

RANCANG BANGUN DAN ANALISIS PERFORMA PERANGKAT SOLAR TERMAL SEBAGAI SUMBER PEMANAS AIR

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF SOLAR THERMAL DEVICES AS A SOURCE OF WATER HEATING

Muhammad Azim⁽¹⁾, Remon Lapisa⁽²⁾, Ambiyar⁽³⁾, Delima Yanti Sari⁽⁴⁾, Asnil⁽⁵⁾

(1), (2), (3), (4)Jurusan Teknik Mesin, (5)Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

muhammadazim1610@gmail.com

remonlapisa@ft.unp.ac.id

ambiyar@ft.unp.ac.id

delimayanti@yahoo.com

asnil81@ft.unp.ac.id

Abstrak

Air panas merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia untuk keperluan mandi dalam memperlancar metabolisme tubuh dan air panas juga mampu membunuh kuman penyakit. Di pedesaan air panas diperoleh dengan cara direbus menggunakan kayu bakar, tetapi pembakaran ini bisa beresiko terjadinya kebakaran. Begitu juga di perkotaan air panas diperoleh dari pemasangan *water heater* yang juga terbilang mahal karena membutuhkan daya listrik yang cukup besar. Untuk menghasilkan air panas yang ramah lingkungan dan gratis, penulis membuat perangkat solar termal sebagai sumber pemanas air rumah tangga dengan memanfaatkan energi matahari. Perangkat solar termal ini bertujuan untuk menghasilkan air panas agar bisa dimanfaatkan oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga. Dengan melakukan metode eksperimen atau pengambilan data secara langsung dari perangkat solar termal menggunakan *thermocouple* dari alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE* yang dipasang pada 5 titik setiap 60 detik sekali selama 5 jam 30 menit dari jam 10.30 pagi hingga jam 16.00 sore. Hasil temperatur air *probe* 5 yang didapatkan yaitu 43,5°C pada temperatur air di dalam tengki penyimpanan yang ada pipa spiral dan air panas ini akan digunakan oleh masyarakat dalam kebutuhan rumah tangga. Perangkat solar termal ini akan sangat menguntungkan bagi masyarakat karena untuk menghasilkan air panas tidak ribet lagi dan tidak mengeluarkan uang yang mahal lagi. Air panas dari perangkat solar termal ini juga tersedia secara gratis karena perangkat ini mampu menyimpan panas matahari selama 30 menit. Suhu air diharapkan dapat mencapai 60°C dilihat dari panas yang ditangkap oleh perangkat solar termal jika matahari bersinar lama menyinari perangkat solar termal.

Kata Kunci : air panas, energi matahari, temperatur, VSCLAB WLN-01 BASE, perangkat solar termal

Abstract

Hot water is one of the basic needs for humans for bathing purposes in facilitating the body's metabolism and hot water is also able to kill germs. In rural areas hot water is obtained by boiling using firewood, but this burning can cause a fire risk. Likewise in urban areas, hot water is obtained from the installation of a water heater which is also quite expensive because it requires a large amount of electricity. To produce hot water that is environmentally friendly and free of charge, the author makes a solar thermal device as a source of household water heating by utilizing solar energy. This solar thermal device aims to produce hot water so that it can be used by the community for household purposes. By conducting an experimental method or taking data directly from a solar thermal device using a thermocouple from the VSCLAB WLN-01 BASE measuring instrument which is installed at 5 points every 60 seconds for 5 hours 30 minutes from 10.30 am to 16.00 pm. The results of the water temperature probe 5 obtained are 43.5°C at the water temperature in the storage tank with a spiral pipe and this hot water will be used by the community for household needs. This solar thermal device will be very beneficial for the community because to produce hot water it is no longer complicated and does not spend expensive money anymore. Hot water from this solar thermal device is also available for free because this device is able to store solar heat for 30 minutes. The water temperature is expected to reach 60°C as seen from the heat captured by the solar thermal device if the sun shines for a long time on the solar thermal device.

Keywords : hot water, solar energy, temperature, VSCLAB WLN-01 BASE, solar thermal devices

I. Pendahuluan

Air panas merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia dan sangat dibutuhkan bagi manusia untuk keperluan mandi karena memang begitu berguna untuk memperlancar metabolisme tubuh maupun membersihkan noda pada cucian dan peralatan rumah tangga lainnya yang memerlukan air panas, karena air yang panas mampu membunuh kuman penyakit (Aryaguna 2020) (Junianto and Slamet 2019).

Masyarakat tradisional di pedesaan kebutuhan air panas dihasilkan dari pemanasan air dengan cara pembakaran menggunakan kayu api dan minyak tanah. Pemanasan air dengan cara ini terbilang mahal dan beresiko karena menggunakan kayu api dapat menimbulkan asap besar-besaran yang berakibat mencemari lingkungan. Di daerah kota besar, pemanasan air yang diperoleh dari kayu api dapat menimbulkan resiko yang sangat besar seperti kebakaran (Haris Rizvi & Rahul NU, 2019). Di daerah perkotaan sekarang kebutuhan air panas dipenuhi dengan pemasangan *water heater* yang menggunakan energi listrik sebagai pemanas. Namun pemanas air ini membutuhkan daya listrik yang cukup besar hingga 500 *watt* bahkan daya listrik yang dibutuhkan sampai 1600 Watt (Alpindo, 2018). Ini juga dirasakan oleh negara-negara lain tentang masalah biaya dan kekurangan energi untuk melakukan proses gunakan pemanas air tenaga surya di gedung-gedung baru (Souliotis et al. 2018).

Efisiensi energi panas radiasi matahari sebenarnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk berbagai aplikasi seperti pemanas air. Pemanfaatan energi matahari yang paling banyak juga sebagai pemanas, pengeringan, pertumbuhan tanaman dan lain sebagainya. Tenaga matahari menjadi energi alternatif tradisional yang menarik untuk memenuhi kebutuhan domestik dan air panas rumah tangga dimana energi terbarukan ini memberikan potensi optimis untuk mengembangkan berbagai teknologi (Manirathnam et al. 2020). Energi matahari di Indonesia merupakan energi yang sangat menjanjikan dan tersedia terus menerus serta gratis. Energi matahari yang sampai ke permukaan bumi dapat dikonversi menjadi energi panas dan bisa dimanfaatkan dalam berbagai hal seperti pemanas air untuk keperluan rumah tangga (Beausoleil-morrison et al. 2019).

Proses konservasi energi panas surya bisa dilakukan dengan sebuah alat penukar kalor atau bisa disebut dengan *heat exchanger*. *Heat exchanger* merupakan alat penukar kalor yang terjadi perpindahan kalor antara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda (Himran Syukri, 2021). Salah satu jenis *heat exchanger* yaitu *shell and tube heat exchanger*. Pada proses pemanasan air ini menggunakan *heat exchanger* jenis *shell and tube* (*shell and tube heat*

exchanger) untuk meningkatkan jumlah panas yang diserap. Maka sebagian orang menambah penutup kaca pada panel *heat exchanger* dengan tujuan penutup kaca dapat memberikan efek rumah kaca yang mampu menaikkan suhu dalam panel *heat exchanger*. Kemudian kolektor penyerap panas sebagai landasan pada *heat exchanger* untuk menyerap energi panas radiasi dari matahari dan *shell and tube* jenis pipa tembaga sebagai wadah tersalurnya aliran air panas dan proses pemanasan air. Menurut (Ramadhan, Soeparman, and Widodo 2017) kolektor penyerap dapat menyerap panas radiasi matahari mencapai 53,8 °C. Dimana kolektor penyerap ini dipasang berhubungan dengan pipa tembaga yang di aliri oleh air. Pipa tembaga akan mendapatkan panas yang baik secara konduksi, konveksi maupun radiasi sebagai akibat tertangkapnya sinar matahari oleh kolektor penyerap yang dibatasi oleh kaca bening tembus cahaya, sehingga air mendapatkan panas yang sangat baik. Air yang temperaturnya tinggi akan memiliki massa jenis kecil, akibatnya air mengalir ke atas menuju arah yang tinggi. Sebaliknya, air bertemperatur rendah mempunyai massa jenis lebih besar dan air akan bergerak ke bawah sehingga terjadi konveksi secara alami (Matondang, Aziz, and Mainil 2016).

Besar laju dari aliran air di dalam pipa, maka akan menyebabkan waktu dari fluida kerja untuk menyerap panas lebih sedikit. Untuk itu peneliti memakai metode untuk pemasangan solar termal dengan alur zig-zag supaya luasan permukaan dapat langsung menyerap radiasi matahari dan juga konveksi panas dari kolektor penyerap panas serta memperpanjang lintasan air untuk memaksimalkan penyerapan panas air dari kolektor penyerap. Ada tiga mekanisme dasar perpindahan panas yang terjadi yaitu konduksi, konveksi dan radiasi dalam proses pemanasan air menggunakan perangkat solar termal (Susanto and Irawan 2017).

Hasil dari pemanasan air tersebut akan disimpan ke dalam tangki penyimpanan untuk bisa digunakan oleh pengguna saat dibutuhkan. Pemanas air ini sangat berguna bagi masyarakat yang berpenghasilan rendah yang tidak mampu membayar biaya produksi air panas, proses pemanas air ini juga berkelanjutan dan dipandang ramah lingkungan (Urmee et al. 2018). Penelitian ini nantinya akan sangat bermanfaat bagi masyarakat desa dan juga perkotaan maupun bagi dunia perindustrian untuk proses kebutuhan air panas yang efisien dan juga dapat mengurangi biaya dalam proses pemanasan air yang prosesnya juga ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan air panas dari perangkat solar termal sehingga dapat diketahui nilai panas air yang akan dihasilkan dari perangkat solar termal dalam proses pemanasan air memanfaatkan energi matahari sebagai sumber panas

agar bisa dimanfaatkan oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian tentang “Rancang Bangun Dan Analisis Performa Perangkat Solar Termal Sebagai Sumber Pemanas Air Rumah Tangga” dengan memvariasikan perangkat solar termal.

II. Metode Penelitian

Penelitian ini memuat prosedur percobaan yang akan dilakukan, serta analisa dari berbagai data yang akan diperoleh selama proses perancangan bangun solar thermal untuk kebutuhan air panas rumah tangga. Teknik kepustakaan adalah cara dalam pengumpulan data dari berbagai materi di ruangan kepustakaan, seperti jurnal, buku-buku, dokumen dan lain sebagainya yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Teknik observasi juga dilakukan untuk mengumpulkan data dari lapangan gunanya untuk mengetahui kejadian yang terjadi di lapangan secara langsung ataupun masalah yang ditemukan di lapangan..

Setelah melakukan pengumpulan data dari teknik kepustakaan dan teknik observasi, selanjutnya dilakukan analisa terhadap semua data yang dimiliki. Maka langkah selanjutnya yang dilakukan setelah menganalisa data yaitu membuat disain dari semua komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan solar thermal untuk kebutuhan air panas rumah tangga dengan menggunakan *software Solidworks 2020*, alasan menggunakan aplikasi ini yaitu praktis dan bisa lebih mudah dipahami. Selanjutnya membuat disain menggunakan aplikasi *Solidworks 2020* dengan benar dan *valid*. Disain perangkat solar termal yang sudah valid dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Desain Perangkat Solar Termal

Gambar 1.1. merupakan hasil desain yang sudah valid. Cara kerja dari perangkat solar termal ini yaitu plat penyerap panas sebagai sumber penyerapan panas radiasi matahari. Air akan masuk ke dalam perangkat solar termal melalui pipa tembaga dan kemudian air akan mendapatkan panas dari pipa tembaga yang terkena panas radiasi matahari langsung maupun secara konveksi dari plat penyerap

(seng) yang juga telah menangkap panas radiasi matahari yang kemudian panas tersebut dipindahkan ke pipa tembaga. Hal ini disebabkan energi radiasi matahari di dalam perangkat solar termal yang dibatasi kaca bening tembus cahaya. Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa tembaga maka temperatur air di dalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan massa jenis air. Air yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis yang lebih besar dan cenderung akan bergerak ke bawah, sehingga terjadi konveksi secara alami. Hasil dari pemanasan air tersebut akan disimpan ke dalam tangki penyimpanan untuk bisa digunakan oleh pengguna saat dibutuhkan.

Terakhir membuat alat dalam bentuk nyata dan mengambil data secara langsung dari alat yang telah dibuat. Kemudian hasil data yang didapatkan di analisis. Terakhir membuat kesimpulan dan saran yang di dapat dari seluruh proses rancang bangun solar thermal untuk kebutuhan air panas rumah tangga.

Penelitian ini digunakan 5 *probe thermocouple* dari alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE* sebagai alat pencatat temperatur air yang diletakkan di 5 titik yang berbeda dan alat dihubungkan ke laptop sehingga data dapat dilihat di *Microsoft Excel*. *Probe 1* diletakkan pada bagian air masuk pada pipa tembaga solar thermal, *probe 2* diletakkan pada bagian air keluar pada pipa tembaga solar thermal, *probe 3* diletakkan pada bagian air masuk pada pipa tembaga yang dibuat spiral, *probe 4* pada air keluar dari pipa tembaga pipa spiral dan *probe 5* diletakkan pada bagian air yang bberada di dalam tengki penyimpanan yang dipanaskan oleh pipa spiral. Data dikondisikan dengan perhitungan pengambilan data setiap 60 detik sekali selama 5 jam 30 menit dari jam 10.30 pagi hingga jam 16.00 sore.

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini mendapatkan hasil data dari 5 *probe thermocouple* alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE* sebagai alat pencatat temperatur air. Titik yang terpasang diperangkat solar termal ini ditentukan pada saat penelitian karena di 5 titik tersebutlah yang kita inginkan untuk melihat hasil temperature air yang didapatkan nantinya. Data yang didapat mulai dari pukul 10.30 WIB sampai pada pukul 16.00 WIB akan dihubungkan nantinya ke laptop menggunakan bantuan *software* lain yang bisa nantinya sebagai pembaca hasil data yang didapatkan oleh alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE*. Data yang didapatkan dari pukul 10.30 WIB sampai pada pukul 10.40 dijabarkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Data Hasil Pengukuran Pukul 10.30 WIB

Sampai Pukul 10.40 WIB

Spes	Temperatur Air Masuk Solar Termal	Temperatur Air Keluar Solar Termal	Temperatur Air Masuk Pipa Spiral	Temperatur Keluar Pipa Spiral	Temperatur Air Yang Dipanaskan Oleh Pipa Spiral
	N2-TC1(°C)	N2-TC2(°C)	N2-TC3(°C)	N2-TC4(°C)	N2-TC5(°C)
1	32,25	33,5	32,25	32,75	32,5
2	32,5	34	32,5	32,75	32,5
3	32,5	34	32,75	33	32,5
4	32,5	34	32,5	33,25	32,5
5	33,25	32	32,75	33	32,5
6	34	33	33	33,25	32,75
7	32,75	33,25	32,5	33	33
8	34,25	32,5	33,25	33	32,75
9	33,5	33,75	33,5	33,25	33
10	33,75	34,25	33,25	33,25	33

Table 1.1. terlihat mengalami kenaikan temperatur air secara perlahan yang dihasilkan oleh perangkat solar thermal sebagai sumber pemanas air rumah tangga akibat panas matahari yang diserap oleh perangkat. Data yang diperoleh dari pukul 15.50 sampai dengan pukul 16.00 dijabarkan dalam tabel 1.2.

Tabel 1.2. Hasil Data Pengukuran dari Pukul 15.50 WIB Sampai Pukul 16.00 WIB

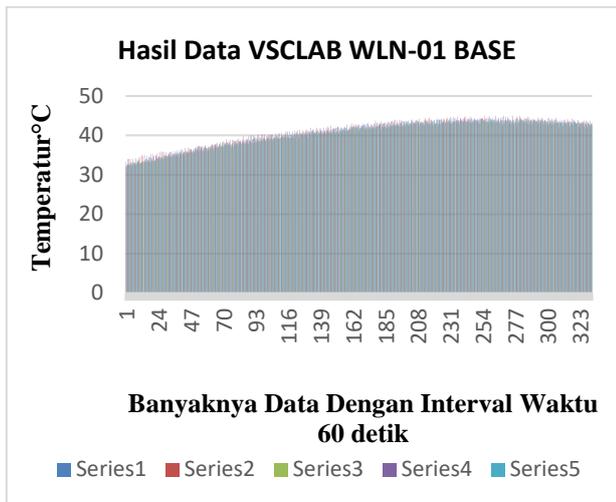
Tabel 2 memperlihatkan temperatur air sudah mencapai 40°C lebih, artinya air yang dihasilkan perangkat solar thermal sudah panas dan bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti halnya untuk keperluan mandi. Air dapat dipanaskan dalam tingkat temperatur yang lebih tinggi tergantung pada cuaca, karena perangkat solar thermal bergantung pada cuaca panas matahari yang dapat memanaskan perangkat dan perangkat solar thermal tersebut menyerap energi matahari.

Spes	Temperatur Air Masuk Solar Termal	Temperatur Air Keluar Solar Termal	Temperatur Air Masuk Pipa Spiral	Temperatur Keluar Pipa Spiral	Temperatur Air Yang Dipanaskan Oleh Pipa Spiral
	N2-TC1(°C)	N2-TC2(°C)	N2-TC3(°C)	N2-TC4(°C)	N2-TC5(°C)
1	43,25	43	43	43,75	42,25
2	44	42,25	43	43,25	43,25
3	42	43,25	42,75	43	43
4	43,25	43	42,75	43,25	43,5
5	43	43,5	42,75	43,25	42,75
6	42,25	43,75	42,75	43,25	43
7	42	43,75	42,75	43	42,75
8	41,75	43,5	42,5	42,5	43,25
9	43	43,25	42,75	42,75	43
10	43,75	41,75	42,5	42,75	42,5

Secara perlahan temperatur akan mengalami penurunan kalau matahari tidak lagi memberikan energi terhadap perangkat solar thermal. Panas yang berada didalam perangkat solar thermal tidak akan

hilang secara drastis karena perangkat solar thermal ini mampu menahan panas yang telah diserapnya dalam beberapa waktu sampai panas tersebut perlahan hilang dan perangkat kembali ke

temperatur awal. Temperatur yang tinggi terdapat pada selang waktu atau jam berapa dapat dilihat pada grafik hasil data alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE* yang dijabarkan pada gambar 1.2.



Gambar 1.2. Grafik Hasil Data Temperatur Perangkat Solar Termal

Gambar 1.2. memperlihatkan data yang didapatkan dari perangkat solar termal menggunakan alat ukur *VSCLAB WLN-01 BASE*. Warna series pada grafik merupakan symbol titik alat ukur, series 1 merupakan air yang masuk kedalam pipa tembaga solar termal, series 2 merupakan air yang keuar dari pipa tembaga solar termal, series 3 adalah air yang masuk ke dalam pipa tembaga spiral, series 4 air yang keluar pipa spiral dan series 5 air yang berada dalam tengki penyimpanan yang didalamnya ada pipa spiral.

IV. Kesimpulan

Sebagai pemanas air tenaga surya diperlukan energi matahari yang cukup banyak yang bisa diserap oleh perangkat solar termal. Hasil temperatur air dapat dicapai melebihi data sekarang kalau matahari bersinar sampai jam 6 sore, karena perangkat solar termal ini dapat mengisolasi atau menyimpan panas dari matahari tersebut selama 30 menit. Sehingga temperatur air terus naik selama 30 menit walaupun tidak ada lagi panas matahari yang menyinari perangkat solar termal. Setelah 30 menit berlalu, maka temperatur air secara perlahan akan menurun mencapai suhu air normal kembali yaitu sekitaran 30°C-35°C tergantung pada suhu dipemukiman.

Hasil eksperimen kurang optimal karena cuaca yang kurang mendukung sehingga lama pengambilan data tidak bisa dari matahari terbit sampai matahari terbenam. Suhu air diharapkan akan mencapai 60°C dilihat dari panas yang ditangkap oleh perangkat solar termal dan jika suhu matahari juga tinggi dan bersinar lama. Dalam pengambilan data diharapkan meletakkan perangkat solar termal dilapangan terbuka tanpa ada penghalang apapun sehingga data

yang didapatkan bisa optimal dari pagi sampai sore.

Referensi

- Alvarizi, A., Faqih, M., & Harianda, I. (2021). *Rancang Bangun Pemanas Air Energi Surya Menggunakan Tabung Vakum*. 2(1), 1–9.
- Aryaguna, Andreas Satya. 2020. “Analisa Kenaikan Temperatur Air Pada Flat Plate Solar Collector Terhadap Perubahan Heat Flux Dan Mass Flow Rate Dengan CFD Untuk Perancangan Portable Solar Hot Water System Berbiaya Murah.” *Universitas Pertamina* (29 Agustus 2020): 1–49.
- Beausoleil-morrison, Ian, Briana Kemery, Adam D Wills, and Curtis Meister. 2019. “Design and Simulated Performance of a Solar-Thermal System Employing Seasonal Storage for Providing the Majority of Space Heating and Domestic Hot Water Heating Needs to a Single-Family House in a Cold Climate.” *Solar Energy* 191(August): 57–69.
- Fatiha, T., Rinaldy, M. F., Ocsirendi, & Suroja. (2022). *Water Heater Bertenaga Matahari Menggunakan Reflektor* (pp. 130–134).
- Hariato, M. F., & Prabowo, Y. A. (2021). Sistem Kontrol Pemanas Air Kamar Mandi Menggunakan PID Controller. *SNESTIK, Surabaya, 26 Juni 2021*, 219–224.
- Himran, Syukri. 2021. *Energi Surya Konversi Termal & Fotovoltaik*, Yogyakarta: ANDI.
- Junianto, Anjas Putra, and Riyadi Slamet. 2019. “Perancangan Pemanas Air Tenaga Surya Pasif Kapasitas 20 Liter.” *Media Teknologi* 06(01 Agustus 2019): 185–94.
- Manirathnam, A S et al. 2020. “Experimental Analysis on Solar Water Heater Integrated with Nano Composite Phase Change Material (SCi and CuO).” *Materials Today: Proceedings* (xxxx): 1–9.
- Matondang, Gihon, Azridjal Aziz, and Rahmat Imam Mainil. 2016. “Unjuk Kerja Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Termosifon Dengan Pemanfaatan Kaleng Minuman Bekas Sebagai Absorber.” *Jom FTEKNIK* 3(2): 1–4.
- Meijaya, H. (2020). *Studi Eksperimental Performansi Pemanas Air Tenaga Surya Menggunakan Reflektor Untuk Memanaskan 120 L Air* (Issue November 2019).
- Nugraha, A. F., & Hidayat, F. (2021). *Perancangan Pemanas Air Portabel Tenaga Surya Kapasitas 600 mL. urusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Itenas Bandung*.

- Raja, F. G. L., Hiendro, A., & Prima, F. (2022). Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya dan Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Surya Terhadap Efisiensi Termal Kolektor Surya. *Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 3(1), 81–86.
- Ramadhan, Nizar, Sudjito Soeparman, and Agung Widodo. 2017. “Analisis Perpindahan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Turbulence Enhancer.” *Rekayasa Mesin* 8(1): 15–22.
- Rizvi, Haris, and Rahul NU. 2019. “Novel Method to Increase The Efficiency Of Solar Water Heaters.” *2019 Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)* (India, Oct 18-20): 1–5.
- Sambada, F. A. R. (2019). Unjuk Kerja Pemanas Air Energi Matahari Sederhana. *SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN (SENDIKA)*, 3(November), 59–70.
https://repository.usd.ac.id/38634/1/6672_3081-8448-1-PB.pdf
- Souliotis, Manolis et al. 2018. “Solar Water Heating for Social Housing: Energy Analysis and Life Cycle Assessment.” *Energy & Buildings* 169: 157–71.
- Supriyono, T. (2021). Pemilihan Sumber Panas Sistem Pemanas Air untuk penghematan Biaya dan Energi. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset Dan Teknologi Di Bidang Industri Ke 16*.
- Susanto, Helmi, and Dwi Irawan. 2017. “Pengaruh Jarak Antar Pipa Pada Kolektor Terhadap Panas Yang Dihasilkan Solar Water Heater (SWH).” *Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro* 6(1): 84–91.
- Tumangke, M. R., Priharti, W., & Silalahi, D. K. (2021). RANCANG BANGUN SISTEM PEMANAS AIR FOTOVOLTAIK. *E-Proceeding of Engineering*, 8(6), 11463–11472.
- Urnee, Tania et al. 2018. “Solar Water Heaters Uptake in Australia – Issues and Barriers.” *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 30(November): 11–23.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.08.006>.