

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 3de86b21-dbaa-4a4d-a118-0f30d7b7363c
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-3 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Pengembangan Teknologi dan Rekayasa Model Baru Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Inovasi Teknologi dalam Pengelolaan Energi, Kesehatan, Sumber Daya Alam dan lingkungan	-	Pengelolaan Energi, Sumberdaya Alam dan lingkungan	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	6	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
JALALUDDIN Ketua Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Mesin		6003333	4
Dr RUSTAN TARAKKA S.T, M.T Anggota Pengusul 1	Universitas Hasanuddin	Pendidikan Profesi Insinyur	Rancang bangun Kolektor, analisa hasil dan membuat laporan monitoring dan akhir penelitian	6148175	3
ANDI AMIJOYO MOCHTAR S.T, M.Sc., Ph.D Anggota Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Mesin	Administrasi penelitian, Uji eksperimental dan analisa data eksperimental,	6659085	1

2			analisa hasil dan membuat laporan monitoring dan akhir penelitian		
---	--	--	---	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Calon Pengguna	Didik Heriyanto, ST, MM

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
3	Dokumentasi hasil uji coba produk	Ada	-

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
--------------	--------------	---	--

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 3 Tahun Rp. 139,768,100

Tahun 1 Total Rp. 0

Tahun 2 Total Rp. 0

Tahun 3 Total Rp. 139,768,100

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Tiket	OK (kali)	3	3,000,000	9,000,000
Analisis Data	Uang Harian	OH	3	1,350,000	4,050,000
Analisis Data	Penginapan	OH	3	1,950,000	5,850,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	10	300,000	3,000,000
Bahan	ATK	Paket	1	2,880,000	2,880,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	72,270,000	72,270,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	5,000,000	5,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	4,918,100	4,918,100

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	2	750,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	64	75,000	4,800,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	80	50,000	4,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	3	7,500,000	22,500,000

6. HASIL PENELITIAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Energi matahari dikenal sebagai sumber energi yang ramah terhadap lingkungan dengan penggunaan yang sangat luas. Sumber energi ini dimanfaatkan untuk suplai air panas dengan pemanfaatan kolektor surya pemanas air, suplai energi listrik dengan pemanfaatan sel photovoltaik, dan pemanfaatan lainnya. Sistem pemanas air tenaga matahari merupakan salah satu teknologi kunci dalam aplikasi bangunan ramah lingkungan. Penelitian tentang sistem pemanas air tenaga matahari sangat penting karena akan meningkatkan efisiensi dan efektivitas dari teknologi pemanas air tenaga matahari terhadap produk yang ada dipasaran sekarang ini. Peningkatan efisiensi sistem akan sangat bermanfaat dalam aplikasinya karena akan meningkatkan jumlah produksi air panas dan disisi lain, ukuran kolektor dapat diperkecil untuk penggunaan pada perumahan dengan kapasitas yang sama. Potensi peningkatan efisiensi masih sangat besar mengingat efisiensi sistem secara keseluruhan masih rendah sekitar 40 – 50 %.

Penelitian ini adalah pengembangan teknologi dan rekayasa model baru sistem pemanas air tenaga matahari untuk suplai air panas pada perumahan dan bangunan komersial. Tujuan dari penelitian ini adalah pengembangan model baru sistem pemanas air tenaga matahari. Purwarupa dari model baru sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber yang terintegrasi dengan thermal storage PCM telah dikembangkan. Pengujian telah dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Penelitian tersebut meliputi experimental laboratory dan simulasi numerik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pelat absorber berbentuk V yang terintegrasi dengan thermal storage PCM memberikan unjuk kerja yang signifikan. Pengujian unjuk kerja untuk prototipe sistem pemanas air dengan variasi flowrate dan termosiphon juga telah dilakukan pada kondisi dan lingkungan yang relevan. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.64 % (0.5 L/min); 6.32 % (1 L/min) dan 6.29 % (L/min) dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Pada pengujian dengan sistem termosiphon, efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Hasil penelitian tersebut telah dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi dan prototipe dari sistem pemanas air tersebut telah didaftarkan untuk mendapatkan Hak Kekayaan Intelektual (HaKI). Pengembangan sistem pemanas air tenaga matahari ini akan berdampak terhadap peningkatan efisiensi dari peralatan ini sehingga masyarakat pengguna khususnya pada perumahan dan bangunan komersial akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Sistem pemanas air tenaga matahari, Pelat absorber, Thermal storage, Phase change material (PCM), Unjuk kerja.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengembangan teknologi dan rekayasa model baru sistem pemanas air tenaga matahari untuk suplai air panas pada perumahan dan bangunan komersial telah dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Modifikasi dan pengujian sistem pemanas air tenaga matahari telah dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai optimal dari sistem tsb. Beberapa sistem pemanas air tenaga matahari telah dibuat, dimodifikasi dan diuji selama proses penelitian ini. Sistem pemanas air tenaga matahari model baru telah uji baik dengan variasi flowrate dan juga secara termosiphon dilingkungan yang sebenarnya. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.64 % (0.5 L/min); 6.32 % (1 L/min) dan 6.29 % (L/min) dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Pada pengujian dengan sistem termosiphon, efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Pengujian dari sistem tersebut dilakukan dengan eksperimental lapangan dan simulasi numerik.

Pengujian eksperimental lapangan dilakukan pada lingkungan sebenarnya di Rooftop Laboratorium Energi Terbarukan Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin sebagai berikut:

a) Eksperimental Lapangan

Eksperimental lapangan telah sedang dilakukan pengujian di Laboratorium Energi Terbarukan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Pengujian ini dilakukan pada kondisi real dengan 2 skenario: 1) pengujian sistem dengan variasi flowrate dan 2) pengujian sistem dengan termosiphon. Beberapa kegiatan pengujian yang telah dilakukan antara lain:

Tahapan penelitian antara lain:

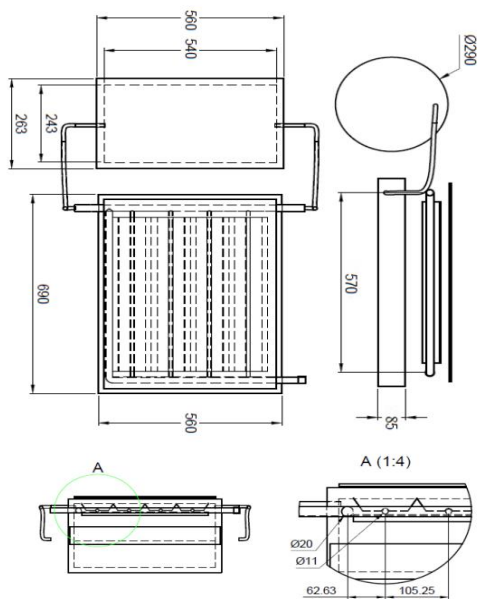
1) Modifikasi & Konstruksi Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari,





2) Pengujian Eksperimental Lapangan

Prototipe dan spesifikasi 'Sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage'

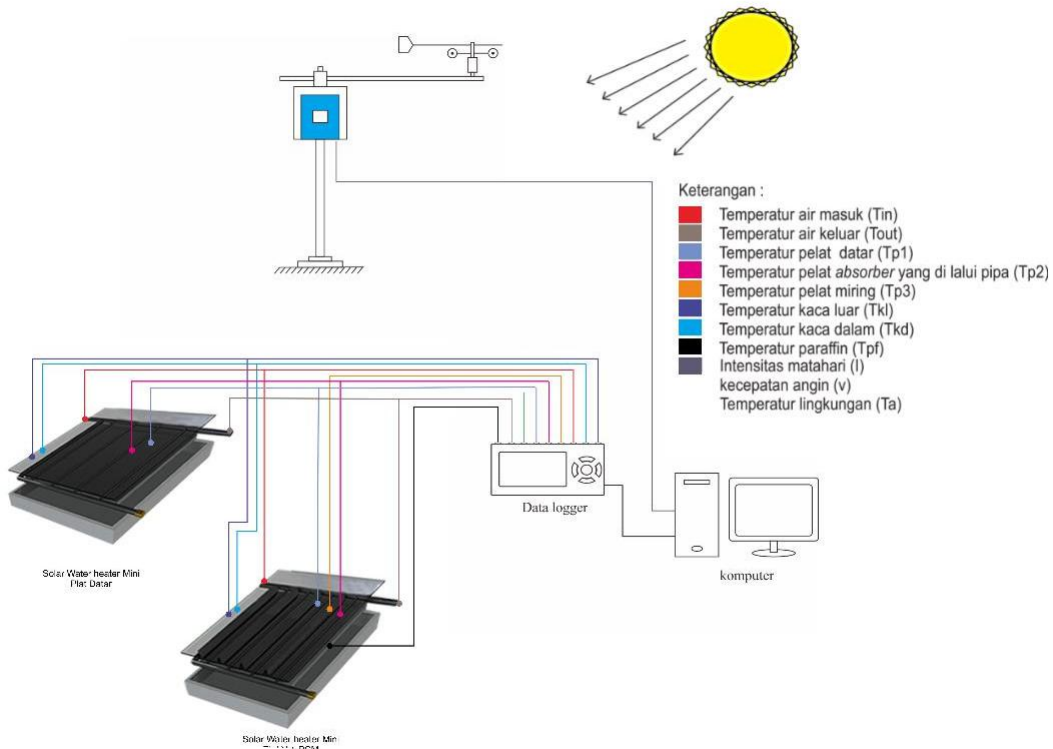


Keterangan	
Material Tangki	
Tabung	Stainless Steel 1mm
Cover	Aluminium 0.8 mm
Isolator	Busa Padat 10 mm
Inlet dan Ountlet	Pipa Stainless Steel ½"
Material Kolektor	
Plat Absorber	Aluminium 1 mm
Cover	Aluminium 0,8 mm
Inlet dan Outlet	Pipa Tembaga ½"
Isolator	Busa Padat 10 mm
PCM Storage	Paraffin Tebal 15mm
Kaca	Obscure/Buram tebal 5 mm
Sistem	
Kapasitas	25 Liter
Sistem Kerja	Termosiphon

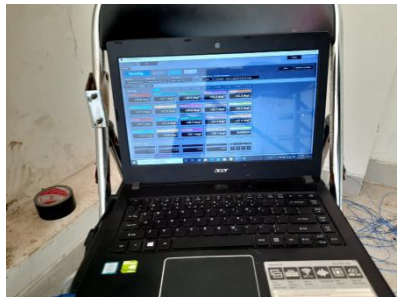


Pengujian sistem dengan variasi flowrate (0.5; 1 & 1.5 L/min)

Skema penelitian,

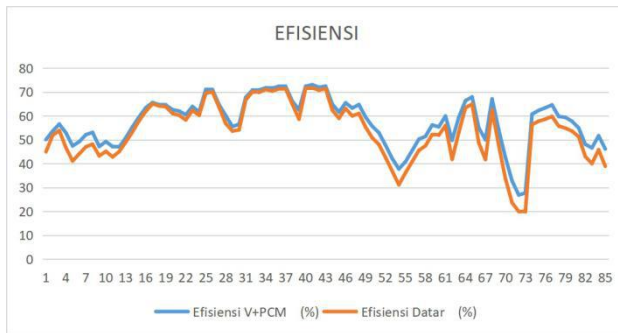


Pelaksanaan pengujian,

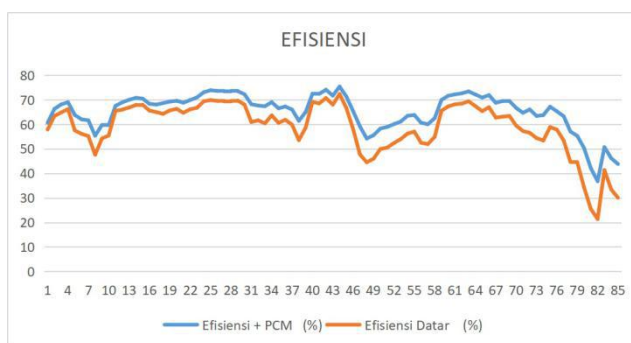


Hasil pengujian,

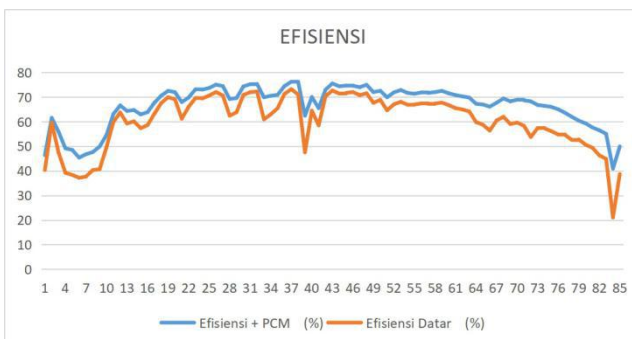
0.5 L/min



Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.64 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.



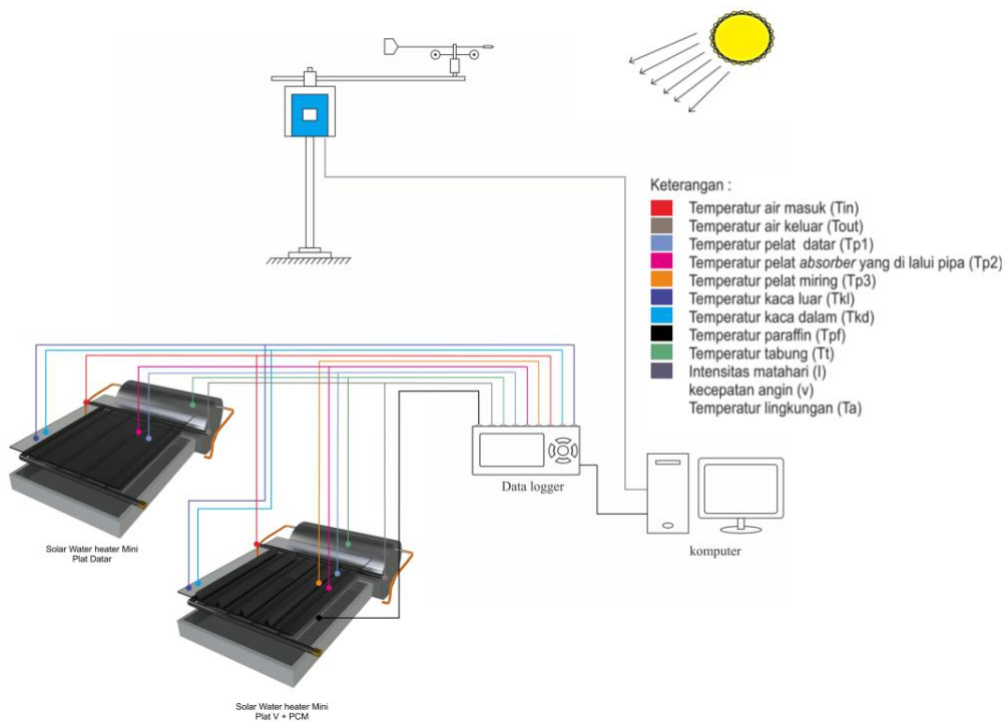
Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 6.32 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.



Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 6.29 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.

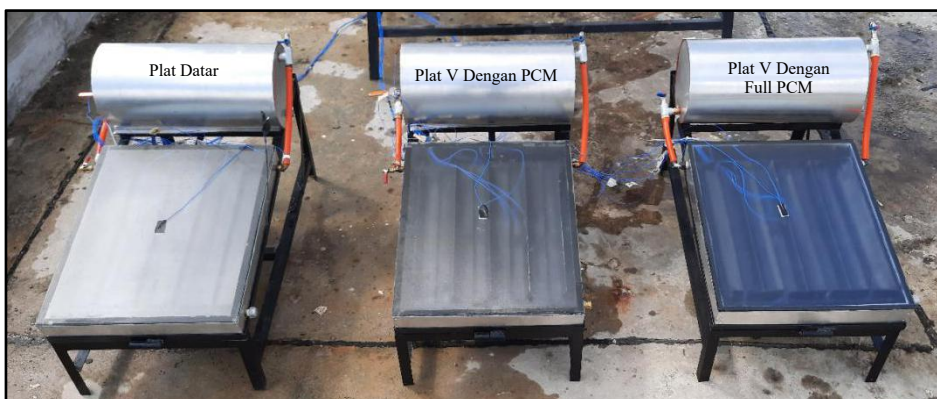
Pengujian sistem dengan termosiphon

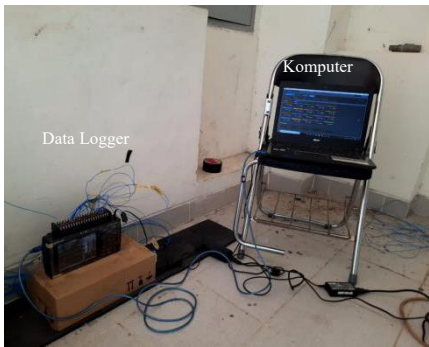
Skema penelitian,



Pelaksanaan pengujian,

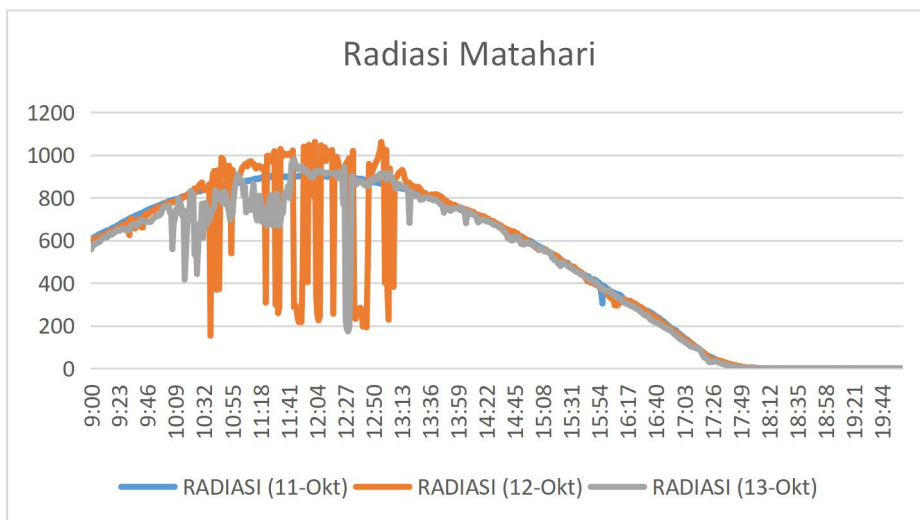
Sistem pemanas air dengan pelat absorber datar dan dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan PCM storage seperti pada gambar dibawah di uji secara simultan.





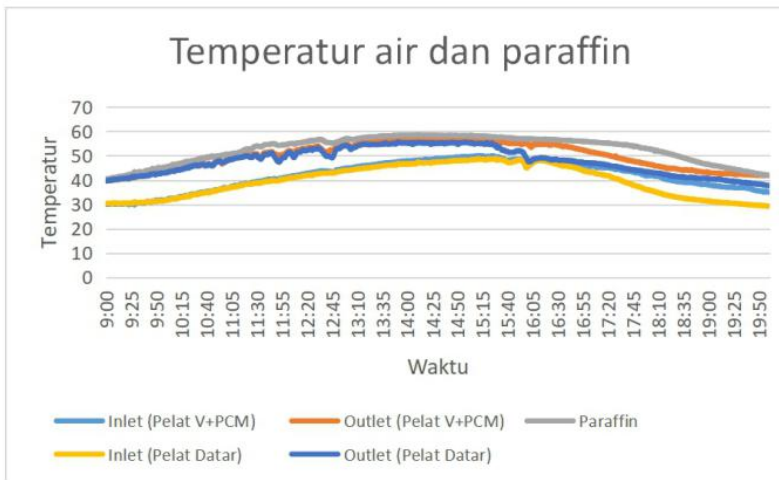
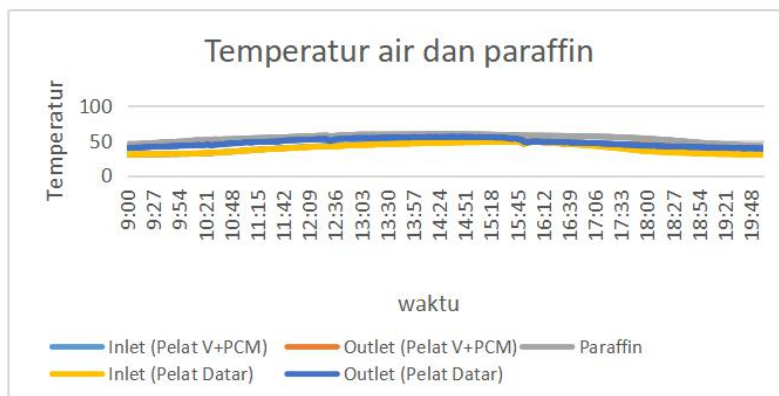
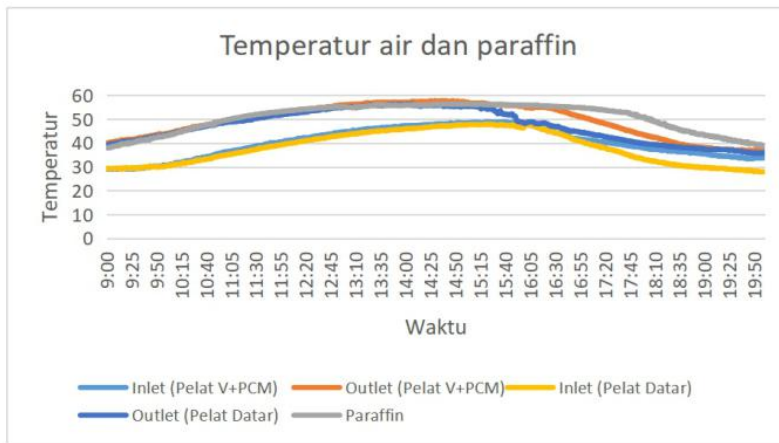
Hasil pengujian,

Intensitas matahari selama pengujian sebagai berikut:

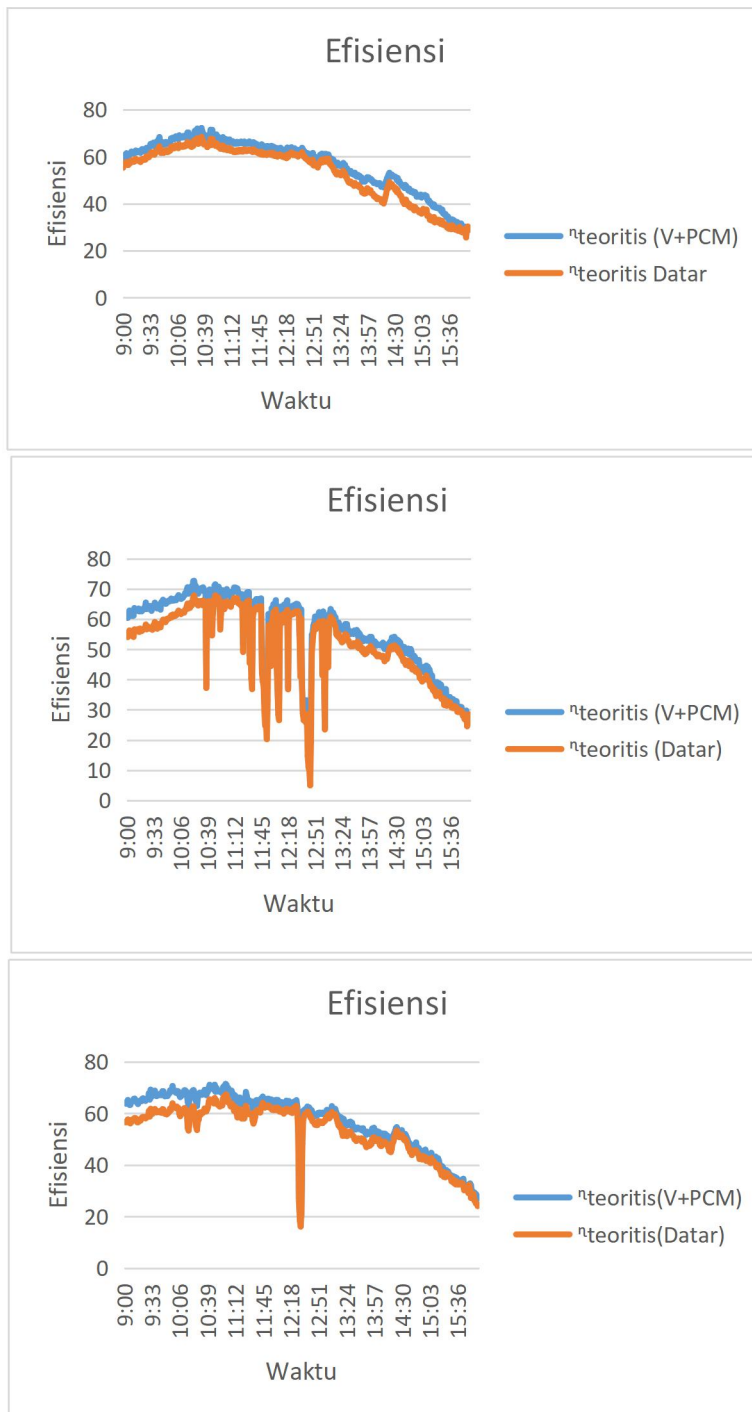


Gambar diatas menunjukkan intensitas matahari yang terjadi saat pengujian, nilai minimum intensitas matahari terjadi pada pagi dan sore hari. Pada tanggal 11 Oktober intensitas matahari dimulai pada nilai 608 W/m² pada pukul 9:00 kemudian terus merangkak naik hingga mencapai titik tertinggi yaitu 907 W/m² pada pukul 11:53, setelah melewati titik tertinggi intensitas matahari kemudian berangsur turun. Untuk tanggal 12 Oktober pada jam yang sama yaitu 9:00 nilai intensitas matahari adalah 598 W/m² dan titik tertinggi intensitas matahari mencapai 1061 W/m² pada pukul 12:56. Kemudian untuk tanggal 13 Oktober diawali pengukuran intensitas matahari dengan nilai 558 W/m² pada pukul 9:00 dan terus merangkak naik hingga mencapai titik maksimum yaitu 966 W/m² pada pukul 11.44.

Temperatur air dan paraffin,



Efisiensi,



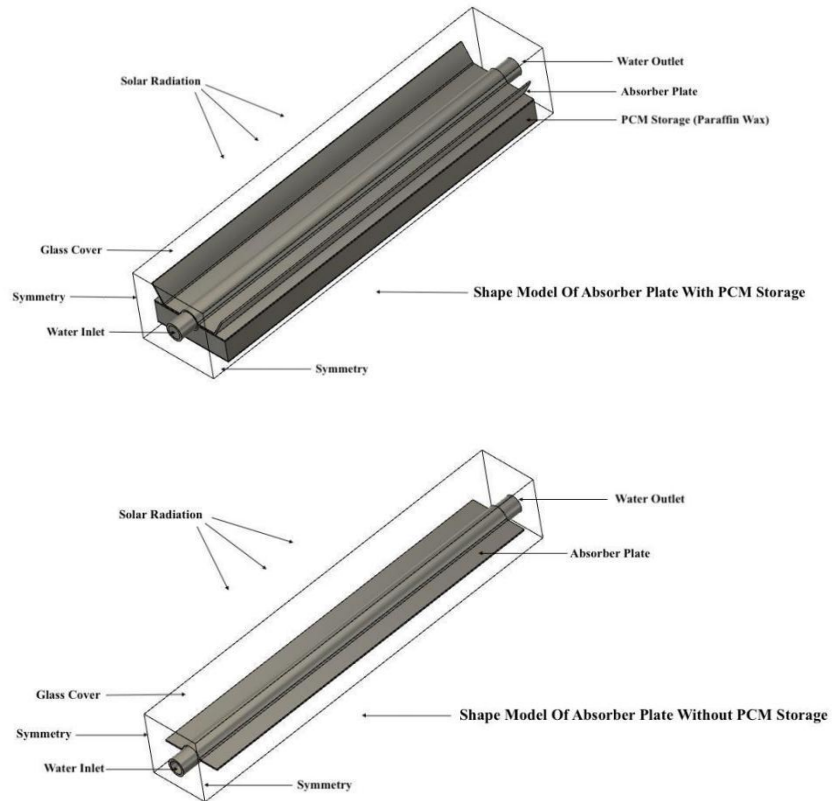
Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Efisiensi rata-rata untuk sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage adalah 56,54% dan efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari konvensional adalah 52,63%. Peningkatan efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.

3) Simulasi Numerik

Simulasi numerik dan eksperimental lapangan telah dilakukan di laboratorium. Simulasi numerik dilakukan untuk mendapatkan kondisi-kondisi terbaik dari rekayasa sistem penyerapan pelat absorber dengan PCM storage.

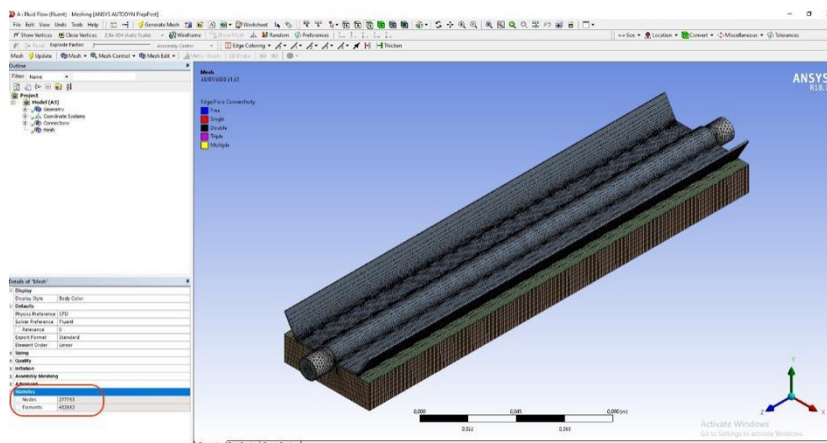
Beberapa hasil simulasi numerik antara lain:

Model Uji,

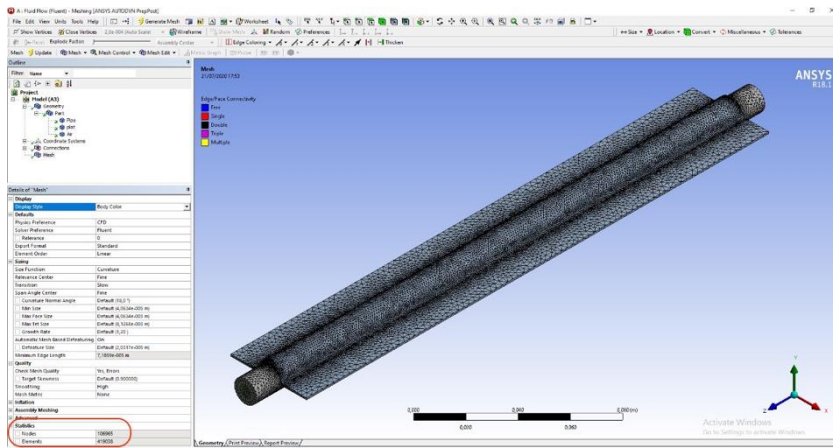


Simulasi numerik dilakukan dengan *CFD fluent software and geometry modeling software i.e. an ANSYS Fluent and Autodesk Fusion 360*. Untuk pengujian ini, intensitas radiasi matahari di set 400 W/m^2 , 700 W/m^2 , and 1000 W/m^2 .

Dua model pelat absorber yang telah di mesh meliputi: a) pelat absorber dengan PCM Storage dan b) pelat absorber tanpa PCM Storage diperlihatkan pada gambar berikut:

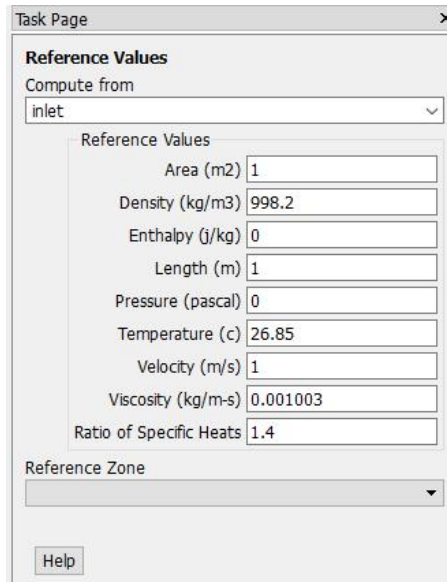


(a)

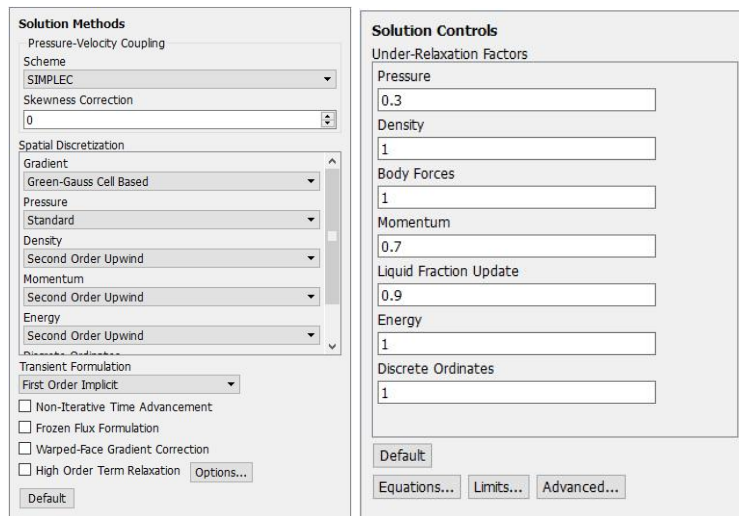


(b)

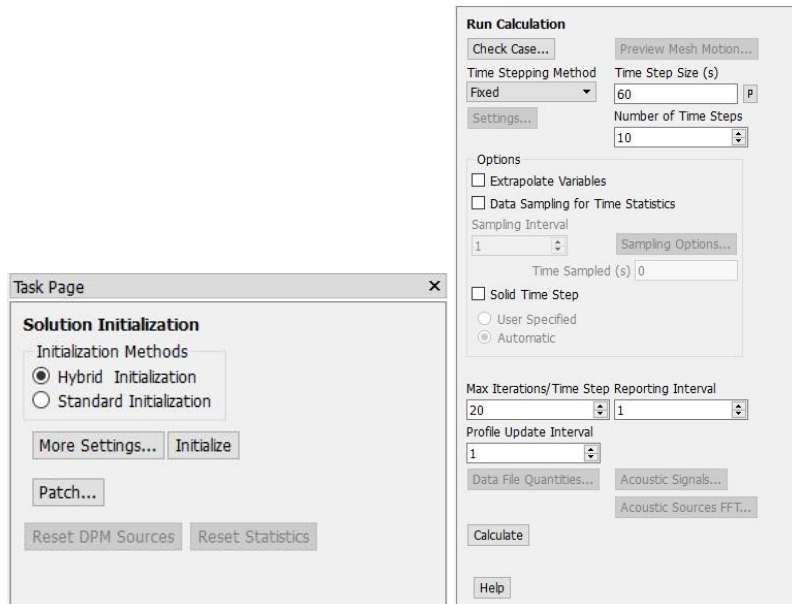
(a) A reference values



(b) A solution methods and a solution controls

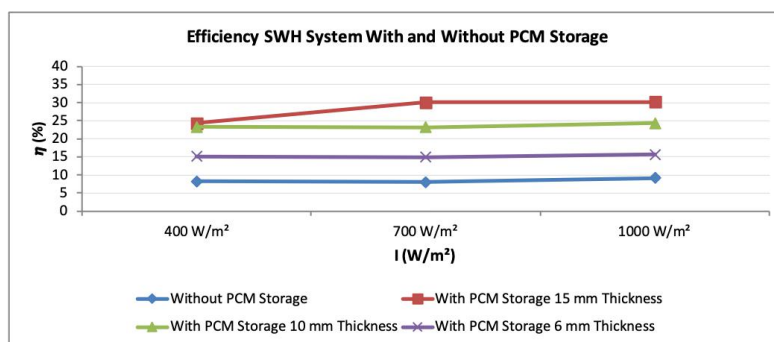
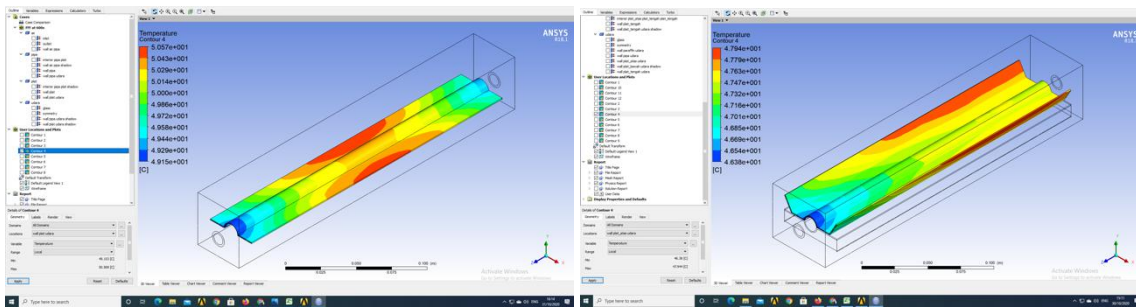


(c) The same initialization and run calculation processes



Hasil Simulasi,

Kontur temperatur dari pelat absorber dengan dan tanpa PCM storage diperlihatkan pada gambar berikut:



Publikasi Internasional,

Publikasi Internasional (Q1) telah dilakukan dan online pada 'International Journal on Engineering Applications (IREA)'

<https://www.praiseworthyprize.org/jsm/index.php?journal=irea&page=article&op=view&path%5B%5D=24232>

The screenshot shows the homepage of the International Journal on Engineering Applications (IREA). At the top, there is a navigation menu with links for HOME, PRAISE WORTHY PRIZE, ABOUT, USER HOME, PWP ONLINE, LIBRARY, CURRENT, ARCHIVES, ANNOUNCEMENTS, OTHER JOURNALS, DOWNLOAD ISSUES, and SUBMIT YOUR PAPER. The main header features the journal's logo and title. Below the header, there are several sections: 'Information' with links for Readers, Authors, and Reviewers; 'Font Size' and 'User' login options; 'Journal Metrics' showing Q1, SJR 2019 (0.48), and CiteScore (0.9); 'Editor-in-Chief' information for Prof. Qinghua Qin; 'Editorial Board'; 'Praise Worthy Papers' and 'Most Popular Papers' lists; and 'Journal Content' search and browse options. The page also includes logos for Crossref, iThenticate, and Scopus.

The screenshot displays the 'Table of Contents' for Volume 8, No 5 (2020) of the International Journal on Engineering Applications (IREA). The page lists several articles with their titles, authors, and page numbers. The articles are: 'Active Disturbance Rejection Control Strategy for Direct Power Control of a DFIG-Based Wind Turbine Connected to the Undisturbed Utility Grid' (165-177), 'Influence of Reynolds and Prandtl Numbers on Thin Film Condensation in Forced Convection in a Canal Covered with a Porous Material' (178-187), 'Performance Investigation of Solar Water Heating System with V-Shaped Absorber Plate Integrated PCM Storage' (188-193), and 'ISO Stress Analysis and Micro Geometry Corrections of Parallel Axis Gearbox Using Dontyne Systems Gear Production Suite' (194-201). The page also includes navigation links, a search bar, and logos for Crossref, iThenticate, and Simple Text Query.

Performance Investigation of Solar Water Heating System with V-Shaped Absorber Plate Integrated PCM Storage

Jalaluddin¹, Rustan Tarakka¹, Muhammad Rusman², Andi A. Mochtar¹

Abstract – The use of solar energy source using Solar Water Heating (SWH) system for hot water supply is increasing due to environmentally friendly technology. The increase of the application of solar energy equipment is beneficial for technology development related to the issue of sustainable energy and green energy buildings. This study develops a SWH system for hot water supply with modification of absorber plate. An integrated V-shaped absorber plate with phase change material (PCM) energy storage in the SWH system has been installed and its performance has been investigated experimentally. Two SWH systems consisting of V-shape absorber plate with and without PCM storage are built. The V-shape absorber plate is constructed and integrated with PCM storage in the system. The experimental tests of the two SWH systems using V-shaped absorber plate with and without PCM storage have been carried-out in the same operation time with various flowrates. The temperature of the paraffin has increased until the melting temperature and has decreased with the decrease of solar radiation in the afternoon. Paraffin as PCM storage contributes to increase the outlet water temperature. The results show that the average efficiency of the SWH system with PCM storage using paraffin is higher than the one of the SWH system without PCM storage. It has increased significantly of 20%, 14% and 13% with flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively. In addition, the characteristics of the PCM storage are shown clearly from 16:00 to 20:00 local time. After 16:00 local time, the storage energy can be a source of heat energy to heat the water up to the end of the day. Copyright © 2020 Praise Worthy Prize S.r.l. - All rights reserved.

Keywords: Solar Water Heater System, V-Shaped Absorber Plate, Phase Change Material (PCM), Efficiency

Nomenclature

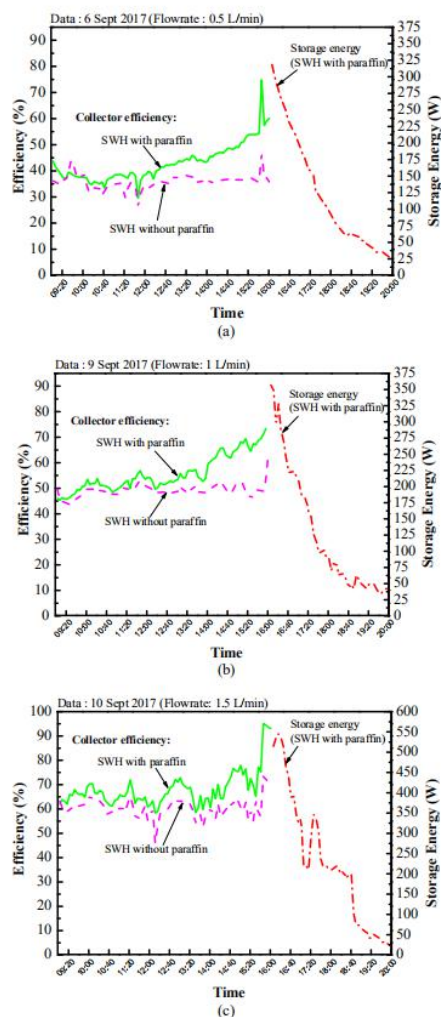
Q_u	Useful energy
\dot{m}	Mass flow rate
c_p	Specific heat
ΔT	Temperature difference
I_T	Solar radiation
A_c	Surface area
η	Collector efficiency
$Q_{u,s}$	Storage energy
β	Slope angle of plate
t, l	V-shaped dimension

I. Introduction

The focus on equipment that utilizes solar energy is increasing because this energy source is environmentally friendly with zero pollution and it is renewable [1]. Solar Water Heating (SWH) system as one of solar energy equipment is potentially developing in Indonesia for energy saving purpose especially for application in residential, commercial, and industrial buildings.

Researches on SWH system with flat-plate collector have been done to analyze its performance. Ayompe and Duffy [2] have investigated the thermal performance of

SWH system in temperate climate over a year. Jafarkazemi and Ahmadifard [3] have conducted an analysis of energy and exergy of flat-plate collector. In addition, Subiantoro and Tiow [4] have investigated the performances of flat-plate collector with 1 and 2 glass covers and Deng et al. [5] have applied a micro-channel heat pipe in the solar collector. Using material such as Copper and Aluminum provides a good performance of collector but they are expensive. The thermal performance of a parabolic trough concentrator (CCP) by using mathematical modelling and their respective simulations on ray optics and heat transfer have been investigated by Palacios et al. [6]. Solar water collector using Polymer has been studied by Mintsá Do Ango et al. [7] by numerical simulation in order to optimize the design of Polymer solar water heater. Yang et al. [8] have utilized ceramics from ordinary ceramic and V-Ti black ceramic for flat-plate solar collector integrated with building. The use of V-shape absorber plate on solar water heater collector has been tested experimentally and compared with the one of conventional flat-plate absorber. The absorptivity of the V-shaped plate absorber has been better than the flat-plate absorber but top energy losses also have increased. The performance of the collector with the V-shape absorber plate compared with the one of flat-plate absorber has



Figs. 7. Collector efficiency of SWH with V-shaped absorber plate with and without paraffin

VI. Conclusion

The development of SWH system using V-shaped absorber plate by modification of V-shaped absorber plate integrated with PCM storage using paraffin wax has been conducted. In order to analyze its performance, experimental tests of two SWH systems using V-shaped absorber plate with and without PCM storage have been carried out by operating both the SWH simultaneously in the same operation time with various flowrates.

The average collector efficiencies of SWH system with and without PCM storage from 09:00 to 16:00 local time with flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min have been presented.

The efficiencies of SWH with PCM storage are 43, 56 and 68% respectively. For SWH without Paraffin, the average efficiencies are 36, 49 and 60% respectively.

These results show an increase of collector efficiency due to the PCM storage of 20% (0.5 L/min), 14% (1 L/min) and 13% (1.5 L/min). The characteristics of the PCM storage are shown clearly from 16:00 to 20:00 local time. The average storage energies for the SWH system with PCM storage are 121, 127 and 225 W with flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively. The effect of PCM storage volume should be considered and it may become an interesting topic for further study.

Acknowledgements

This study was supported and financed by the Institute of Research and Community Services of Hasanuddin University and DIKTI (Directorate General of Higher Education of Indonesia).

References

- [1] ASHRAE, *ASHRAE Handbook: HVAC Applications* (SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329, 2011).
- [2] L.M. Ayompe, A. Duffy, Analysis of the thermal performance of a solar water heating system with flat plate collectors in a temperate climate, *Applied Thermal Engineering*, vol. 58, 2013, pp. 447-454.
- [3] F. Jafarkazemi, E. Ahmadifard, Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors, *Renewable Energy*, vol. 56, 2013, pp. 55-63.
- [4] A. Subiantoro, O.K. Tiow, Analytical models for the computation and optimization of single and double glazing flat plate solar collectors with normal and small air gap spacing, *Applied Energy*, vol. 104, 2013, pp. 392-399.
- [5] Y. Deng, Y. Zhao, W. Wang, Z. Quan, L. Wang, D. Yu, Experimental investigation of performance for the novel flat plate solar collector with micro-channel heat pipe array (MHPA-FPC), *Applied Thermal Engineering*, vol. 54, 2013, pp. 440-449.
- [6] Palacios, A., Amaya, D., Ramos, O., Thermal Performance Analysis of a CCP Collector Design Through the Parabolic Construction Geometry, (2018) *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 13 (4), pp. 316-324. doi: <https://doi.org/10.15866/iree.v13i4.15211>
- [7] A.C. Mintsas Do Ango, M. Medale, C. Abid, Optimization of the design of a polymer flat plate solar collector, *Solar Energy*, vol. 87, 2013, pp. 64-75.
- [8] Y. Yang, Q. Wanga, D. Xiu, Z. Zhao, Q. Sun, A building integrated solar collector: All-ceramic solar collector, *Energy and Buildings*, vol. 62, 2013, pp. 15-17.
- [9] Jalaluddin, E. Arief, R. Tarakka, Experimental Study of an SWH System with V-Shaped Plate, *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 8 n. 2, 2016, pp. 207-217.
- [10] S. Bouadila, M. Fteiti, M.M. Oueslati, A. Guizani, A. Farhat, Enhancement of latent heat storage in a rectangular cavity: Solar water heater case study, *Energy Conversion and Management*, vol. 78, 2014, pp. 904-912.
- [11] M.A. Fazilati, A.A. Alemrajabi, Phase change material for enhancing solar water heater, an experimental Approach, *Energy Conversion and Management*, vol. 71, 2013, pp. 138-145.
- [12] H.H. Al-Kayiem, S.C. Lin, Performance evaluation of a solar water heater integrated with a PCM nanocomposite TES at various

Performance Analysis Of Solar Water Heating System With Plate Collector Integrated Pcm Storage

A. Syahrinaldy Syahrudin^a, Jalaluddin^{b*}, Azwar Hayat^c

^aDepartment of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University. Email: a.syahrinaldy@gmail.com

^bDepartment of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University. Email: jalaluddin_had@yahoo.com

^cDepartment of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University. Email: azwarhayat@urhas.ac.id

Abstract

Availability of solar energy as a renewable energy source is very abundant and inexhaustible. Solar water heater is an equipment that utilizes solar energy as a source of energy. The thermal performance of a solar water heater system using absorber plate with phase change material (PCM) as thermal energy storage is presented in this study. Two design of solar water heater collectors with absorber plate variations, i.e. an absorber plate with PCM storage and absorber plate without PCM storage were investigated experimentally and numerically simulation. First, the material properties of paraffin wax as PCM storage was analyzed analytically. Every shape model of solar water heater systems were imported and simulated at three variations of constant solar radiation, i.e. 400 W/m², 700 W/m², and 1000 W/m². The simulation using a computational fluid dynamic (CFD) fluent software. The results showed that the average collector efficiency between absorber plate with and without PCM storage is 70.98 % using experimental study and 67.73 % using numerical simulation study.

Keywords: Solar Water Heater System; Phase Change Material (PCM); Computational Fluid Dynamic (CFD) Fluent

1. Introduction

Availability of solar energy as a renewable energy source is very abundant and inexhaustible. Solar water heater is an equipment that utilizes solar energy as a source of energy and has been used in various countries around the world. However, because there are still many shortcomings of existed solar water heater, various research on it were carried out. Research on solar water heating systems is considered very important because it is expected to be able to improve an efficiency and effectiveness of solar water heating technology. Previous research is experimental study of solar water heater system with V-shaped plate absorber [1], two solar water heater systems was installed and tested at a low flowrate of 0.5 L/min and a high flowrate of 2 L/min. The results showed that the solar water heater system with V-shaped plate absorber had a 3.6 - 4.4% better performance compare with that of the system with flat-plate absorber.

On another side, a high temperature on the V-shaped plate surface cause a heat losses to the collector surface become large too, so needed a thermal energy storage which is able to maximize performance of the solar collector. Experimental performance investigation of a solar phase change material (PCM) have been presented and discussed by Pisut Thantong [2] in tropical climate. The experiment has been proved that the solar phase change material is energy efficient in term of heat gain reduction and energy saving. Palacio [3] has been presented a comparative experimental analysis of a conventional flat plate solar collector and an identical prototype with thermal storage system by PCM and the

results indicate that the selection of the PCM and the contact conduction between the absorber and PCM are key factors to increase the collector performance respect to conventional flat plate solar collector.

Study towards improving charge/discharge rate of latent heat thermal energy storage have been studied by Yanping Du [4] has a result that the temperature of PCM-metal foams composit / case study of paraffin became more uniform, while the cold discharge rate was improved by approximately 8 times. Optimization of melting and solidification processes of PCM integrated collector storage solar water heater have been analyzed by Allouhi [5] with result optimize obtained when a mass flow rate of 0.0015 kg/s is used with a PCM thickness of 0.01 m and set temperature of 313 K.

Study about simulated solar water heater have been investigated by Badiei and Eslami [6] with solar flat plate collector integrated with a layer of PCM and the resulting temperature distributions are analyzed during two different summer and winter days in Shiraz, Iran. Results show that although the system with PCM has lower output temperatures in the morning, hot water can be supplied in a longer duration in the evening while discharging.

In this study a solar water heater which integrated a PCM storage as a thermal energy storage (TES) with thermosyphon system was simulated and investigated experimentally. Two modeling of solar water heater systems with two different heat collectors, i.e. an absorber plate with and without PCM storage was modeled and their performances were simulated numerically.

Desain Industri

'Pelat Absorber Berbentuk V dengan Penyimpanan Termal Bahan Berubah Fase'

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN DESAIN INDUSTRI APPLICATION FORM OF INDUSTRY DESIGN REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: A00201903964	Tanggal Penerimaan <i>Receipt Date</i>	: 03-DEC-19
Jenis Permohonan <i>Type of Application</i>	: Satu Desain industri		
Judul <i>Title</i>	: PELAT ABSORBER BERBENTUK V DENGAN PENYIMPANAN TERMAL BAHAN BERUBAH FASE		

Pemohon (<i>Applicant</i>)		
Nama <i>(Name)</i>	Alamat <i>(Address)</i>	Surel/Telp <i>(Email/Phone)</i>
LPPM UNIVERSITAS HASANUDDIN	JL. PERINTIS KEMERDEKAAN Km. 10, TAMALANREA, MAKASSAR	pusathaki@yahoo.com 0411588888

Pendesain (<i>Designer</i>)	
Nama <i>(Name)</i>	Kewarganegaraan <i>(Citizen)</i>
Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT	Indonesia
Dr. Rustan Tarakka, ST., MT	Indonesia
Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT	Indonesia
Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc	Indonesia

Data Prioritas (<i>Priority Data</i>)		
Negara <i>(Country)</i>	Nomor <i>(Number)</i>	Tanggal <i>(Date)</i>

Kuasa/Konsultan KI (<i>Representative/ IP Consultant</i>)		
Nama <i>(Name)</i>	Alamat <i>(Alamat)</i>	Surel/Telp. <i>(Email/Phone)</i>

Dokumen (<i>Documents</i>)	
Gambar atau Foto Desain Industri	<input checked="" type="checkbox"/>
Uraian Desain Industri	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Perspektif	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Atas	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Bawah	<input type="checkbox"/>
Tampak Depan	<input checked="" type="checkbox"/>

Tampak Belakang	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Samping Kiri	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Samping Kanan	<input checked="" type="checkbox"/>
Gambar Lainnya	<input type="checkbox"/>
Surat Kuasa	<input type="checkbox"/>
Surat Pernyataan Pengalihan Hak	<input checked="" type="checkbox"/>
Bukti Pemilikan Hak atas Desain	<input checked="" type="checkbox"/>
Surat Keterangan UMKM	<input checked="" type="checkbox"/>
Dokumen Prioritas	<input type="checkbox"/>
Dokumen Lainnya	<input type="checkbox"/>

Jakarta, 28 November 2019
Permohonan / Kuasa
Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap Pemohon/ *Fullname*

SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN DESAIN INDUSTRI

Yang bertanda tangan di bawah ini : 1. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT
2. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT
3. Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT.
4. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc.

Kewarganegaraan : Indonesia

Badan Hukum menurut undang-undang negara : Indonesia

Alamat : Jl. Sunu Komp Unhas AX 15 RT: 002, RW: 003,
Kelurahan Kalukuang, Kecamatan Tallo,
Kota Makassar, 90214, Provinsi Sulawesi Selatan

Dengan ini menyatakan bahwa

1. Desain industri berjudul "**Pelat Absorber Berbentuk V dengan Penyimpanan Termal Bahan Berubah Fase**" adalah milik saya/kami, dimana desain industri tersebut adalah desain yang memiliki kebaruan dan tidak sama dengan pengungkapan desain industri sebelumnya.
2. Desain industri pada angka 1 tersebut di atas tidak pernah dan tidak dalam sengketa, baik pidana dan/atau perdata di pengadilan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 8 November 2019



1. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT

2. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT

3. Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT.

4. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc.

Desain Industri
'Pemanas Air Mini Tenaga Matahari'

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN DESAIN INDUSTRI
APPLICATION FORM OF INDUSTRY DESIGN REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan	
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: A00201903862 Tanggal Penerimaan <i>Receipt Date</i> : 26-NOV-19
Jenis Permohonan <i>Type of Application</i>	: Satu Desain industri
Judul <i>Title</i>	: Pemanas Air Mini Tenaga Matahari

Pemohon (<i>Applicant</i>)		
Nama <i>(Name)</i>	Alamat <i>(Addresss)</i>	Surel/Telp <i>(Email/Phone)</i>
LPPM UNIVERSITAS HASANUDDIN	JL. PERINTIS KEMERDEKAAN Km. 10, TAMALANREA, MAKASSAR	pusathaki@yahoo.com 0411588888

Pendesain (<i>Designer</i>)	
Nama <i>(Name)</i>	Kewarganegaraan <i>(Citizen)</i>
Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT	Indonesia
Dr. Rustan Tarakka, ST., MT	Indonesia
Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT	Indonesia
Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc	Indonesia

Data Prioritas (<i>Priority Data</i>)		
Negara <i>(Country)</i>	Nomor <i>(Number)</i>	Tanggal <i>(Date)</i>

Kuasa/Konsultan KI (<i>Representative/ IP Consultan</i>)		
Nama <i>(Name)</i>	Alamat <i>(Alamat)</i>	Surel/Telp. <i>(Email/Phone)</i>

Dokumen (<i>Documents</i>)	
Gambar atau Foto Desain Industri	<input checked="" type="checkbox"/>
Uraian Desain Industri	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Perspektif	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Atas	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Bawah	<input type="checkbox"/>
Tampak Depan	<input checked="" type="checkbox"/>

Tampak Belakang	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Samping Kiri	<input checked="" type="checkbox"/>
Tampak Samping Kanan	<input checked="" type="checkbox"/>
Gambar Lainnya	<input type="checkbox"/>
Surat Kuasa	<input type="checkbox"/>
Surat Pernyataan Pengalihan Hak	<input checked="" type="checkbox"/>
Bukti Pemilikan Hak atas Desain	<input checked="" type="checkbox"/>
Surat Keterangan UMKM	<input checked="" type="checkbox"/>
Dokumen Prioritas	<input type="checkbox"/>
Dokumen Lainnya	<input checked="" type="checkbox"/>

Jakarta, 26 November 2019
Permohonan / Kuasa
Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap Pemohon/ Fullname

SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN DESAIN INDUSTRI

Yang bertanda tangan di bawah ini : 1. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT
2. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT
3. Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT.
4. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc.

Kewarganegaraan : Indonesia

Badan Hukum menurut undang-undang negara : Indonesia

Alamat : Jl. Sunu Komp Unhas AX 15 RT: 002, RW: 003,
Kelurahan Kalukuang, Kecamatan Tallo,
Kota Makassar, 90214, Provinsi Sulawesi Selatan

Dengan ini menyatakan bahwa

1. Desain industri berjudul 'Pemanas Air Mini Tenaga Matahari' adalah milik saya/kami, dimana desain industri tersebut adalah desain yang memiliki kebaruan dan tidak sama dengan pengungkapan desain industri sebelumnya.
2. Desain industri pada angka 1 tersebut di atas tidak pernah dan tidak dalam sengketa, baik pidana dan/atau perdata di pengadilan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 8 November 2019



1. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT

2. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT

3. Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT.

4. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc.

Patent Sederhana (Terlampir)

‘Pemanas Air Tenaga Matahari dengan Pelat Absorber V Terintegrasi dengan Penyimpanan Termal Bahan Berubah Fase’

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Lauran berupa prototipe sistem pemanas air telah sedang dilakukan pengujian di Laboratorium Energi Terbarukan Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Kampus Gowa. Status luaran sebagai berikut:

- 1) Prototipe sistem pemanas air.
- 2) Publikasi internasional pada 'International Journal on Engineering Applications (IREA)'.
- 3) Publikasi pada jurnal 'Performance Analysis of Solar Water Heating System with Plate Collector Integrated PCM Storage' (EPI International Journal of Engineering).
- 4) Desain Industri 'Pelat Absorber Berbentuk V dengan Penyimpanan Termal Bahan Berubah Fase' (A00201903964)
- 5) Desain Industri 'Pemanas Air Mini Tenaga Matahari' (A00201903862)
- 6) Paten Sederhana 'Pemanas Air Tenaga Matahari dengan Pelat Aborber V dan Penyimpanan Termal Bahan Berubah Fase' (Draft)

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Mitra dalam hal ini, PT Jaya Duta Indonesia selaku produsen Solar Water Heater telah memberikan masukan tentang pengujian produk Solar Water Heater. Hasil-hasil pengujian didiskusikan ke pihak mitra.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Beberapa kendala yang dihadapi adalah:

- 1) Pelaksanaan penelitian meliputi konstruksi hasil modifikasi dan pengujian prototipe mengalami keterlambatan karena beberapa aturan pembatasan akses ke laboratorium terkait covid-19.
- 2) Pengujian sistem pemanas air diperlukan lebih banyak untuk melihat dari berbagai kondisi aplikasi lingkungan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Pengujian sistem pemanas air telah dilakukan pada beberapa kondisi meliputi pengujian dengan variasi flowrate dan pengujian dengan sistem termosiphon. Simulasi numerik juga telah dilakukan untuk optimalisasi sistem pemanas air. Hasil-hasil pengujian akan digunakan untuk mendukung dalam dokumen hak kekayaan intelektual.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Jalaluddin, Arief, E., Tarakka, R., 2015, Analisis Performansi Kolektor Surya Pemanas Air Dengan Pelat Kolektor Bentuk-V, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), Banjarmasin, 7-8 Oktober 2015.
2. Jalaluddin, Arief, E., Tarakka, R., 2016, Experimental Study of an SWH System with V-Shaped Plate, J. Eng. Technol. Sci., Vol. 8, No. 2, 207-217.
3. Ibrahim, A. F., Jalaluddin, Djafar, Z., 2018, Thermal Characteristics of Flat Plate Collector Serpentine Model of Solar Water Heating System (*unpublished*).
4. ASHRAE, 2011, ASHRAE Handbook: HVAC Applications, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329.
5. Mumma, S. A., 2011, Over Thirty Years of Experience with Solar Thermal Water Heating, ASHRAE Transactions. Vol. 117 Issue 1, p 57-63.
6. Ayompe, L.M., Duffy, A., 2013, Analysis of the thermal performance of a solar water heating system with flat plate collectors in a temperate climate, Applied Thermal Engineering 58: 447-454.
7. Subiantoro, A., Tiow, O. K., 2013, Analytical models for the computation and optimization of single and double glazing flat plate solar collectors with normal and small air gap spacing, Applied Energy 104 : 392–399.
8. Eismann, R., Prasser, H.M., 2013, Correction for the absorber edge effect in analytical models of flat plate solar collectors, Solar Energy 95: 181–191.
9. Jafarkazemi, F., Ahmadifard, E., 2013, Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors, Renewable Energy 56: 55-63.
10. Deng, Y., Zhao, Y., Wang, W., Quan, Z., Wang, L., Yu, D., 2013, Experimental investigation of performance for the novel flat plate solar collector with micro-channel heat pipe array (MHPA-FPC), Applied Thermal Engineering 54: 440-449.
11. Chong, K.K., Chay, K.G., Chin, K.H., 2012, Study of a solar water heater using stationary V-trough collector, Renewable Energy 39: 207-215.
12. Bouadila, S., Fteiti, M., Oueslati, M. M., Guizani, A., Farhat, A., 2013, Enhancement of latent heat storage in a rectangular cavity: Solar water heater case study, Energy Conversion and Management xxx, xxx–xxx
13. Fazilati, M. A., Alemrajabi, A. A., 2013, Phase change material for enhancing solar water heater, an experimental Approach, Energy Conversion and Management 71, 138–145.
14. Al-Kayiem, H. H., Lin, S. C., 2014, Performance evaluation of a solar water heater integrated with a PCM nanocomposite TES at various inclinations, Solar Energy 109, 82–92.
15. Mahfuz, M.H., Anisur, M.R., Kibria, M.A., Saidur, R., Metselaar, I.H.S.C., 2014, Performance investigation of thermal energy storage system with Phase Change Material (PCM) for solar water heating application, International Communications in Heat and Mass Transfer 57, 132–139.
16. Shalaby, S.M., El-Bialy, E., El-Sebaili, A.A., 2016, An experimental investigation of a v-corrugated absorber single-basin solar still using PCM, Desalination 398, 247–255.
17. Wang, Z., Qiu, F., Yang, W., Zhao, X., 2015, Applications of solar water heating system with phase change material, Renewable and Sustainable Energy Reviews 52, 645–652.
18. Halim, A., Jalaluddin, Mochtar, A. A. and Arif, E., 2020, Performance investigation of solar water heating system integrated with PCM storage, J. Mech. Eng. Res. Dev. 43 (3), 291–300, 2020.
19. Jalaluddin, Tarakka, R., Rusman, M. and Mochtar, A.A., 2020, Performance Investigation of Solar Water Heating System with V-Shaped Absorber Plate Integrated PCM Storage, International Journal on Engineering Applications 8 (5), 188-193.

JUDUL INVENSI

**PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER BERBENTUK
V TERINTEGRASI DENGAN PENYIMPANAN TERMAL BAHAN BERUBAH FASE**

5

INVENTOR :

Jalaluddin

Rustan Tarakka

10 Muhammad Rusman

Andi Amijoyo Mochtar

Muhammad Anis Ilahi Rahmadhani

ALAMAT INVENTOR :

15 Jl. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171, Indonesia

Deskripsi**PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER BERBENTUK V TERINTEGRASI DENGAN PENYIMPANAN TERMAL BAHAN BERUBAH FASE**

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan suatu pemanas air tenaga matahari model baru khususnya pada pelat absorber sebagai penyerap energi matahari yaitu pelat absorber berbentuk V yang terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase. Pelat absorber berbentuk V digunakan untuk memperbesar penyerapan energi matahari. Penyimpanan termal dibuat menyatu dengan pelat absorber berbentuk V untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut.

Latar Belakang Invensi

Pemanas air tenaga matahari merupakan salah satu teknologi kunci dalam aplikasi bangunan ramah lingkungan. Pengembangan pemanas air tenaga matahari di Indonesia sangat potensial untuk penghematan energi khususnya pada perumahan, bangunan komersial dan industri. Salah satu keberhasilan dalam sistem pemanas air tenaga matahari adalah adalah efisiensi sistem yang tinggi sehingga energi panas matahari dapat diserap sebanyak-banyaknya. Peningkatan efisiensi sistem akan sangat bermanfaat dalam aplikasi karena akan meningkatkan jumlah produksi air panas dan disisi lain, ukuran kolektor dapat diperkecil untuk penggunaan pada perumahan dan industri dengan kapasitas yang sama. Prinsip kerja dari sistem pemanas air tenaga matahari adalah energi panas matahari diserap oleh pelat absorber yang selanjutnya energi panas tersebut dipindahkan ke air yang mengalir dalam pipa-pipa. Besarnya energi panas yang diserap oleh kolektor dan air panas yang dihasilkan merupakan indikator keunggulan dari suatu sistem pemanas air tenaga matahari.

Beberapa modifikasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dari alat pemanas air tenaga matahari. Salah satu yang dapat dilakukan adalah modifikasi pelat absorber pada pemanas air tenaga matahari tersebut. Rekayasa teknologi dan inovasi pelat absorber telah dilakukan dengan pelat absorber berbentuk V digunakan untuk memperbesar penyerapan energi matahari dan penyimpanan termal dibuat menyatu dengan pelat absorber berbentuk V untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut. Inovasi pelat absorber ini menghasilkan peningkatan efisiensi termal dari sistem pemanas air tenaga matahari secara signifikan dan mengurangi kehilangan energi ke permukaan kolektor.

Invensi yang dikemukakan dengan nomor CN204141868U dengan judul penyimpanan panas berubah fase pada kolektor matahari. Invensi tersebut berkaitan dengan material penyimpan energi dari perubahan fase dalam lapisan tabung kaca vakum pada pemanas energi matahari.

Invensi yang dikemukakan oleh Zakhidov et.al dengan nomor US20150040887A1 dengan judul integrasi bahan berubah fase pada kolektor tabung evakuasi untuk penyimpanan dan perpindahan panas. Invensi tersebut berkaitan dengan penggunaan bahan berubah fase pada pemanas air tenaga matahari tipe tabung evakuasi.

Paten-paten diatas merupakan inovasi pemanas air tenaga matahari. Modifikasi dilakukan melalui penggunaan bahan berubah fase sebagai penyimpan energi. Pada inovasi kami pemanas air tenaga matahari dilakukan modifikasi pada pelat absorber yang berfungsi untuk menyerap energi matahari secara maksimal dengan pelat absorber berbentuk V dan mengintegrasikan dengan penyimpanan termal bahan berubah fase sebagai penyimpan energi untuk mengurangi kehilangan energi kepermukaan kolektor.

Ringkasan Invensi

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah peningkatan efisiensi alat pemanas air tenaga matahari dengan inovasi pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase. Dengan pelat absorber berbentuk V tersebut, energi panas matahari dapat diserap dengan sangat efektif. Absorptivitas dari pelat absorber berbentuk V dapat mencapai 0.975. Energi matahari yang mengenai pelat absorber dapat diserap secara maksimal. Besarnya energi yang diserap mengakibatkan temperatur pelat juga meningkat sehingga kehilangan energi ke permukaan kolektor juga meningkat. Penggunaan penyimpanan termal bahan berubah fase yang terintegrasi dengan pelat absorber akan berfungsi sebagai penyimpan energi sehingga mengurangi kehilangan energi ke permukaan. Penggunaan pelat absorber berbentuk V dengan penyimpanan termal bahan berubah fase akan meningkatkan efisiensi pemanas air tenaga matahari sebesar 4 - 6 % dibandingkan dengan pemanas air tenaga matahari konvensional yang menggunakan pelat absorber datar. Peningkatan efisiensi akan sangat bermanfaat dalam aplikasi karena akan meningkatkan jumlah produksi air panas dan disisi lain, ukuran kolektor dapat diperkecil untuk penggunaan pada perumahan dan industri dengan kapasitas yang sama.

Uraian Singkat Gambar

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya akan diuraikan perwujudan invensi melalui gambar-gambar terlampir.

Gambar 1, adalah potongan melintang pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase sesuai dengan invensi ini.

Gambar 2, adalah tampak atas dan samping dari pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase sesuai dengan invensi ini.

Gambar 3, adalah pemanas air tenaga matahari yang menggunakan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase.

Uraian Lengkap Invensi

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa salah satu keberhasilan dalam sistem pemanas air tenaga matahari adalah efisiensi sistem yang tinggi sehingga energi panas matahari dapat diserap sebanyak-banyaknya. Peningkatan efisiensi sistem akan sangat bermanfaat dalam aplikasi karena akan meningkatkan jumlah produksi air panas dan disisi lain, ukuran kolektor dapat diperkecil untuk penggunaan pada perumahan dan industri dengan kapasitas yang sama.

Mengacu pada Gambar 1, yang memperlihatkan suatu pelat absorber berbentuk V dengan dimensi khusus terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase. Pelat absorber berbentuk V ini dengan dimensi khusus merupakan bentuk yang paling optimal. Pelat absorber berbentuk V tersebut akan menyerap energi panas matahari dengan absorptivitas dapat mencapai 0.975. Besarnya penyerapan energi tersebut karena energi panas matahari yang mengenai pelat absorber berbentuk V akan menyebabkan pemantulan sinar matahari berulang-ulang dan meminimalkan pemantulan sinar matahari ke permukaan kolektor sehingga sinar matahari yang mengenai pelat absorber dapat ditangkap dan diserap secara optimal. Penyimpanan termal dengan bahan berubah fase akan membantu menyimpan energi panas matahari yang diserap oleh pelat absorber sehingga mengurangi kerugian energi panas yang hilang ke permukaan kolektor dan meningkatkan jumlah panas yang dipindahkan ke air sehingga produksi air panas menjadi lebih besar.

Gambar 2 memperlihatkan tampak atas dan samping dari pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase.

Gambar 3 memperlihatkan pemanas air tenaga matahari sistem termoshipon yang telah menggunakan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan
5 berubah fase.

Pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal berubah fase merupakan model baru yang telah diuji baik dengan variasi flowrate dan juga secara termosiphon di lingkungan
10 yang sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan dengan pemanas air tenaga matahari konvensional yang menggunakan pelat absorber datar. Kedua pemanas air tenaga matahari tersebut diuji secara simultan dan selanjutnya, efisiensi kedua alat tersebut
15 diperbandingkan. Hasilnya menunjukkan bahwa pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal berubah fase mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dari pemanas air konvensional yang menggunakan pelat absorber datar.
20 Efisiensi pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V dengan penyimpanan termal berubah fase lebih tinggi sebesar 3.64 % (0.5 L/min); 6.32 % (1 L/min) dan 6.29 % (L/min) dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Pada pengujian dengan sistem termoshipon,
25 efisiensi pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal berubah fase lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pelat absorber berbentuk V dengan penyimpanan
30 termal bahan berubah fase akan meningkatkan efisiensi pemanas air tenaga matahari sebesar 4 - 6 % dibandingkan dengan pemanas air tenaga matahari konvensional yang menggunakan pelat absorber datar.

Klaim

1. Pelat penyerap berbentuk V dengan dimensi khusus seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Bentuk merupakan bentuk pelat bergelombang yang spesifik yang menangkap energi panas matahari dan menyerapnya secara optimal.
2. Penyimpanan termal bahan berubah fase yang ditempatkan di bawah pelat absorber serta terintegrasi dengan pelat penyerap tersebut. Sistem ini membantu menyimpan energi panas matahari yang diserap oleh pelat absorber sehingga mengurangi kerugian energi panas yang hilang ke permukaan kolektor. Sistem ini juga akan meningkatkan efisiensi kolektor secara signifikan.
3. Pemanas air tenaga matahari yang menggunakan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase.

20

25

30

35

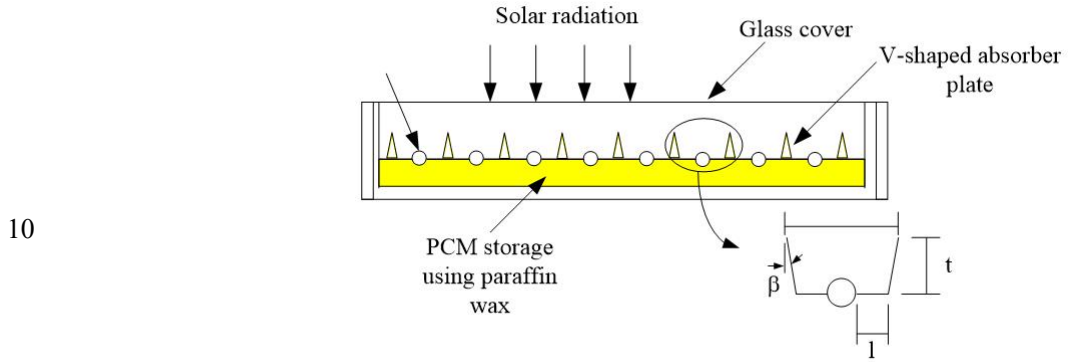
**PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER BERBENTUK
5 V TERINTEGRASI DENGAN PENYIMPANAN TERMAL BAHAN BERUBAH FASE**

Invensi ini berhubungan dengan suatu pemanas air tenaga matahari model baru khususnya pada pelat absorber sebagai penyerap energi matahari yaitu pelat absorber berbentuk V yang terintegrasi dengan penyimpanan termal 10 bahan berubah fase. Pelat absorber berbentuk V digunakan untuk memperbesar penyerapan energi matahari. Penyimpanan termal dibuat menyatu dengan pelat absorber berbentuk V untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut.

Pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal berubah fase mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dari pemanas air konvensional yang menggunakan pelat absorber datar. Pada pengujian dengan variasi flowrate, efisiensi pemanas air 20 tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V dengan penyimpanan termal berubah fase lebih tinggi sebesar 3.64 % (0.5 L/min); 6.32 % (1 L/min) dan 6.29 % (L/min) dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Pada pengujian dengan sistem termoshapon, efisiensi pemanas air 25 tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan penyimpanan termal berubah fase lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pelat absorber berbentuk V dengan penyimpanan termal bahan 30 berubah fase akan meningkatkan efisiensi pemanas air tenaga matahari sebesar 4 - 6 % dibandingkan dengan pemanas air tenaga matahari konvensional yang menggunakan pelat absorber datar

Gambar 1

5



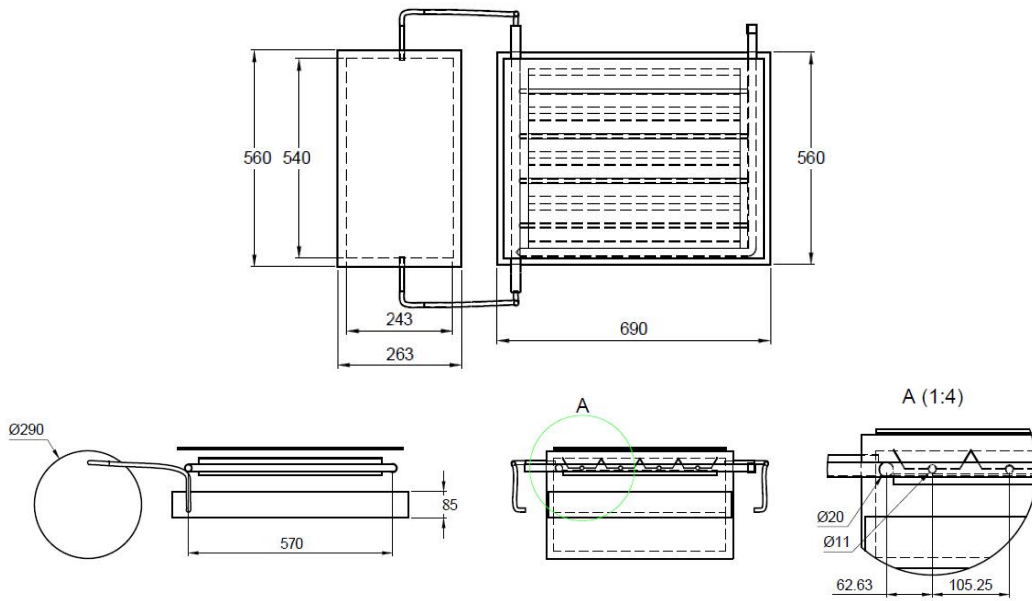
10

15

Gambar 2

20

25



30

35

Gambar 3

5

10

15

20



Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Dokumentasi hasil uji coba produk

Target: Ada

Dicapai: Tersedia

Dokumen wajib diunggah:

1. Dokumentasi (foto) Pengujian Produk
2. Dokumen Deskripsi dan Spesifikasi Produk
3. Dokumen Hasil Uji Coba Produk

Dokumen sudah diunggah:

1. Dokumen Deskripsi dan Spesifikasi Produk
2. Dokumen Hasil Uji Coba Produk
3. Dokumentasi (foto) Pengujian Produk

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Nama Produk: SISTEM PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER BERBENTUK V TERINTEGRASI DENGAN PENYIMPANAN TERMAL BERUBAH FASE

Tgl. Pengujian: 11 Oktober 2020

Link Dokumentasi: <https://youtu.be/lp5YV0HsYkU>

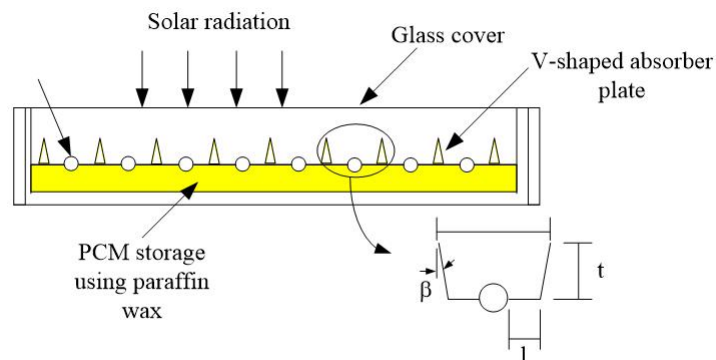


**SISTEM PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER
BERBENTUK V TERINTEGRASI DENGAN PENYIMPANAN TERMAL
BERUBAH FASE**

Deskripsi dan spesifikasi produk

Deskripsi :

Alat ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari produk sistem pemanas air tenaga matahari pada umumnya. Dimana pada alat ini menggunakan pelat absorber berbentuk V yang terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase. Penyimpanan termal dibuat menyatu dengan pelat absorber berbentuk V untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut.



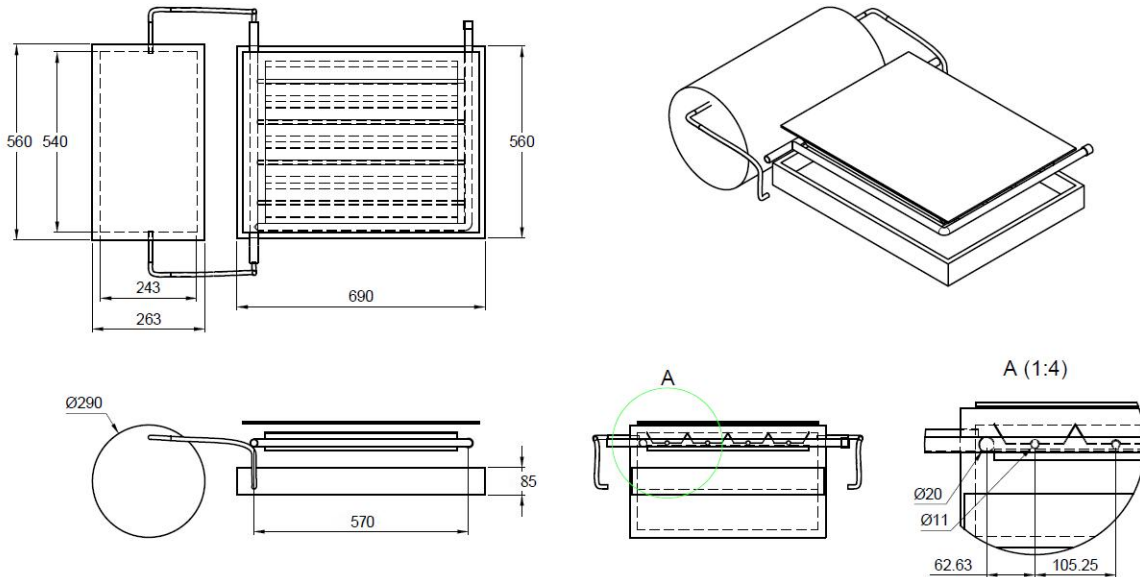
Pelat absorber berbentuk V dengan dimensi khusus terintegrasi dengan penyimpanan termal bahan berubah fase





**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Spesifikasi Produk :

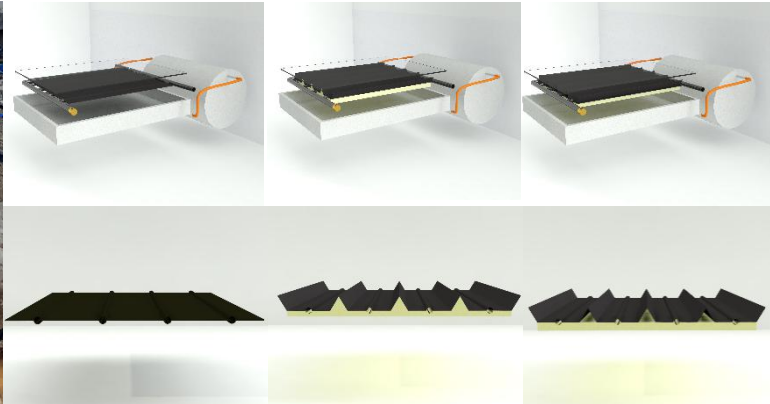


NB : Satuan Dalam Millimeter

KETERANGAN	
Material Tangki	
Tabung	Stainless Steel 1mm
Cover	Almunium 0.8 mm
Isolator	Busa Padat 10 mm
Inlet dan Ountlet	Pipa Stainless Steel ½”
Material Kolektor	
Plat Absorber	Almunium 1 mm
Cover	Almunium 0,8 mm
Inlet dan Outlet	Pipa Tembaga ½”
Isolator	Busa Padat 10 mm
PCM Storage	Paraffin Tebal 15mm
Kaca	Obscure/Buram tebal 5 mm
Sistem	
Kapasitas	25 Liter
Sistem Kerja	Termosiphon



LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN





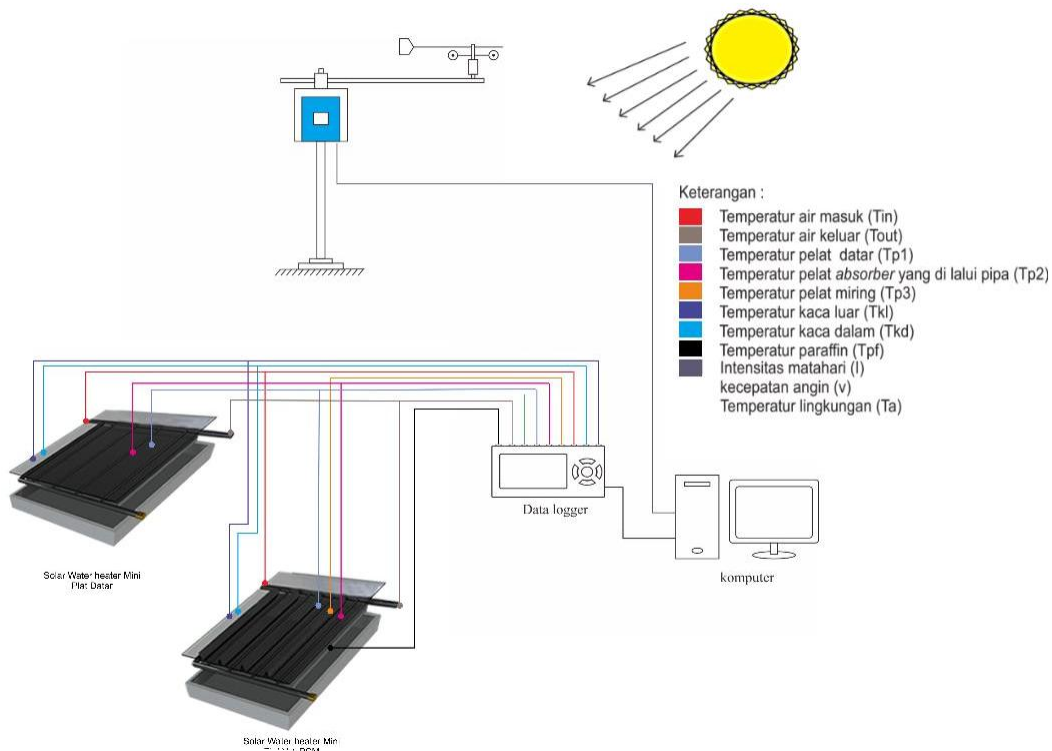
**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**SISTEM PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER
BERBENTUK V TERINTEGRASI PCM STORAGE**

Hasil Uji Coba Produk

A. Pengujian sistem dengan variasi flowrate (0.5; 1 & 1.5 L/min)

Skema penelitian,

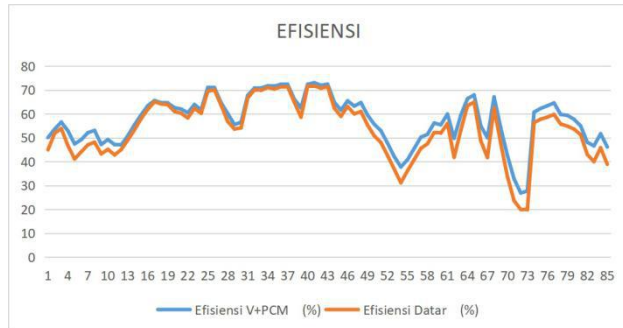




**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

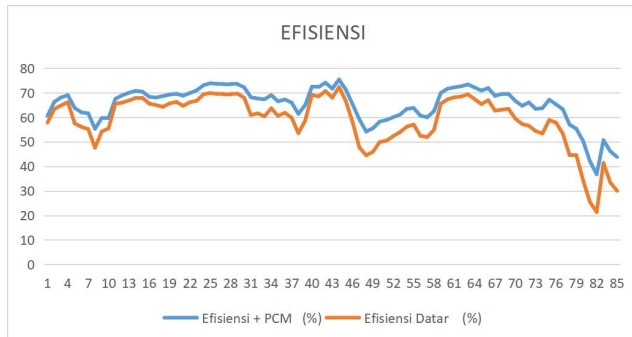
Hasil pengujian,

0.5 L/min



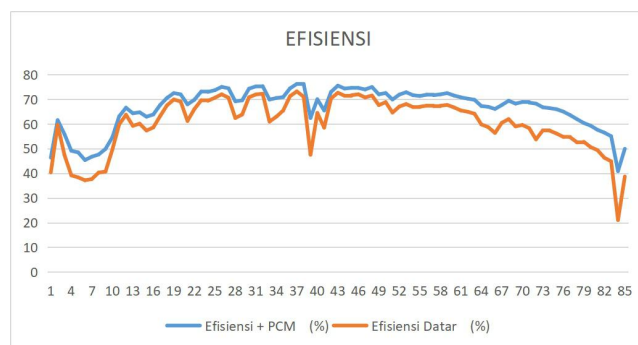
Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.64 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.

1 L/min



Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 6.32 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.

1.5 L/min



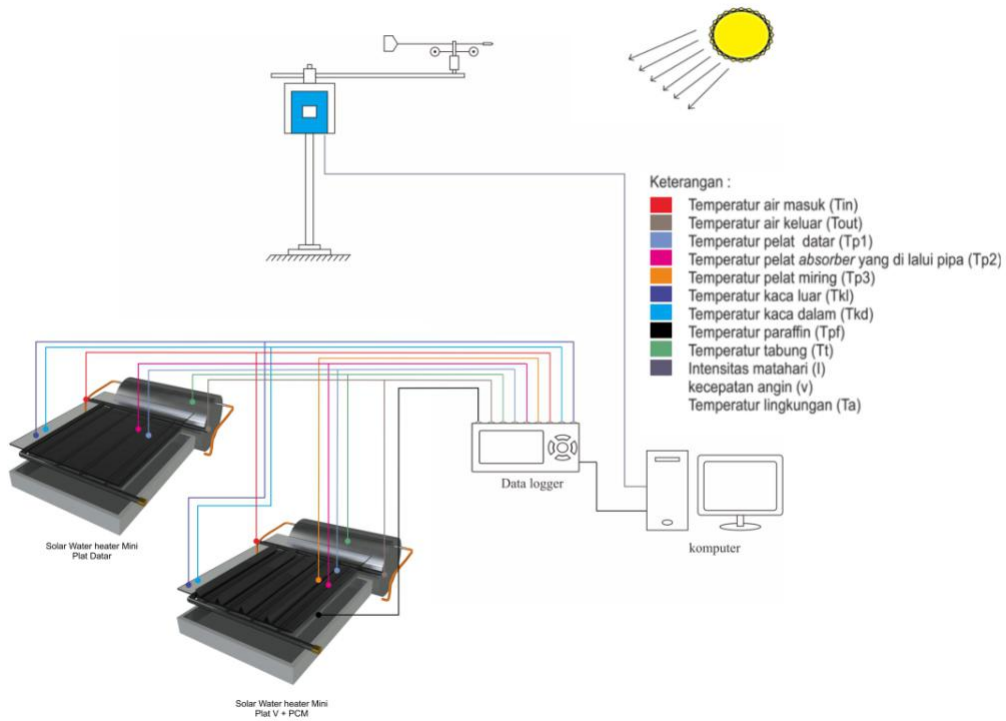
Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 6.29 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.



**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

B. Pengujian sistem dengan termosiphon

Skema penelitian,

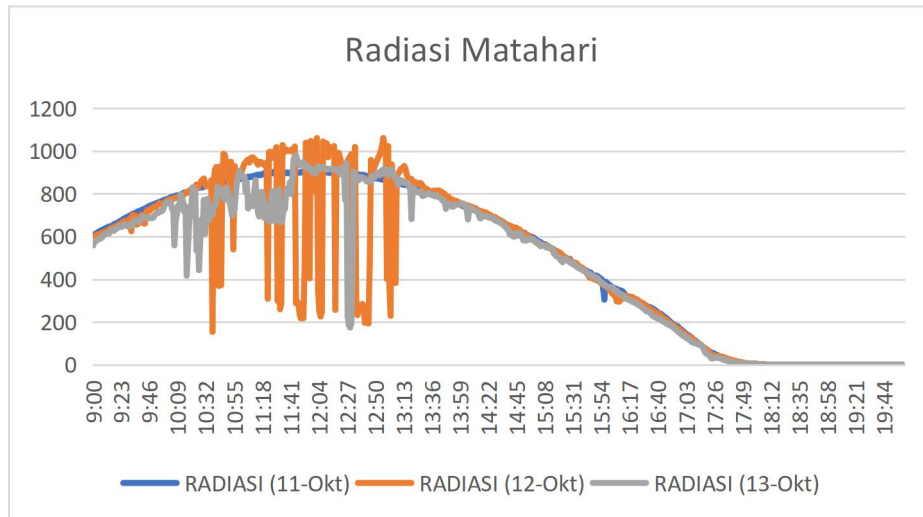




**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Hasil penelitian,

Intensitas matahari selama pengujian sebagai berikut:

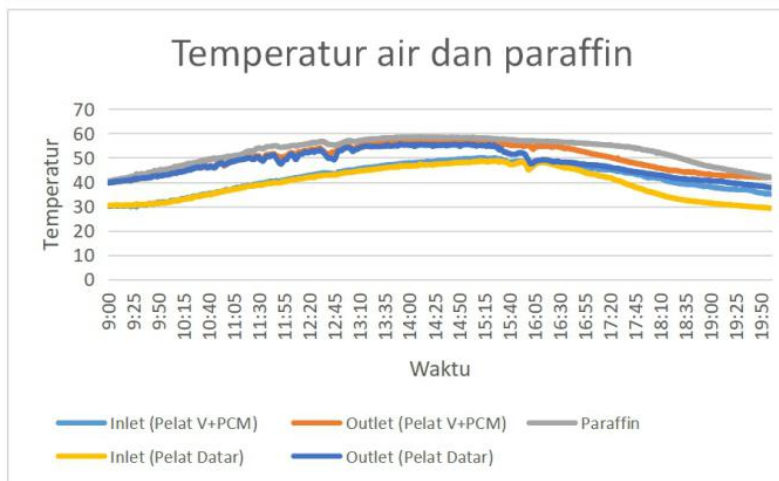
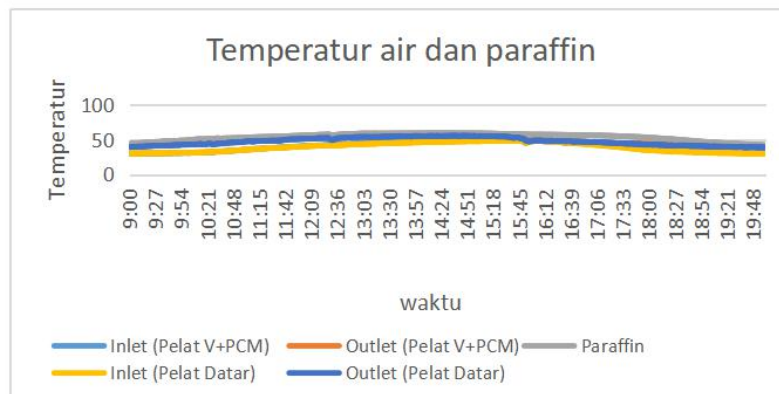
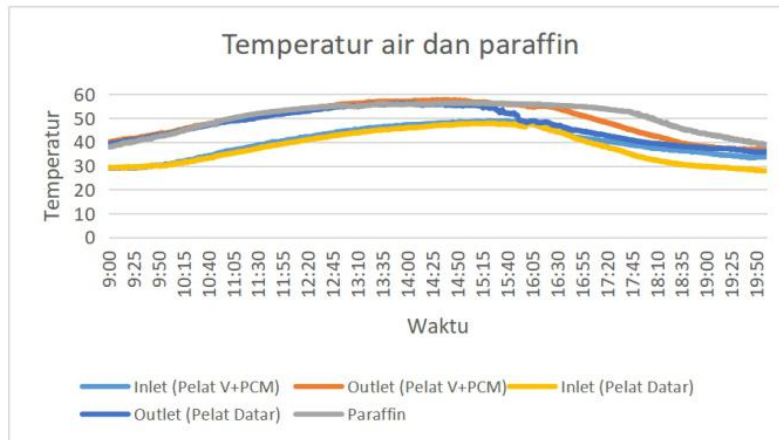


Gambar diatas menunjukkan intensitas matahari yang terjadi saat pengujian, nilai minimum intensitas matahari terjadi pada pagi dan sore hari. Pada tanggal 11 Oktober intensitas matahari dimulai pada nilai 608 W/m^2 pada pukul 9:00 kemudian terus merangkak naik hingga mencapai titik tertinggi yaitu 907 W/m^2 pada pukul 11:53, setelah melewati titik tertinggi intensitas matahari kemudian berangsur turun. Untuk tanggal 12 Oktober pada jam yang sama yaitu 9:00 nilai intensitas matahari adalah 598 W/m^2 dan titik tertinggi intensitas matahari mencapai 1061 W/m^2 pada pukul 12:56. Kemudian untuk tanggal 13 Oktober diawali pengukuran intensitas matahari dengan nilai 558 W/m^2 pada pukul 9:00 dan terus merangkak naik hingga mencapai titik maksimum yaitu 966 W/m^2 pada pukul 11:44.



LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

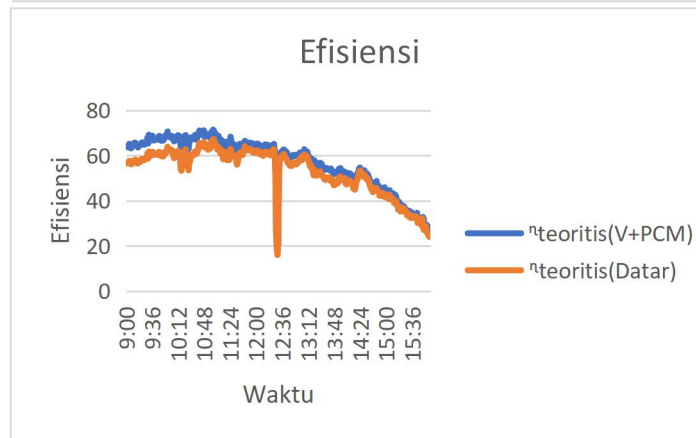
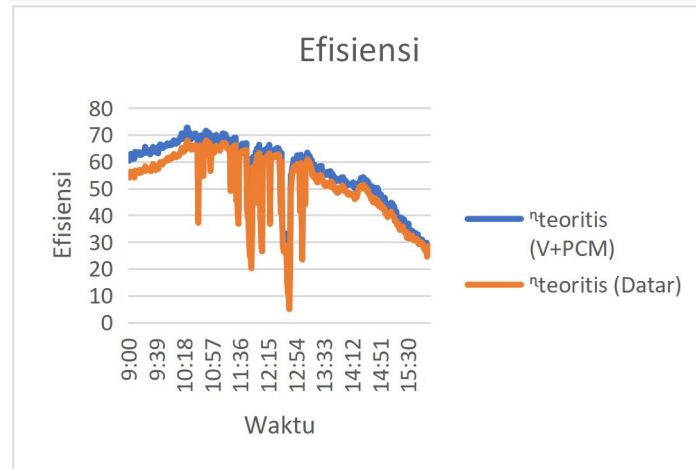
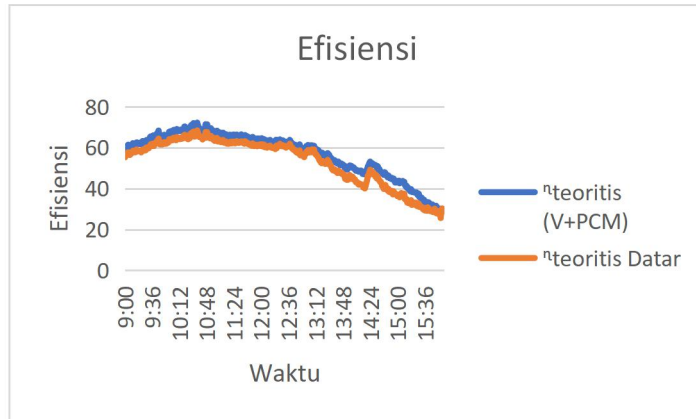
Temperatur air dan paraffin,





LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Efisiensi,



Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional. Efisiensi rata-rata untuk sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage adalah 56,54% dan efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari konvensional adalah 52,63%. Peningkatan efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi PCM storage lebih tinggi sebesar 3.92 % dari sistem pemanas air tenaga matahari konvensional.

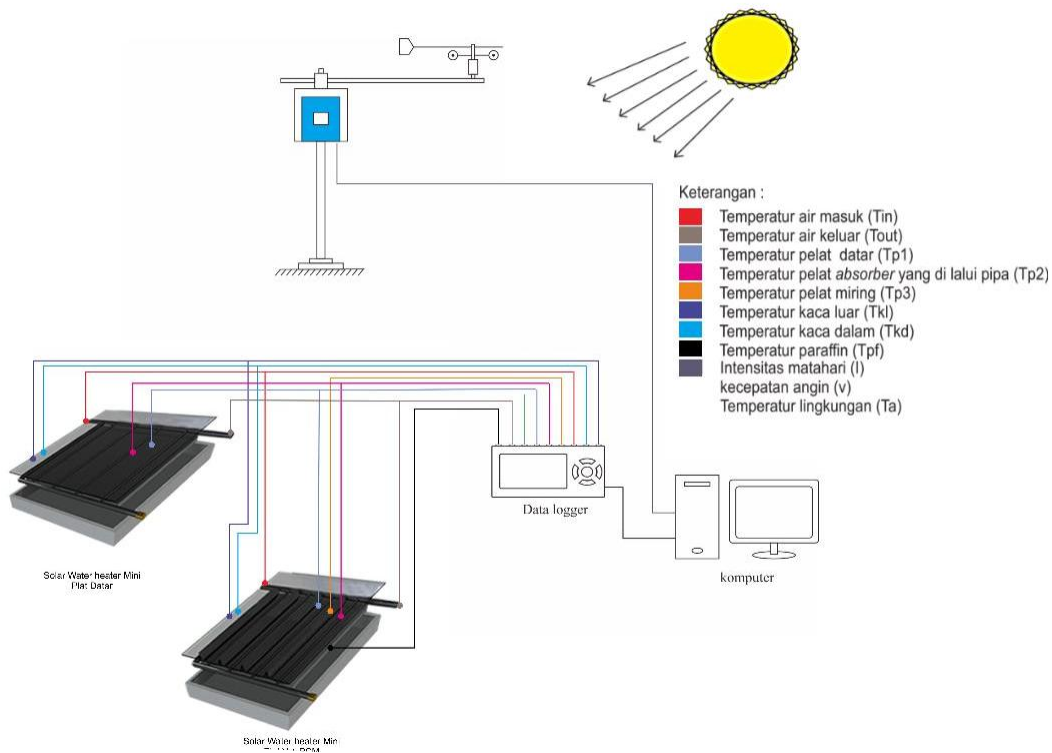


SISTEM PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI DENGAN PELAT ABSORBER
BERBENTUK V TERINTEGRASI PCM STORAGE

Dokumentasi (foto) Pengujian Produk

A. Pengujian sistem dengan variasi flowrate (0.5; 1 & 1.5 L/min)

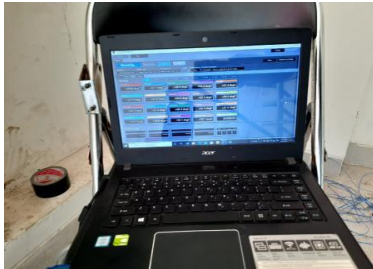
Skema penelitian,





**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Pelaksanaan pengujian,

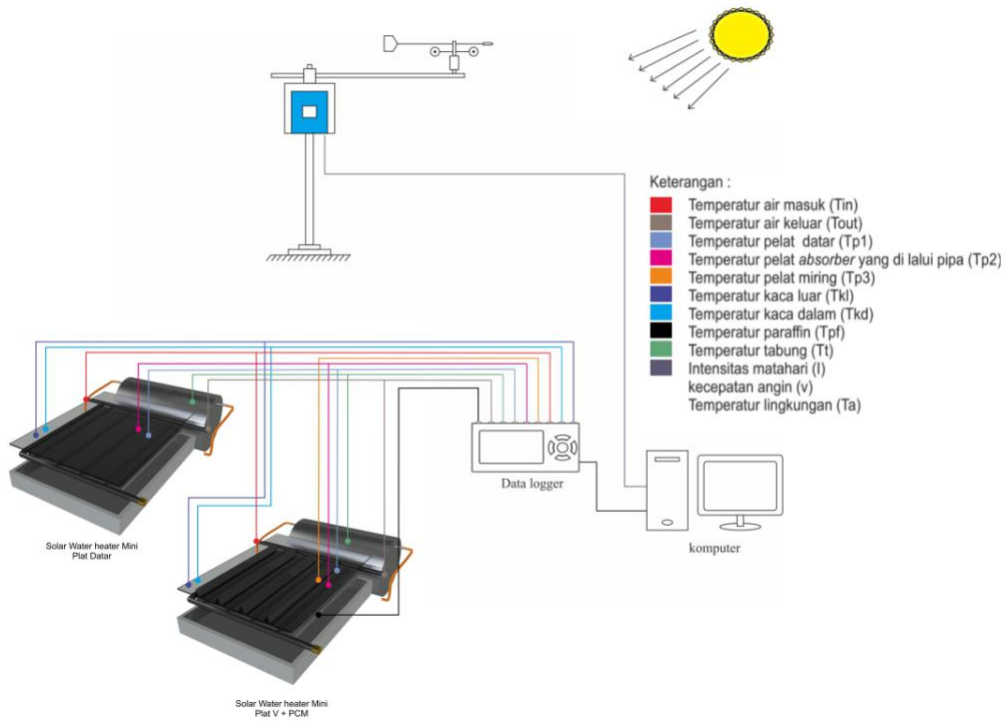




**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Pengujian sistem dengan termosiphon

Skema penelitian,





**LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Pelaksanaan pengujian,

Sistem pemanas air dengan pelat absorber datar dan dengan pelat absorber berbentuk V terintegrasi dengan PCM storage seperti pada gambar dibawah di uji secara simultan.

