu diberi wawasan tentang terjadinya krisis energi global dan teknologi energi alternatif. Energi fosil, khususnya minyak bumi merupakan sumber energi utama dan terbatas jumlahnya, karena itu diperlukan pengembangan energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi nonfosil yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui; bila dikelola dengan baik sumber daya ini tidak akan habis. Di masa mendatang potensi pengembangan sumber energi terbarukan mempunyai peluang besar dan bersifat strategis mengingat sumber energi terbarukan merupakan sumber energi bersih, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (Burhanuddin, 2005: 1).

Indonesia yang terletak di jalur khatulistiwa sebenarnya memiliki suatu keuntungan cukup besar yaitu menerima radiasi surya yang berkesinambungan sepanjang tahun dengan intensitas cukup tinggi hingga sekitar $3 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ (Walker, 2013: 263), tetapi energi radiasi tersebut belum banyak dimanfaatkan, terbuang percuma untuk keperluan alamiah saja. Salah satu usaha untuk memanfaatkan energi tersebut adalah menggunakan kolektor surya (Kristanto dan Laeyadi, 2000). Pemanfaatan energi radiasi matahari dengan kolektor surya (Devins, 1982: 203, 217-218) dimulai dengan menangkap energi yang berupa gelombang elektromagnetik masuk melalui kaca penutup dan terperangkap di ruang kolektor (dikenal sebagai efek rumah kaca), dan oleh plat penyerap energi radiasi diubah menjadi energi kalor, yang diteruskan ke pipa-pipa yang berisi air. Adanya gradien suhu akan menimbulkan konveksi air dalam pipa, yang disebut efek termosifon.

Dengan demikian, kolektor surya sebagai peralatan untuk mengkonversi energi matahari merupakan topik yang layak dicoba untuk siswa SMA. Kolektor surya tipe plat datar model serpentin telah dibuat sebanyak empat buah dengan spesifikasi yang sama, kemudian dilakukan uji fisik dan uji kelayakan penggunaan kolektor surya sebagai alat praktikum.

Permasalahan pada penelitian ini adalah apakah kolektor surya yang dibuat layak digunakan dalam pembelajaran untuk konsep kalor di SMA IPA kelas X?

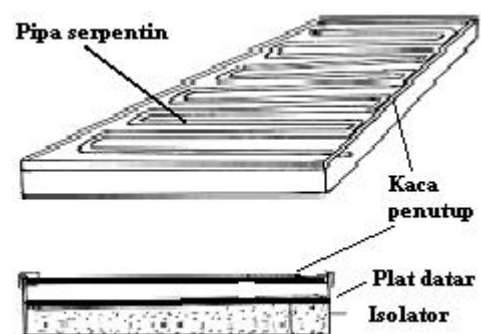
Adapun manfaat penelitian ini adalah (a) memberikan informasi kepada guru Fisika dan mahasiswa pendidikan Fisika untuk

menambah wawasan tentang kolektor surya sebagai alat peraga pembelajaran untuk konsep Kalor di SMA, (b) menjadikan kolektor surya sebagai salah satu pelengkap alat peraga pembelajaran Fisika di SMA Kelas X.

II. Kajian Pustaka

Di Indonesia telah dilakukan beberapa penelitian tentang kolektor surya, khususnya jenis plat datar dengan pipa berbentuk serpentin (bentuk ular). Penelitian yang dilakukan oleh Tirtoatmodjo dan Handoyo (1999) pada kolektor surya yang dibuat dengan menggunakan bahan tembaga untuk plat penyerap kalor dan pipa airnya mengkaji pengaruh cacah kaca penutup terhadap kinerja kolektor. Kristanto dan Laeyadi (2000) meneliti kinerja kolektor surya bentuk prisma yang memiliki kemampuan untuk menerima intensitas radiasi matahari dari berbagai posisi matahari. Penelitian oleh Oktova dan Santoso (2012) pada kolektor surya plat datar model serpentin mengkaji pengaruh cacah kaca penutup terhadap kenaikan suhu maksimum air tandon, dan hasilnya sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya (Tirtoatmodjo dan Handoyo, 1999).

Bentuk rancangan kolektor surya plat datar model serpentin tersaji dalam gambar 1 (Oktova dan Santoso, 2012).



Gambar 1. Kotak kolektor surya plat datar model serpentin dilihat dari atas miring (gambar atas) dan tampak samping (gambar bawah).

Persamaan kesetimbangan laju energi kalor pada kolektor surya dapat dinyatakan dengan persamaan

$$Q_u = Q_m - Q_h, \quad (1)$$

di mana Q_u adalah daya berguna, Q_m adalah daya yang masuk mengenai kolektor surya, Q_h adalah daya yang hilang. Intensitas radiasi matahari yang diserap plat penyerap akan ditentukan oleh faktor transmisi kaca penutup, sifat plat datar, dan intensitas radiasi,

$$S = \tau \alpha I_T, \quad (2)$$

dengan τ faktor transmisi kaca penutup, α faktor absorpsi plat, dan I_T intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan plat. Sebagian tenaga matahari yang sampai ke plat akan diserap, sisanya akan dipancarkan kembali melalui konduksi, konveksi dan radiasi ke udara sekitar.

Kalor yang hilang dari kolektor ke sekitar melalui konduksi, konveksi dan radiasi dapat disajikan sebagai hasil kali suatu koefisien transfer kalor U_L dengan $(T_f - T_a)$, yaitu selisih antara suhu rata-rata plat dan suhu lingkungan sekitar (*ambient temperature*). Dalam keadaan tunak (*steady state*), daya keluaran kolektor, P_k , adalah sama dengan daya matahari yang diserap dikurangi daya rugi-rugi,

$$P_k = A_c [S - U_L (T_f - T_a)], \quad (3)$$

dengan P_k adalah daya kalor yang diterima, A_c luas kolektor surya, U_L koefisien transfer kalor, T_f suhu plat dan T_a suhu lingkungan sekitar. Daya keluaran yang diberikan kolektor surya ke air dapat dihitung dari

$$P_k = \dot{m} c (T_k - T_m), \quad (4)$$

dengan \dot{m} massa air yang mengalir per satuan waktu, c kalor jenis air, T_k suhu air keluar dan T_m suhu air masukan. Efisiensi kolektor, η , didefinisikan perbandingan antara daya keluaran kolektor dengan daya radiasi matahari yang datang,

$$\eta = \frac{P_k}{A_c I_T}, \quad (5)$$

atau

$$\eta = \frac{\dot{m} c (T_k - T_m)}{A_c I_T}. \quad (6)$$

Untuk pembelajaran yang menggunakan kolektor surya sebagai alat peraga, perlu dijelaskan pula asas Black dan satuan kalor selain Joule, yaitu kalori (Serway dan Jewett, 2010).

III. Metode Penelitian

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan dimulai pada bulan September 2013 sampai dengan Januari 2014, di SMA Negeri 4 Purworejo, Jawa Tengah.

3.2. Alat, Bahan dan Susunan Kolektor

Kolektor surya tipe plat datar model serpentin dibuat sebanyak empat buah dengan spesifikasi yang sama.

Kolektor yang dibuat merupakan kotak dengan panjang 87 cm, lebar 67 cm, dan tinggi 12 cm. Di bagian atas kolektor terdapat kaca penutup dengan ketebalan 5 mm. Di dalam kotak kolektor terdapat plat datar galvanil dengan ketebalan 0,9 mm sebagai penyerap kalor dari radiasi matahari, dan plat tersebut diberi lapisan cat warna hitam dof. Di bawah plat ditempelkan rangkaian pipa besi berukuran ½ inchi yang berbentuk serpentin (mengular), dan kedua ujung pipa membentuk bagian pipa masukan untuk air masuk dan pipa keluaran tempat air mengalir keluar dari kolektor. Dibawah pipa serpentin terdapat isolator dari bahan *sterofoam* (gabus) untuk mencegah konduksi kalor ke lingkungan. Dinding kotak terbuat dari papan kayu Kalimantan jenis kruing dengan dimensi kotak.

Selain itu selang plastik jenis Hiprex ukuran ¾ inchi digunakan sebagai penghubung pipa masukan dengan tandon air dan pipa keluaran dengan tandon. Panjang selang untuk pipa masukan 150 cm dan ukuran panjang selang untuk pipa keluaran 100 cm. Klem digunakan untuk menguatkan sambungan antara selang dan pipa masukan atau pipa keluaran. Digunakan juga sebuah rak besi yang terdiri atas dua bagian: bagian mendatar untuk meletakkan tandon air dan bagian miring merupakan tempat meletakkan kolektor surya. Tingkat kemiringan kolektor dapat diatur, dengan mengatur salah satu sisi rak yang mengkait pada kaki rak. Tandon air dibuat dari bekas kaleng cat tembok. Sebuah arloji digunakan untuk mengamati waktu, dan sebuah waterpas digunakan untuk mengatur

posisi rak tempat tandon air agar pada posisi mendatar.

3.3. Uji Fisik Kolektor

Uji fisik dimaksudkan untuk menguji apakah kolektor dapat berfungsi memanaskan air. Keempat kolektor ditempatkan segaris (Barat-Timur) pada jarak 2 meter satu sama lain, menghadap ke Selatan, sedangkan suhu air masukan dan suhu air keluaran setiap jam dibaca mulai pukul 08.00 WIB dengan termometer alkohol. Kemiringan bidang kolektor terhadap bidang horizontal membentuk sudut sama sebesar 15° , dengan maksud untuk menguji apakah keempat kolektor yang dibuat menunjukkan karakteristik yang seragam. Kemiringan 15° dipilih untuk membuat sinar matahari datang kira-kira tegak lurus terhadap bidang kolektor.

Seluruh proses pengambilan data diulangi, sehingga diperoleh tiga data suhu dari tiga hari pengambilan data. Dari data suhu air pada semua pengamatan yang dilakukan, dihitung kenaikan suhu air masukan dan kenaikan suhu air keluaran, yaitu suhu pada saat pengamatan dikurangi suhu awal pengamatan pada hari yang sama, kemudian dari data pada selang waktu (lama pemanasan) yang sama yang diperoleh untuk tiga kali (=tiga hari) pengambilan data diambil rata-rata dan deviasi standard.

3.4. Uji Kelayakan oleh Pengguna

Setelah dilakukan uji fisik, dilakukan uji kelayakan penggunaan kolektor surya sebagai alat praktikum, dengan melibatkan dua orang guru Fisika dan 12 orang siswa kelas X IPA yang memenuhi kriteria seleksi tertentu pada SMA Negeri 4 Purworejo, Jawa Tengah. Ke-12 siswa dibagi menjadi empat kelompok, sesuai dengan cacah kolektor yang tersedia.

Mula-mula siswa dengan didampingi guru diajak untuk melakukan kegiatan praktikum dengan menggunakan kolektor surya. Dalam kegiatan praktikum disiapkan beberapa hal, yaitu:

a. tujuan pembelajaran yang dikaitkan dengan alat yang digunakan.

b. materi pokok yang berhubungan dengan kompetensi dasar, yaitu konsep kalor dan prinsip perpindahan kalor

c. skenario pembelajaran praktikum kolektor surya tentang urutan kegiatan yang

harus dilakukan guru dan siswa selama praktikum.

d. panduan praktikum.

e. lembar kerja siswa.

Setelah praktikum, dilakukan evaluasi dengan memberikan angket yang sebelumnya telah divalidasi oleh seorang pakar Pendidikan Fisika. Angket untuk guru berupa 12 pernyataan (Tabel 1) dengan menggunakan model skala Likert (Gingery, 2009) dan diikuti oleh empat respon yang menunjukkan empat tingkatan, di mana alternatif responnya adalah Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS), sedangkan penentuan jumlah skor untuk jawaban pertanyaan dalam angket adalah skor 4 untuk jawaban Sangat Setuju (SS), skor 3 untuk Setuju (S), skor 2 untuk Tidak Setuju (TS), skor 1 untuk Sangat Tidak Setuju (STS).

Tabel 1. Lembar Angket Uji Kelayakan Penggunaan untuk Guru.

| No. | Pernyataan |
|-----|--|
| 1. | Alat praktikum sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diharapkan. |
| 2. | Materi yang dapat dijelaskan dengan alat praktikum sesuai dengan kompetensi dasar. |
| 3. | Fungsi alat praktikum yang ditampilkan sesuai dengan materi pembelajaran siswa. |
| 4. | Siswa tertarik untuk memahami konsep dari alat praktikum yang ditampilkan. |
| 5. | Alat praktikum sesuai dengan penyampaian konsep yang telah dibahas sebelumnya. |
| 6. | Alat praktikum sesuai dengan konsep yang akan dijelaskan atau dibahas dalam materi selanjutnya. |
| 7. | Alat praktikum sesuai dengan kebutuhan siswa. |
| 8. | Motivasi siswa terhadap konsep yang sedang dibahas dengan penggunaan alat praktikum mengalami peningkatan . |
| 9. | Komunikasi yang terjadi antara guru dengan siswa pada proses pembelajaran sesuai dengan alat praktikum yang digunakan. |
| 10. | Terdapat kerja sama siswa dalam memperoleh data dari alat praktikum yang digunakan. |
| 11. | Konsep yang dipahami oleh siswa ketika guru membimbing siswa dalam menarik kesimpulan sesuai dengan kegiatan pembelajaran dengan alat praktikum. |
| 12. | Alat praktikum yang digunakan sesuai dengan tingkat perkembangan (mental) siswa. |

Angket untuk siswa berisi 10 aspek pembelajaran yang terkait dengan alat praktikum kolektor surya (Tabel 2) dan diisi dengan memberikan nilai berupa angka 0-10.

Kelengkapan jawaban angket yang telah diisi diperiksa, kemudian angket

disusun sesuai dengan kode responden. Untuk angket guru Fisika perlu dilakukan kuantifikasi jawaban setiap pertanyaan dengan memberikan skor sesuai dengan bobot yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan angket siswa isian angket telah berbentuk skor angka.

Tabel 2. Lembar Angket Uji Kelayakan Penggunaan untuk Siswa.

| No. | Aspek yang dinilai |
|-----|---|
| 1. | Kemudahan dalam penggunaan |
| 2. | Daya tarik alat peraga |
| 3. | Kemudahan dalam pengambilan data |
| 4. | Kemudahan dalam pengecekan kinerja alat |
| 5. | Kemudahan dalam memahami penjelasan guru tentang alat |
| 6. | Kemudahan dalam menampilkan grafik |
| 7. | Kemudahan dalam menarik kesimpulan |
| 8. | Proses pembelajaran yang saya alami menyenangkan |
| 9. | Saya lebih aktif dalam berpikir |
| 10. | Saya lebih aktif bekerja sama dalam kelompok |

Berdasarkan tabulasi data, dihitung jumlah skor tiap butir pertanyaan dan jumlah skor total. Adapun tingkat kelayakan alat praktikum secara keseluruhan dihitung dengan menggunakan rumus

$$P = \frac{S}{S_m} \times 100 \%,$$

(7)

dengan P adalah tingkat kelayakan ayat peraga (%), S adalah jumlah skor total yang diperoleh, dan S_m adalah jumlah skor total maksimum. Dari persentase yang telah diperoleh kemudian ditransformasikan ke dalam kalimat yang bersifat kualitatif. Untuk menentukan kriteria kualitatif (sangat layak, layak, kurang layak dan tidak layak) digunakan klasifikasi seperti disajikan pada Tabel 3 (Wibowo yang dikutip oleh Sari dan Oktova, 2010).

Tabel 3. Interval Nilai untuk Tingkat Kelayakan Penggunaan Alat Praktikum.

| No. | Inteval Nilai P | Tingkat Kelayakan |
|-----|-------------------|-------------------|
| 1. | 76 – 100 % | Sangat Layak |
| 2. | 51 – 75 % | Layak |

| | | |
|----|-----------|--------------|
| 3. | 26 – 50 % | Kurang Layak |
| 4. | 0 – 25 % | Tidak Layak |

IV. Hasil dan Pembahasan

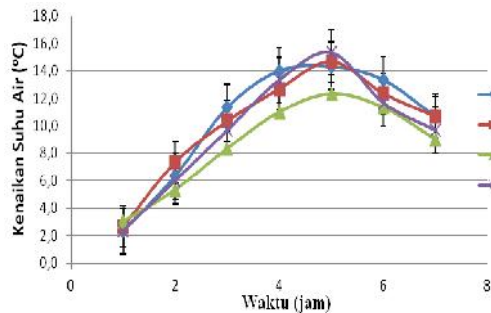
4.1. Uji Fisik Alat

Pengambilan data suhu air pada uji fisik alat dilaksanakan selama tiga hari pada tanggal 20, 23 dan 24 November 2013.

Rata-rata dan deviasi standard kenaikan suhu air masukan disajikan pada Tabel 4 dan grafik disajikan pada Gambar 2, dan terlihat bahwa dalam batas-batas ralat eksperimen tidak terdapat perbedaan nyata antara grafik kenaikan suhu air masukan dari keempat kolektor. Selain itu terlihat bahwa keempat grafik menunjukkan puncak kenaikan suhu air masukan setelah pemanasan selama 5 jam (pengamatan pukul 13.00), dan jika diambil rata-rata berbobot kenaikan suhu air masukan dari keempat kolektor diperoleh $14,2 \pm 0,6$ °C. Sedikit lebih kecil dibandingkan kenaikan suhu air masukan setelah pemanasan selama 5 jam, kenaikan suhu air masukan setelah pemanasan selama 4 jam (pengamatan pukul 12.00) menunjukkan rata-rata berbobot kenaikan suhu air masukan $12,4 \pm 0,5$ °C.

Tabel 4. Kenaikan Suhu Air Masukan.

| Waktu (jam) | ΔT_m (°C) | | | |
|-------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| | A | B | C | D |
| 1 | $2,3 \pm 1,5$ | $2,7 \pm 1,2$ | $3,0 \pm 1,7$ | $3,0 \pm 2,0$ |
| 2 | $6,3 \pm 2,3$ | $7,3 \pm 2,1$ | $5,3 \pm 2,1$ | $6,3 \pm 3,1$ |
| 3 | $11,3 \pm 2,3$ | $10,3 \pm 0,6$ | $8,3 \pm 2,1$ | $9,7 \pm 4,2$ |
| 4 | $14,0 \pm 1,7$ | $12,7 \pm 0,6$ | $11,0 \pm 1,0$ | $13,3 \pm 2,5$ |
| 5 | $14,3 \pm 0,6$ | $14,7 \pm 2,5$ | $12,3 \pm 2,1$ | $15,3 \pm 3,2$ |
| 6 | $13,3 \pm 1,5$ | $12,3 \pm 3,1$ | $11,3 \pm 2,9$ | $11,7 \pm 0,6$ |
| 7 | $10,7 \pm 2,5$ | $10,7 \pm 2,5$ | $9,0 \pm 2,6$ | $9,7 \pm 1,5$ |



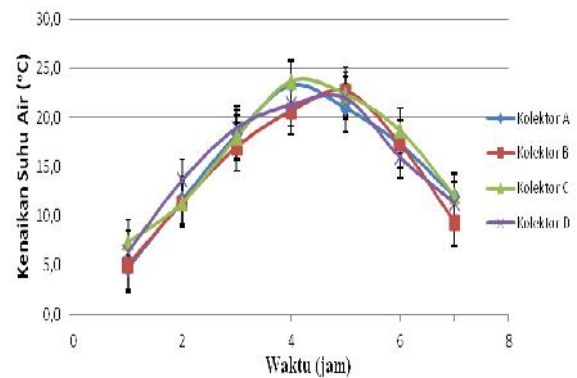
Gambar 2. Grafik Kenaikan Suhu Air Masukan.

Nilai rata-rata dan deviasi standard kenaikan suhu air keluaran disajikan pada Tabel 5 dan grafik disajikan pada Gambar 3, dan terlihat bahwa dalam batas-batas ralat eksperimen tidak terdapat perbedaan nyata antara grafik kenaikan suhu air keluaran dari keempat kolektor. Berbeda dengan data kenaikan suhu air masukan, di mana keempat kolektor menunjukkan puncak maksimum pada saat yang sama setelah pemanasan 5 jam, untuk kenaikan suhu air keluaran secara sepintas terlihat dua puncak yang berbeda. Grafik nilai rata-rata kenaikan air keluaran untuk kolektor A dan B menunjukkan puncak setelah pemanasan selama 5 jam (pengamatan pukul 13.00), sedangkan grafik untuk kolektor C dan D menunjukkan puncak setelah pemanasan selama 4 jam (pengamatan pukul 12.00). Namun demikian, jika diperhitungkan ralat eksperimennya, tidak terdapat perbedaan nyata antara data keempat kolektor. Jika diambil rata-rata berbobot kenaikan suhu air keluaran dari keempat kolektor, diperoleh nilai $21,9 \pm 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ setelah pemanasan selama 4 jam, dan $22,1 \pm 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ setelah pemanasan selama 5 jam; dengan demikian tidak terdapat perbedaan nyata antara data setelah pemanasan selama 4 jam dan 5 jam.

Berdasarkan uji fisik alat dapat disimpulkan bahwa semua kolektor surya yang dibuat mempunyai karakteristik seragam dan berfungsi dengan baik, yaitu dapat menaikkan suhu air pada masukan dan keluaran.

Tabel 5. Kenaikan Suhu Air Keluaran.

| Waktu (jam) | $\Delta T_k \text{ (}^\circ\text{C)}$ | | | |
|-------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | A | B | C | D |
| 1 | $4,7 \pm 3,5$ | $5,0 \pm 2,0$ | $7,3 \pm 4,0$ | $6,3 \pm 2,1$ |
| 2 | $11,7 \pm 2,1$ | $11,3 \pm 2,5$ | $11,3 \pm 5,0$ | $13,7 \pm 3,2$ |
| 3 | $18,3 \pm 1,5$ | $17,0 \pm 3,5$ | $18,0 \pm 6,2$ | $19,0 \pm 3,0$ |
| 4 | $23,3 \pm 2,5$ | $20,7 \pm 2,5$ | $23,7 \pm 4,7$ | $21,3 \pm 2,5$ |
| 5 | $21,0 \pm 4,6$ | $22,7 \pm 2,1$ | $22,3 \pm 2,5$ | $22,0 \pm 1,0$ |
| 6 | $17,3 \pm 6,7$ | $17,3 \pm 3,8$ | $18,7 \pm 3,5$ | $16,0 \pm 3,6$ |
| 7 | $12,0 \pm 6,1$ | $9,3 \pm 6,4$ | $12,0 \pm 2,6$ | $11,3 \pm 4,5$ |



Gambar 3. Grafik kenaikan Suhu Air Keluaran.

4.2. Hasil Uji Kelayakan Penggunaan Alat

Pada uji kelayakan penggunaan oleh responden guru-guru fisika, jumlah skor total (S) adalah 88, sedangkan jumlah skor maksimum (S_m) = skor tertinggi respon dikalikan cacah pernyataan dikalikan cacah responden = $4 \times 12 \times 2 = 96$, sehingga berdasarkan persamaan (7) diperoleh persentase penilaian untuk tingkat kelayakan alat praktikum (P) sebesar $89,8 \pm 0,5 \%$, sehingga berdasarkan klasifikasi tingkat kelayakan pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa kolektor surya tersebut layak digunakan sebagai alat praktikum.

Pada uji kelayakan penggunaan oleh responden siswa, jumlah skor total (S) adalah 1041, sedangkan jumlah skor maksimum (S_m) = skor tertinggi respon dikalikan cacah pernyataan dikalikan

cacah responden = $10 \times 10 \times 12 = 1200$, sehingga berdasarkan persamaan (7) diperoleh persentase penilaian untuk tingkat kelayakan alat praktikum (P) sebesar $86,8 \pm 3,6 \%$, sehingga berdasarkan klasifikasi tingkat kelayakan pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa kolektor surya tersebut layak digunakan sebagai alat praktikum fisika.

4.3. Kemudahan dan Kekurangan Alat

Dalam proses pembuatan dan penggunaan kolektor surya dijumpai beberapa kemudahan dan kesulitan. Kemudahan dalam pembuatan adalah bahan-bahan dan alat yang dibutuhkan mudah didapatkan. Kesulitan yang dialami dalam pembuatan adalah ketika membuat bentuk serpentin/mengular dari pipa besi dibutuhkan alat khusus sehingga harus dilakukan di bengkel servis knalpot untuk membengkokkan pipa menjadi bentuk serpentin.

Kesulitan utama penggunaan kolektor surya untuk praktikum adalah operasinya dipengaruhi kondisi cuaca yang berubah-ubah karena berada dalam musim hujan, sehingga disarankan praktikum dilakukan dalam cuaca stabil cerah pada musim kemarau.

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Pada uji fisik alat terbukti bahwa kolektor surya tersebut berfungsi dengan baik. Dari hasil angket uji kelayakan penggunaan alat peraga oleh guru Fisika dan oleh siswa dapat disimpulkan bahwa kolektor surya layak digunakan sebagai alat praktikum fisika.

Saran

Praktikum fisika dengan kolektor surya sebaiknya dilakukan dalam cuaca stabil cerah pada musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

Aqib Z., "Profesionalisme Guru Dalam Pembelajaran, Surabaya: Insan Cendekia, 2010.

Badan Standar Nasional Pendidikan, Standar Isi Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah, Standar Isi dan Kompetensi Dasar SMA/MA. Jakarta: BSNP, 2006.

Burhanuddin, Karakter Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variesi Jarak Penutup dan Sudut Kemiringan Kolektor, Surakarta: Jurusan Fisika FMIPA-UNS, 2005.

Devins, D. W., Energy: Its Physical Impact on the Environment, New York: John Wiley, 1982.

Gingery, T. *Forced Choice Survey Questions*, <http://survey.event.com/blog/market-research-design-tips-2/forced-choice-survey-questions>, 2009. Diakses pada tanggal 23 November 2013.

Kristanto, P. dan Laeyadi, J., Kolektor Surya Prismatic, Jurnal Teknik Mesin Vol.2 No.1, pp. 22-28, 2000.

Oktova, R. dan Santoso, S., Pengaruh Cacah Kaca Penutup Terhadap Kenaikan Suhu Maksimum Air Tandon Pada Kolektor Surya Plat Datar. Jurnal Berkala Fisika Indonesia, Vol. 4 No. 1 & 2, pp. 33-41, 2012.

Sari, P. dan Oktova, R., Pemanfaatan Web Builder untuk Perancangan Media Pembelajaran *Online* tentang Pengaruh Rotasi Bumi terhadap Gerak Bandul Matematis, Jurnal Berkala Fisika Indonesia, Vol. 2 No. 2, pp. 54-63, 2010.

Serway, R.A. dan Jewett, J.W., Fisika untuk Sains dan Teknik. Buku 2 Edisi 6. Jakarta: Salemba Teknika, 2010.

Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung : Alfabeta, 2009.

Tirtoatmodjo R dan Handoyo E.A., Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 1 No. 2, pp. 116-121, 1999.

Walker, A., Solar Energy: Technologies and Project Delivery for Buildings, New York: John Wiley, 2013.

Notulensi Tanya Jawab :

Penanya : Teguh

Pertanyaan :

Pengambilan data berapa lama?

Praktiknya berapa hari?

Jawaban :

Tiga hari dalam pengambilan datanya, dalam praktiknya dibuat uji kelayakan dan dilakukan pengenalan, untuk pembelajaran hanya 2 jam.

Penanya : Fajar

Pertanyaan :

Mana yang lebih banyak praktiknya siswa apa gurung?

Jawaban :

Lebih banyak yang siswanya dalam melakukan percobaan, tetapi guru mendampingi untuk memandunya.