

Kode/nama Rumpun Ilmu : 431/ Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)
Bidang Fokus : Penciptaan dan Pemanfaatan Energi Baru dan
Terbarukan

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA MODEL BARU SISTEM
PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI**

Ketua Peneliti :

Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT (NIDN: 0025087201)

Anggota Peneliti :

1. Dr. Rustan Tarakka, ST, MT (NIDN: 0027087504)
2. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST, M.Sc (NIDN: 0016027607)

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
NOPEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Penelitian : Pengembangan Teknologi dan Rekayasa Model Baru Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari
Bidang Fokus : Energi dan Energi terbarukan
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 431/Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)
Bidang Unggulan PT : Inovasi Teknologi dalam Pengelolaan Energi, Kesehatan, Sumberdaya Alam dan lingkungan
Topik Unggulan : Pengelolaan Energi, Sumberdaya Alam dan lingkungan
Ketua Peneliti :
a. Nama Lengkap : Dr JALALUDDIN S.T, M.T
b. NIDN : 0025087201
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Teknik Mesin
e. Nomor HP/Surel : 082192267077/jalaluddin_had@yahoo.com
Anggota Peneliti (1)
a. Nama Lengkap : Dr RUSTAN TARAKKA S.T, M.T
b. NIDN : 027087504
c. Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin
Anggota Peneliti (2)
a. Nama Lengkap : ANDI AMIJOYO MOCHTAR M.Sc
b. NIDN : 0016027607
c. Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin
Lama Penelitian Keseluruhan : 3 Tahun
Usulan Penelitian Tahun ke- : 1
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 570,000,000.00
Biaya Penelitian :
- diusulkan ke DRPM : Rp 220,000,000.00
- disetujui : Rp 120,000,000.00
- dana internal PT : Rp 0.00
- dana institusi lain : Rp 0.00 / *in kind* tuliskan: 0
Biaya Luaran Tambahan : Rp 50,000,000.00

Mengetahui,
a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik &
Pengembangan

(Prof. Baharuddin, ST, M. Arch., Ph.D)
NIP/NIK 196903081995121001



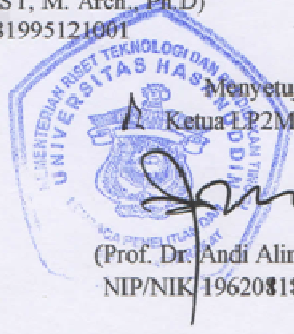
Kota Makassar, 16-11-2018
Ketua Peneliti,

(Dr JALALUDDIN S.T, M.T)
NIP/NIK 197208252000031001

Menyetujui,

Ketua P2M Unhas

(Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si)
NIP/NIK 196208181987021001



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB 3 METODE PENELITIAN	9
BAB 4 PELAKSANAAN KEGIATAN PENELITIAN	17
4.1 Simulasi Numerik	13
4.2 Rancang Bangun Prototipe	15
4.3 Persiapan Uji Experimental	19
4.4 Prototipe & Penyusunan Draft Paten	20
4.5 Draft Jurnal Internasional	20
BAB 5 KESIMPULAN	21
REFERENSI	22
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
Lampiran 1 : Paten Sederhana	
Lampiran 2 : Draft Jurnal Internasional	

RINGKASAN

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.

Penelitian ini adalah pengembangan teknologi dan rekayasa model baru sistem pemanas air tenaga matahari untuk suplai air panas pada perumahan dan bangunan komersial. Tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah pengembangan model baru sistem pemanas air tenaga matahari. Rekayasa teknologi dan inovasi alat penyerap panas matahari yang terintegrasi dengan *thermal storage* PCM akan dibuat untuk mendapatkan model baru dari sistem ini. Penelitian *experimental laboratory* dan simulasi numerik untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal akan dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Dept. Teknik Mesin Universitas Hasanuddin (UNHAS).

Kegiatan penelitian tahun pertama yang telah dilakukan dari 3 (tiga) tahun penelitian sebagai berikut:

- 1) Rancang bangun sistem solar water heater telah dilakukan
- 2) Pembuatan sistem uji solar water heater
- 3) Pengujian prototipe Mini Solar Water Heater sedang dilakukan
- 4) Penyusunan draft paten
- 5) Draft jurnal internasional

Selanjutnya, optimalisasi model dan pengujian sistem akan dilakukan pada tahun kedua dan ketiga untuk mendapatkan Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari (model baru) yg lebih efektif & lebih Ekonomis dibandingkan dengan produk serupa sekarang ini. 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.

Inovasi teknologi dalam Pengelolaan Energi, Sumber daya Alam dan Lingkungan khususnya dalam pengembangan energi terbarukan akan terus dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Dept. Teknik Mesin UNHAS. Hal ini juga dilakukan dalam upaya menjadikan Laboratorium menjadi pusat unggulan pengembangan energi terbarukan untuk mendukung pusat-pusat unggulan penelitian UNHAS.

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

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan laju pertumbuhan penduduk. Sumber energi yang andal dan terjangkau merupakan penopang dan pra-syarat untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat tersebut maka perlu dikembangkan berbagai sumber energi alternatif seperti energi terbarukan. Potensi energi terbarukan diantaranya: 1) energi matahari, biomassa, geothermal, pasang surut, gelombang laut, energi angin, dll. Konsumsi energi Indonesia yang berasal dari energi fosil yang tidak terbarukan masih sangat tinggi yang tentunya berkontribusi terhadap tingkat emisi, menurunnya cadangan energi dan dampak-dampak lingkungan lain. Salah satu pengguna energi yang besar adalah untuk bangunan di Indonesia. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Dirjen EBTKE), penggunaan gedung hemat energi bisa menurunkan konsumsi energi 20-30% atau setara dengan sebuah pembangkit listrik baru yang cukup menerangi ribuan rumah di Jakarta. Secara keseluruhan hampir 95% dari kebutuhan energi di Indonesia dipenuhi oleh energi fosil yang sangat terbatas dan laju pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi yaitu sekitar 7%. Berkaitan dengan kondisi tersebut diatas perlu dilakukan upaya pengembangan energi baru, terbarukan dan konservasi energi di Indonesia. Perguruan tinggi juga diharapkan mampu menghasilkan sumber daya manusia yang mumpuni dibidang energi baru dan terbarukan yang pada saatnya nanti menjadi penopang energi nasional (<http://www.ebtke.esdm.go.id>).

Indonesia merupakan negara tropis dimana daerahnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi menerima panas matahari yang besar. Energi matahari merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh Pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi matahari yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut (Permana, 2008) : untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,55 $kWh/m^2/hari$ dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,14 $kWh/m^2/hari$, untuk makassar

sebesar $5,79 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Dengan demikian, potensi penyinaran rata-rata Indonesia sekitar $4,85 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.

Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan dengan penggunaan 2 macam teknologi yang sering di gunakan yaitu: 1) *teknologi termal* yang pada umumnya di gunakan untuk pemanasan air dan pengeringan hasil pertanian; 2) *sel photovoltaik* yang di gunakan untuk penyediaan energi listrik yang dapat digunakan untuk penerangan, pompa, TV, dan peralatan lainnya.

Green Energy Building merupakan konsep bangunan yang ramah terhadap lingkungan dengan mengacu kepada penghematan konsumsi energi dan pemanfaatan sumber-sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan seperti: energi matahari, energi angin, energi geotermal, dll. Bangunan ramah lingkungan membutuhkan sistem energi ramah lingkungan untuk suplai daya listrik, pengkondisian udara, penyediaan air panas, dll. Teknologi kunci untuk sistem energi ramah lingkungan yang dikembangkan di *Green Energy Laboratory (GEL)* oleh Wang et al. (2011) seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Teknologi kunci untuk sistem energi 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. Model baru dari sistem pemanas air tenaga matahari ini akan dikembangkan dengan *thermal energy storage* (TES) dan *phase change material* (PCM). Penelitian ini merupakan pengembangan dari kolektor surya yang telah dikembangkan sebelumnya dimana hasil-hasil penelitiannya telah dipublikasikan pada seminar nasional dan internasional serta jurnal internasional terindeks Scopus dan tercatat schimago (Jalaluddin et al., 2015 & 2016; Akhmad et al., 2017). 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 %. Sasaran penelitian ini adalah rancang bangun model baru dari sistem pemanas air tenaga matahari dimana model tersebut berpotensi untuk paten kedepannya. Penelitian eksperimental akan dilakukan untuk mengetahui performansi termal dari sistem tersebut. Pengembangan peralatan-peralatan tersebut yang telah dan sedang dilakukan akan terintegrasi ke dalam sistem *thermal storage* yang sedang diusulkan dalam penelitian menjadi suatu model baru pada aplikasi bangunan ramah lingkungan yang sedang menarik perhatian peneliti dunia sekarang ini. Penelitian-penelitian yang telah dan sedang dilakukan ini akan memberi solusi penghematan energi kepada masyarakat dan industri. Rancang bangun dari sistem ini akan dipatenkan dan hasil-hasil penelitian tersebut akan dipublikasikan pada jurnal bereputasi terindeks scopus. Hal ini akan mendukung dan menjadikan Universitas Hasanuddin (UNHAS) sebagai rujukan dan pusat unggulan dalam topik-topik yang telah diteliti.

Bertitik tolak dari hal tersebut, penelitian tentang model baru dari sistem pemanas air tenaga matahari yang diusulkan ini menjadi sangat diperlukan. Penyerapan panas, kehilangan panas pada permukaan dan transfer panas ke fluida kerja serta penyimpanan panas pada *thermal storage* adalah hal-hal yang berpengaruh pada efisiensi sistem. Membuat rancang bangun sistem pemanas air tenaga surya dengan modifikasi pelat absorber berbentuk-V dan variasinya yang terintegrasi dengan *thermal storage energi* PCM akan dilakukan. Penelitian eksperimental laboratorium, simulasi numerik dan eksperimental lapangan akan dilakukan untuk menguji model-model tersebut. Selanjutnya, optimalisasi model dan pengujian sistem yang baru tersebut akan dilakukan untuk mendapatkan Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari (model baru) yg lebih efektif & lebih ekonomis dibandingkan dengan produk serupa sekarang ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat rancang bangun sistem pemanas air tenaga matahari dengan modifikasi pelat absorber berbentuk-V dan variasinya yang terintegrasi dengan PCM *storage*.
2. Mendapatkan pengaruh penyerapan panas, kehilangan energi panas ke permukaan dan transfer energi panas ke fluida kerja serta penyimpanan panas pada storage.
3. Mengembangkan model baru dari sistem pemanas air tenaga matahari berdasarkan faktor tersebut pada poin 2 dan kolektor yang telah dikembangkan sebelumnya yaitu pelat absorber bentuk-V (Jalaluddin et al., 2016).

Luaran dari penelitian ini adalah HKI atas model yang dikembangkan dan prototipe / purwarupa teknologi. Rencana Target Capaian Tahunan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

No.	Jenis Luaran				Indikator Capaian		
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	TS	TS+1	TS+2
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional bereputasi		√	√	√	√
		Nasional Terakreditasi					
2	Artikel ilmiah dimuat di prosiding	Internasional Terindeks					
		Nasional					
3	Invited speaker dalam temu ilmiah	Internasional					
		Nasional					
4	Visiting Lecturer	Internasional					
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten					
		Paten sederhana	√		√	√	√
		Hak Cipta					
		Merek dagang					
		Rahasia dagang					
		Rahasia dagang					
		Desain Produk Industri					
		Indikasi Geografis					
		Perlindungan Varietas Tanaman					
	Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu						
6	Teknologi Tepat guna						
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/Rekayasa Sosial		√		√	√	√
8	Bahan Ajar						
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)				4	4	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan energi matahari bervariasi dalam aplikasi untuk berbagai kawasan di dunia. Energi matahari digunakan terutama untuk pemanasan air di China dan Australasia. Di Eropa, insentif pemerintah telah mendorong penggunaan sistem sel photovoltaik dan termal untuk suplai air panas dan pemanasan ruangan. Penggunaan untuk proses desalinasi dan pengkondisian udara absorpsi tenaga matahari digunakan di Timur Tengah. Sementara di Amerika, penggunaan energi matahari relatif sederhana tergantung dari kebijakan pajak dan program pemerintah terhadap kekurangan energi dan harga minyak. Perkembangan terakhir berkaitan dengan isu energi keberlanjutan dan bangunan ramah lingkungan menyebabkan peningkatan fokus pada peralatan yang memanfaatkan energi matahari karena tidak menyebabkan polusi dan terbarukan (ASHRAE, 2011). Untuk kawasan Asia dan Australia termasuk Indonesia, pemanfaatan energi matahari umumnya adalah untuk suplai air panas. Pengembangan kolektor surya pemanas air di Indonesia sangat potensial untuk penghematan energi khususnya pada perumahan, bangunan komersial dan industri.

Studi tentang kolektor surya telah dilakukan oleh banyak peneliti. Mumma (2011) telah meneliti dan memasang kolektor surya pemanas air dalam waktu 28 tahun. Kolektor tersebut seperti pada gambar 2 bekerja secara baik dengan hanya sedikit perawatan selama periode tersebut. Dari hasil penelitiannya, kolektor surya tersebut memberikan pengurangan penggunaan energi yang menakjubkan.



Gambar 2. kolektor surya pemanas air oleh Mumma (2011)

Berbagai penelitian untuk menganalisis unjuk kerja kolektor, modifikasi bentuk pelat absorber dan material kolektor telah dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut telah dilakukan oleh Ayompe & Duffy (2013); Subiantoro & Tiow (2013); Eismann & Prasser, 2013; Jafarkazemi & Ahmadifard (2013); Deng et al. (2013).

Integrasi pelat absorber dengan reflektor bentuk-V seperti terlihat pada gambar 3 dapat

meningkatkan unjuk kerja kolektor. Studi eksperimental dan analisis biaya dari kolektor ini telah dilakukan oleh Chong et al. (2012). Efisiensi optik dan unjuk kerja keseluruhan kolektor memperlihatkan hasil yang sangat memuaskan. Perbandingan konsentrasi matahari maksimum 1.8 diusulkan untuk meningkatkan efisiensi termal sistem.



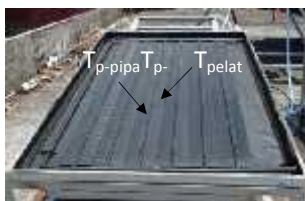
Gambar 3. Kolektor dengan pelat absorber dengan reflektor bentuk-V

Penelitian tentang penggunaan pelat absorber bentuk-V pada kolektor surya pemanas air telah dilakukan dengan metode *experimental laboratory* dan membuat perbandingan dengan pelat absorber konvensional, pelat datar seperti terlihat pada gambar 4. Faktor penting yang menjadi kajian utama adalah penyerapan energi pada pelat absorber bentuk-V dan kehilangan energi ke permukaan kolektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performansi kolektor dengan pelat absorber bentuk-V terhadap kolektor dengan pelat absorber datar meningkat masing-masing sebesar 2.36 % pada debit 0.5 L/min dan 4.23 % pada debit 2.0 L/min (Jalaluddin et al. 2015 & 2016).



Gambar 4. Sistem pemanas air tenaga matahari dengan :

- a) pelat datar
- b) pelat absorber bentuk-V.



a) Flat-plate absorber



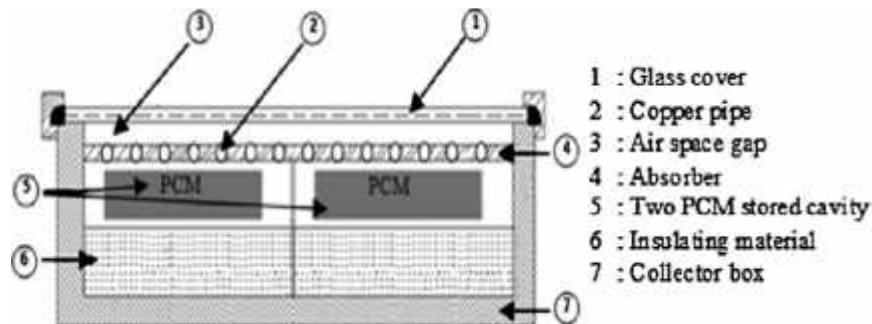
b) V-shaped absorber plate

Selanjutnya, kolektor pemanas air tenaga matahari model serpentine juga telah dikembangkan seperti pada gambar 5. Sebagai contoh, hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi aktual kolektor pada jam 12.00 Wita adalah 42.99% dengan flowrate 0.9 L/min, 46.06% dengan flowrate 1 L/min dan 47.88% dengan flowrate 1.1 L/min (Akhmad et al., 2017).



Gambar 5. Sistem pemanas air tenaga matahari model Serpentine

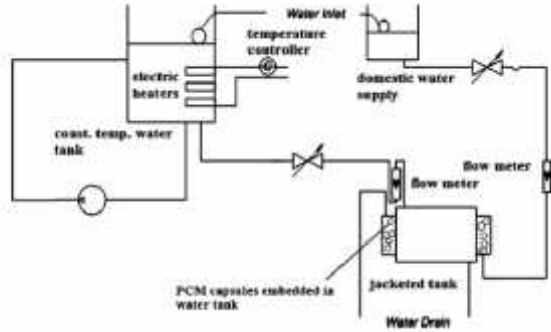
Beberapa penelitian tentang sistem pemanas air tenaga matahari yang diintegrasikan dengan dengan PCM *storage* telah dilakukan. Sebuah studi eksperimental terhadap sistem *thermal storage* menggunakan paraffin sebagai PCM yang terintegrasi pada kolektor pelat datar seperti pada gambar 6 telah dilakukan oleh Bouadila et al., 2013.



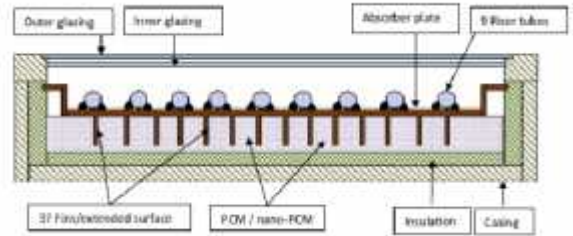
Gambar 6. Skema penelitian eksperimental dari kolektor pelat datar terintegrasi sistem storage PCM

Efek dari penggunaan PCM sebagai media storage pada pemanas air tenaga matahari telah diteliti secara eksperimental oleh Fazilati & Alemrajabi, 2013 seperti terlihat pada gambar 7. Pada penelitian ini, paraffin digunakan sebagai PCM pada kapsul bulat sebagai material storage di dalam tangki pemanas air.

Al-Kayiem & Lin, 2014 melakukan penelitian tentang kolektor surya pemanas air yang terintegrasi ke sistem penyimpanan panas seperti terlihat pada gambar 8. Sistem penyimpanan panas terdiri dari paraffin sebagai PCM dan nanocomposite dari paraffin.

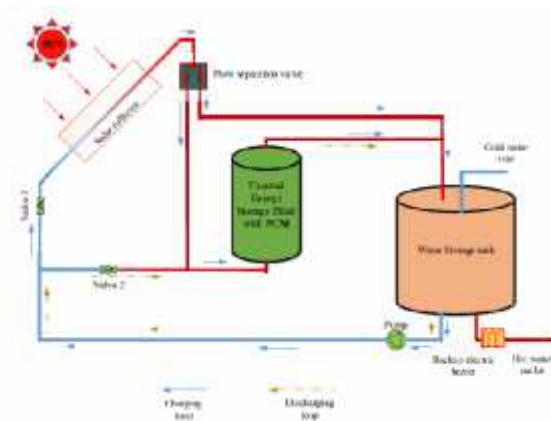


Gambar 7. Skema penelitian eksperimental oleh Fazilati & Alemrajabi, 2013

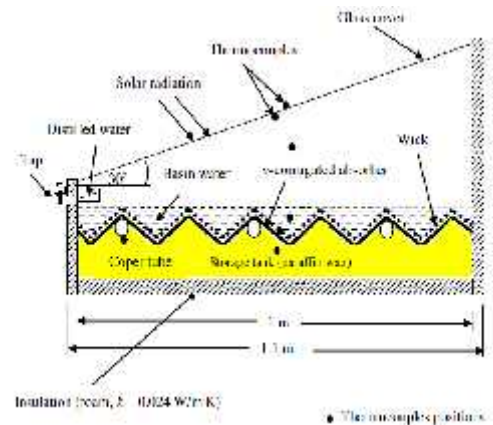


Gambar 8. Kolektor surya pemanas air yang terintegrasi ke sistem penyimpanan panas

Selanjutnya, penggunaan sistem *shell and tube TES* dengan paraffin sebagai PCM pada sistem pemanas air tenaga matahari (Mahfuz et al., 2014) dan sistem distilasi tenaga matahari menggunakan absorber berbentuk-V terintegrasi dengan sistem *storage* (Shalaby et al., 2016) telah diteliti seperti diperlihatkan pada gambar 9 & 10. Review tentang sistem pemanasan air tenaga matahari telah dilakukan secara komprehensif oleh Wang et al., 2015.



Gambar 9. Sistem *shell and tube TES* dengan paraffin sebagai PCM pada sistem pemanas air tenaga matahari



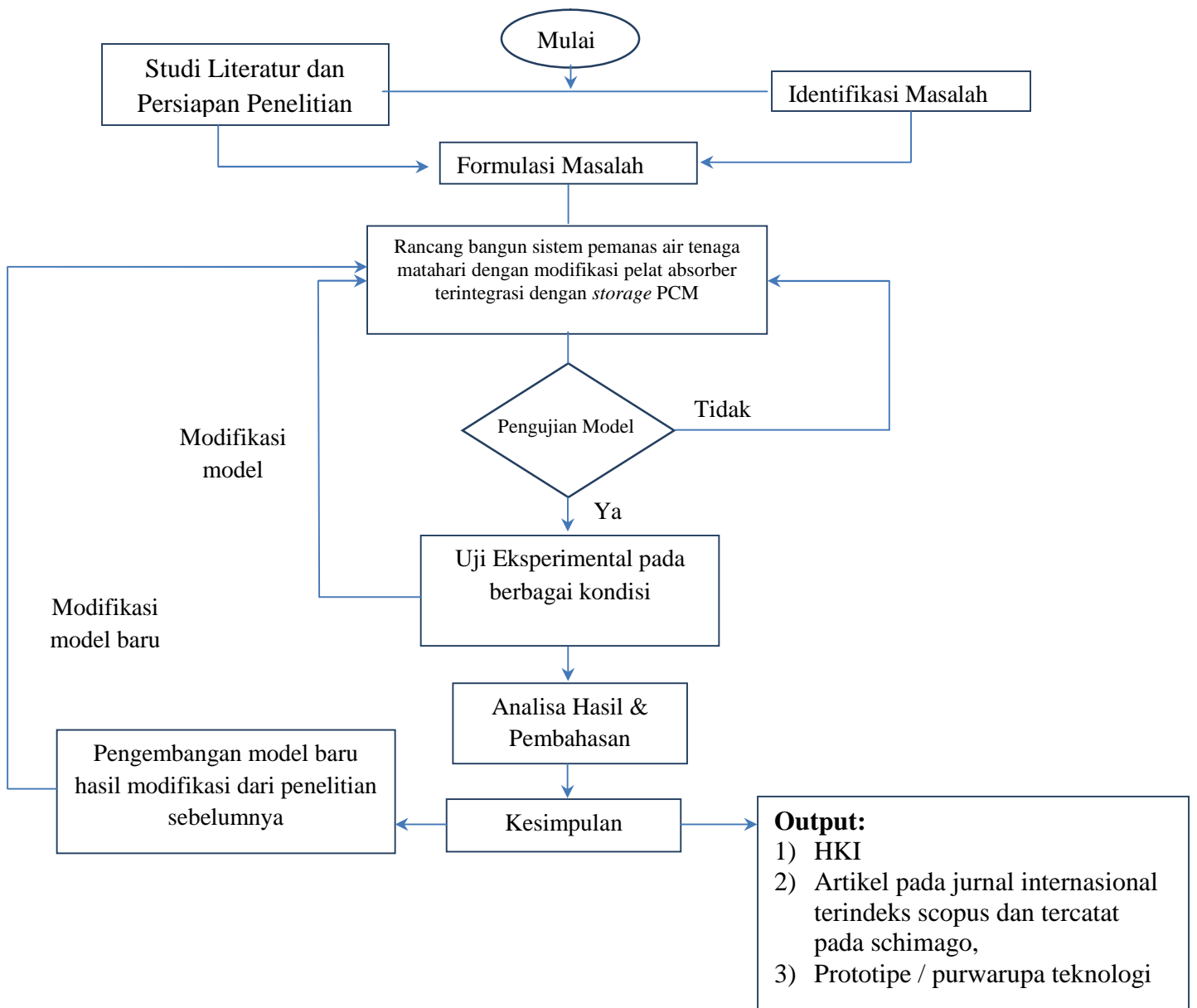
Gambar 10. Sistem distilasi tenaga matahari menggunakan absorber berbentuk-V terintegrasi dengan sistem storage

Penelitian tentang sistem TES dengan paraffin sebagai PCM telah banyak dilakukan dan merupakan penelitian terbaru berdasarkan daftar literatur tersebut diatas. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa bentuk pelat penyerap energi pada sistem pemanas air tenaga surya juga diperhitungkan dalam perencanaan kolektor seperti pelat bergelombang. Walaupun demikian, pelat bergelombang yang telah diteliti mempunyai berbagai konfigurasi. Salah satunya telah diaplikasikan dalam sistem distilasi tenaga matahari. Bentuk konfigurasi pelat absorber berbentuk-V juga bervariasi. Pelat absorber berbentuk-V ini telah diteliti dengan berbagai analisis keunggulannya. Berdasarkan hasil penelitian baik dari literatur jurnal bereputasi dan penelitian-penelitian yg telah dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan PSTM mengindikasikan suatu peningkatan efisiensi sistem dengan modifikasi kolektor pelat berbentuk-V yang spesifik dengan integrasi ke sistem *storage* PCM. Ide penelitian ini akan diimplementasikan dalam model baru dari sistem pemanas air tenaga surya yang akan dikembangkan sesuai usul penelitian ini.

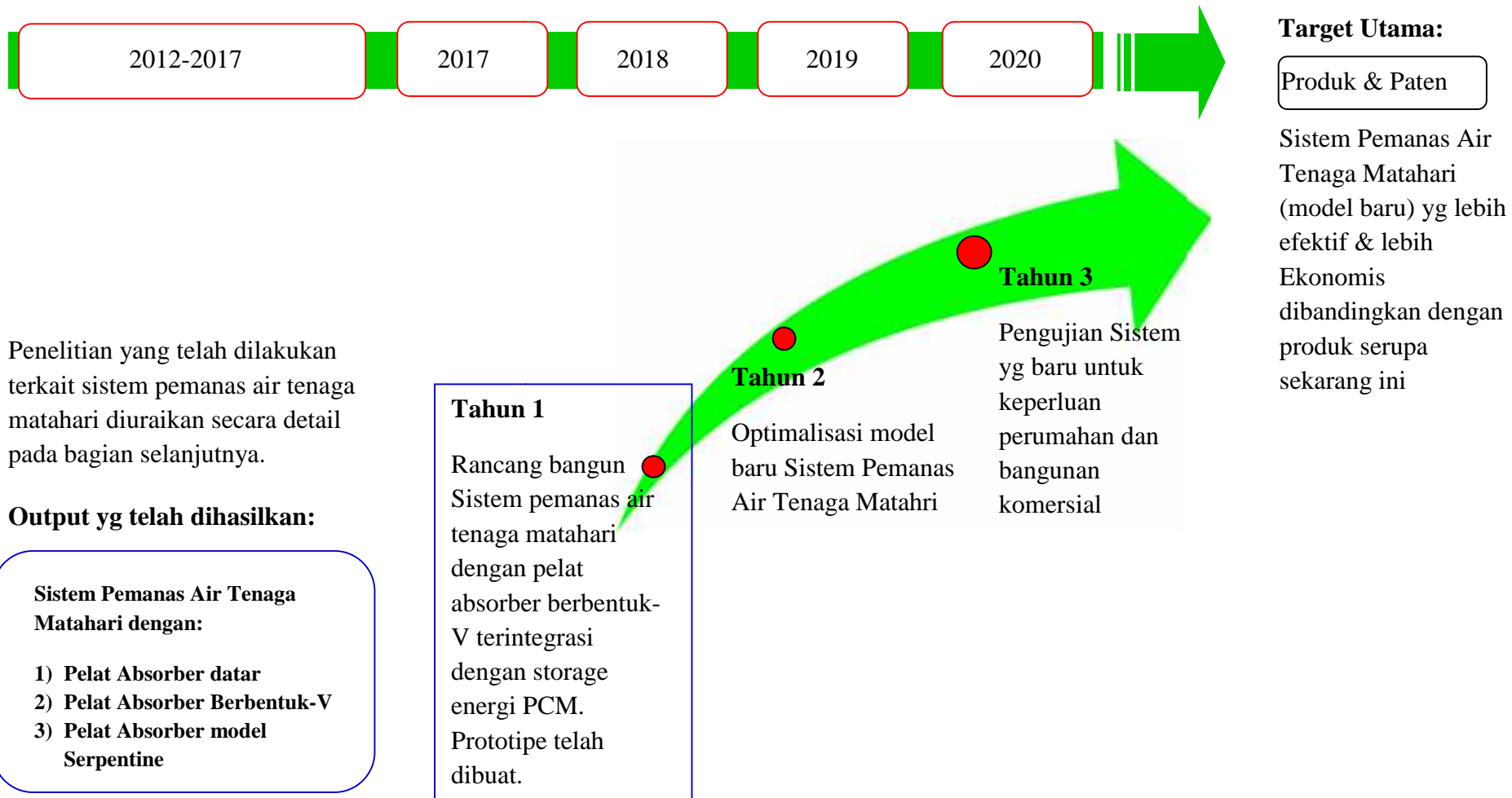
BAB 3 METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimental laboratorium, simulasi numerik dan eksperimental lapangan akan dilakukan untuk menguji model baru dari sistem pemanas air tenaga matahari. Rancang bangun dari model tersebut akan dibuat dan diuji dengan modifikasi pelat absorber berbentuk-V yang terintegrasi dengan *storage* PCM. Selanjutnya, optimalisasi model dan pengujian sistem yang baru tersebut akan dilakukan untuk mendapatkan Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari (model baru) yg lebih efektif & lebih Ekonomis dibandingkan dengan produk serupa sekarang ini.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 11. Rencana Pengembangan model baru sistem pemanas air tenaga matahari dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 11. Diagram alir penelitian



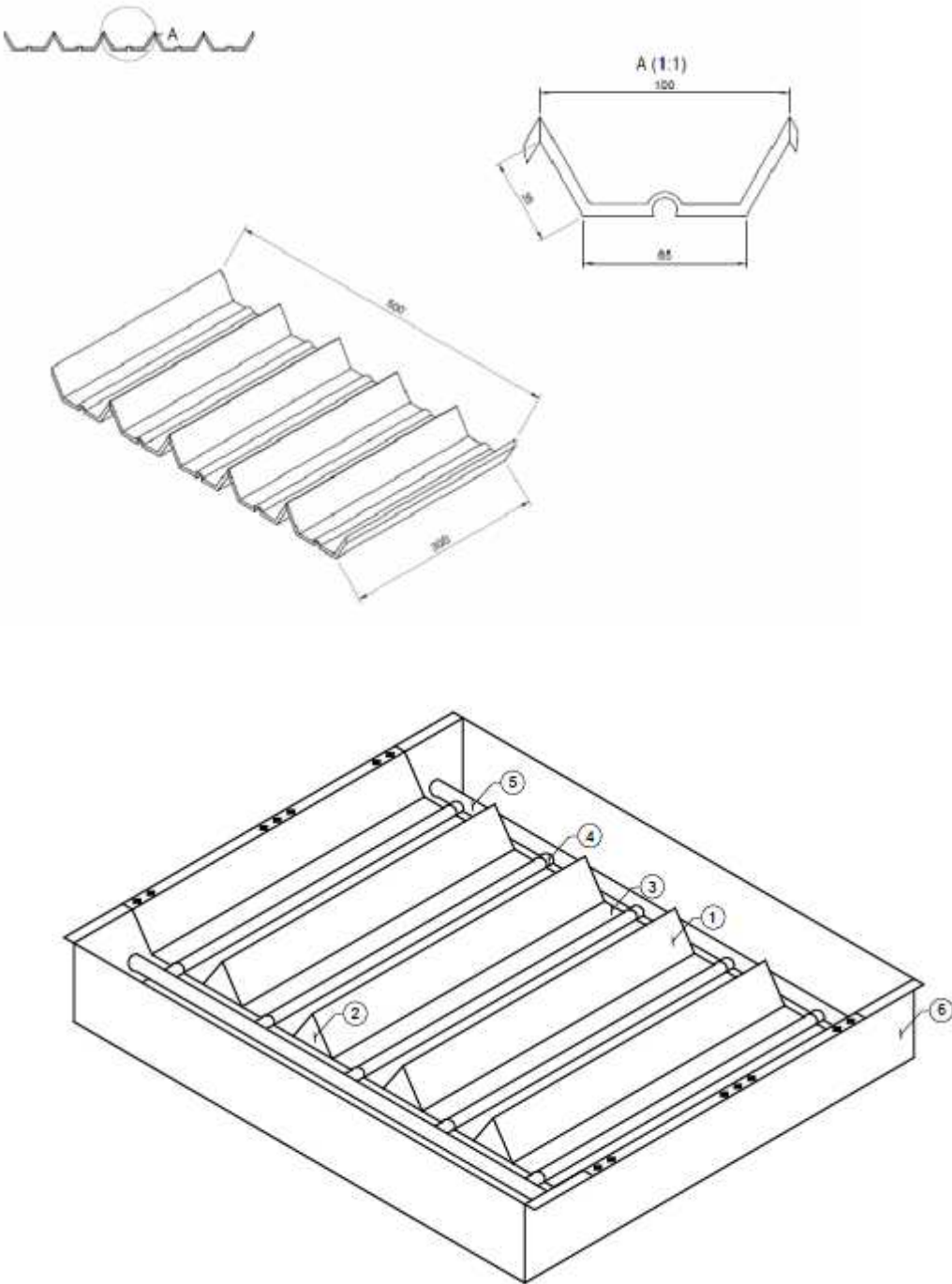
Gambar 12. Rencana Pengembangan Model Baru Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari di Laboratorium Energi Terbarukan Dept. Teknik Mesin FT-UH

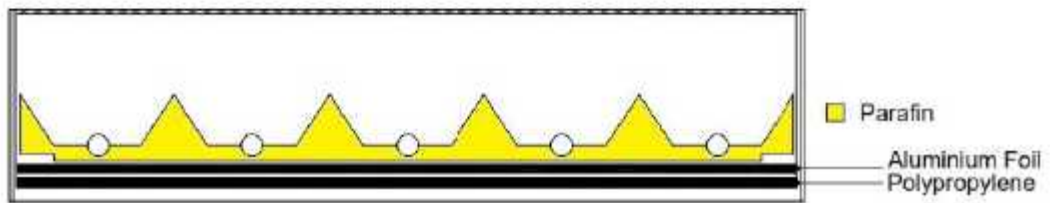
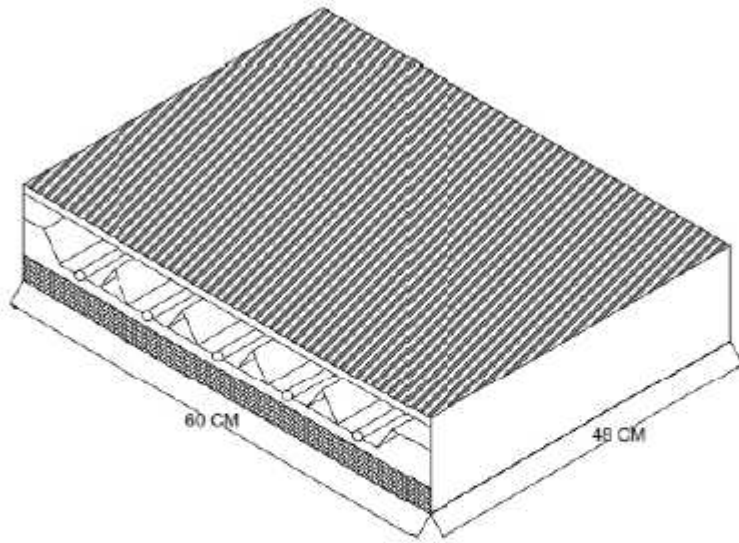
Tabel 4. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Tahun Pertama

No.	Item Kegiatan	Alokasi Waktu (Bulan)																																			
		I	II	III	IV				V				VI				VII				VIII				IX				X				XI				XII
		1-4	1-4	1-4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1-4				
1.	Formulasi Masalah				■	■																															
2.	Simulasi Numerik Beberapa Variasi Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari dengan Modifikasi Pelat Absorber Terintegrasi dengan <i>Storage</i> PCM					■	■	■	■	■	■																										
3.	Rancang Bangun Prototipe										■	■	■	■																							
4.	Uji Eksperimental pada berbagai Kondisi											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
5.	Monev Awal																				■	■	■	■													
6.	Analisa Hasil																									■	■	■									
7.	Penyusunan Draft Paten Sederhana																																				
8.	Penyusunan Paper untuk Jurnal Internasional																																				
9.	Monev Akhir																																				
10.	Seminar dan pelaporan																																				

BAB 4 PELAKSANAAN KEGIATAN PENELITIAN

4.1 Simulasi Numerik





4.2 Rancang Bangun Prototipe
Persiapan Alat Uji





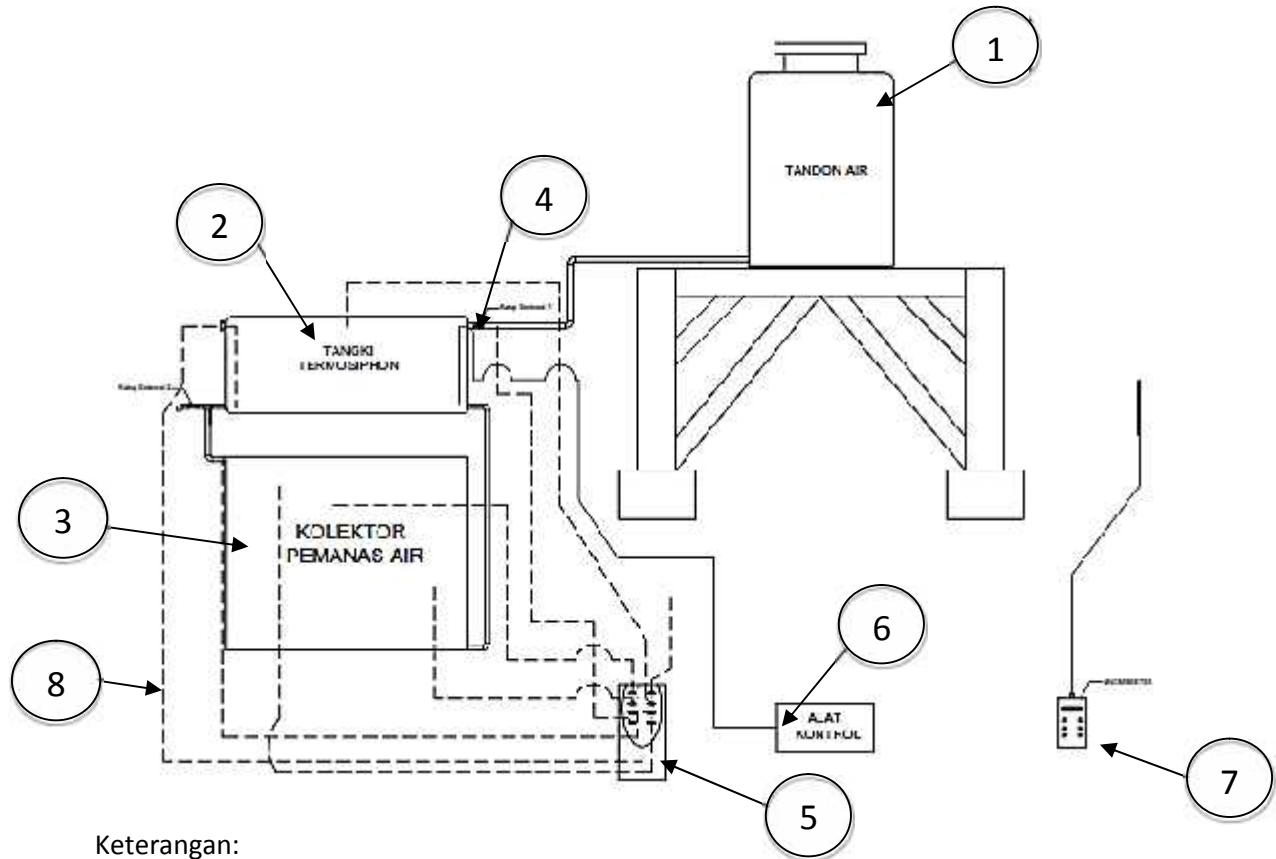


Mini Solar Water Heater



4.3 Persiapan Uji Experimental

Skema Pengujian Pemanas Air Mini Tenaga Matahari



Keterangan:

1. Tandon Air
2. Tangki Termosiphon
3. Kolektor Pemanas Air
4. Katup Solenoid (*Solenoid Valve*)
5. Termokople TC-08 Dengan Recorder 8 Channel
6. Alat Kontrol Sistem Otomatis
7. Anemometer Perngukur Kecepatan Angin
8. Kabel Termokople

4.4 Prototipe dan Penyusunan Draft Paten

Prototipe Mini Solar Water Heater sedang dalam pengujian lapangan sebagai berikut:

Draft paten seperti ditunjukkan pada lampiran 1.



4.5 Draft Jurnal Internasional

Draft jurnal internasional telah dibuat dengan abstrak seperti ditunjukkan pada lampiran 2.

BAB 5 KESIMPULAN

Pengembangan teknologi dan rekayasa model baru sistem pemanas air tenaga matahari untuk suplai air panas pada perumahan dan bangunan komersial telah dilakukan. Tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah pengembangan model baru sistem pemanas air tenaga matahari. Rekayasa teknologi dan inovasi alat penyerap panas matahari yang terintegrasi dengan *thermal storage* PCM akan dibuat untuk mendapatkan model baru dari sistem ini. Penelitian *experimental laboratory* dan simulasi numerik untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal akan dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Dept. Teknik Mesin Universitas Hasanuddin (UNHAS).

Kegiatan penelitian tahun pertama yang telah dilakukan dari 3 (tiga) tahun penelitian sebagai berikut:

- 1) Rancang bangun sistem solar water heater telah dilakukan
- 2) Pembuatan sistem uji solar water heater
- 3) Pengujian prototipe Mini Solar Water Heater sedang dilakukan
- 4) Penyusunan draft paten
- 5) Draft jurnal internasional

Selanjutnya, optimalisasi model dan pengujian sistem akan dilakukan pada tahun kedua dan ketiga untuk mendapatkan Sistem Pemanas Air Tenaga Matahari (model baru) yg lebih efektif & lebih Ekonomis dibandingkan dengan produk serupa sekarang ini. 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.

REFERENSI

- 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.
- 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
- 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
- Arfandy, R., Arif, E., Jalaluddin, 2016, Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Rumahan, *Prosiding Seminar Nasional ke-3 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Konversi Energi 2016*, Makassar-Gowa, 17-18 November 2016.
- 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.
- 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
- 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
- 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
- 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.
- Ibrahim, A. F., Jalaluddin, Djafar, Z., 2017, Thermal Characteristics of Flat Plate Collector Serpentine Model of Solar Water Heating System, *International Journal of Technology (IJTech)* published by Universitas Indonesia (*under review*).
- Jafarkazemi, F., Ahmadifard, E., 2013, Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors, *Renewable Energy* 56: 55-63
- Jalaluddin, 2001, Peningkatan Efisiensi Kolektor Surya Pemanas Udara dengan Penggunaan Pelat Absorber Gelombang dengan fin datar vertikal, Tesis Magister, Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.
- Jalaluddin, Erwin, A., E.P., 2002, Studi Teoritis Tentang Efisiensi Kolektor Surya Pemanas Udara dengan Pelat Absorber Gelombang, *Jurnal Penelitian Enjiniring FT-UNHAS*.
- Jalaluddin, 2006, Analisis Pengaruh Kemiringan Permukaan Plat Absorber terhadap Efisiensi Sel Surya, Tugas sarjana, Perpustakaan Teknik Mesin FT-UH
- Jalaluddin, 2007, Analisis Prestasi Kolektor Surya dengan Dua Penutup, Tugas sarjana, Perpustakaan Teknik Mesin FT-UH
- Jalaluddin, 2008, Analisis Perbandingan Prestasi Kolektor Surya Pemanas Air dengan 1 (satu)

dan 2 (dua) Penutup di Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Laporan penelitian Fakultas teknik Universitas Hasanuddin.

- Jalaluddin, Miyara, A., Tsubaki, K., Inoue, S., Yoshida, K., 2011, Experimental study of several types of ground heat exchanger using a steel pile foundation, *Renewable Energy*, 36: 764-771.
- Jalaluddin, Miyara, A., 2012, Thermal performance investigation of several types of vertical ground heat exchangers with different operation mode, *Applied Thermal Engineering*, 33-34: 167-174.
- Jalaluddin and Mire, B., 2015, Performance Investigation of Photovoltaic Module with Solar Tracking, *Proceeding of The 2nd International Symposium on Smart Material and Mechatronics 2015*, ISSN : 978-979-17225-8-2.
- Jalaluddin, Arief, A., 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.
- Jalaluddin, Miyara, A., 2015, Thermal Performance and Pressure Drop of Spiral-Tube Ground Heat Exchangers for Ground-source Heat Pump, *Applied Thermal Engineering* 90: 630-637.
- Jalaluddin, Miyara, A., 2016, Thermal Performances of Vertical Ground Heat Exchangers in Different Conditions, 2015, *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 11, No. 12 1771-1783, © School of Engineering, Taylor's University
- 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.
- Jalaluddin, Miyara, A., Tarakka, R., 2017, Performance of Shallow Borehole of spiral-Tube Ground Heat Exchanger, *Journal of Mechanical Engineering (under review)*.
- Mumma, S. A., 2011, Over Thirty Years of Experience with Solar Thermal Water Heating, *ASHRAE Transactions*. Vol. 117 Issue 1, p 57-63.
- 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.
- Permana, I., 2008, *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Modul, Bandung: PPPPTK.
- Qi, Z., Gao, Q., Liu, Y., Yan, Y.Y., Spitler, J. D., 2014, Status and development of hybrid energy systems from hybrid ground source heat pump in China and other countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29 : 37-51.
- 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
- Shalaby, S.M., El-Bialy, E., El-Sebaii, A.A., 2016, An experimental investigation of a v-corrugated absorber single-basin solar still using PCM, *Desalination* 398, 247-255.
- 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.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Paten Sederhana

Deskripsi

PEMANAS AIR MINI TENAGA MATAHARI

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan suatu pemanas air mini tenaga matahari, khususnya thermal storage yang dibuat menyatu dengan pelat absorber untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut.

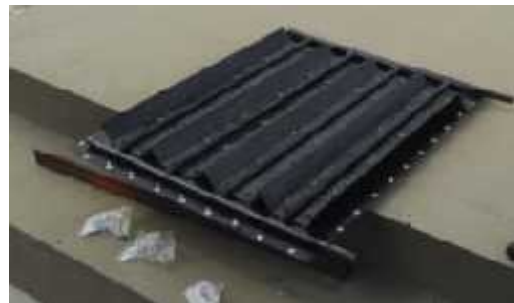
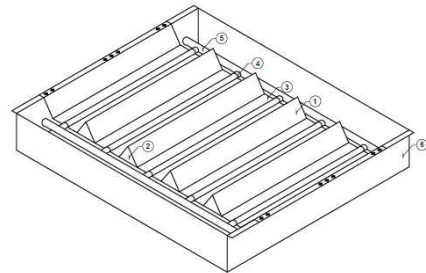
Latar Belakang Invensi

Ringkasan Invensi

Uraian Singkat Gambar

Uraian Lengkap Invensi

Klaim



PEMANAS AIR MINI TENAGA MATAHARI

Abstrak

PEMANAS AIR TENAGA MATAHARI

Pemanas air mini tenaga matahari, khususnya thermal storage yang dibuat menyatu dengan pelat absorber untuk menyimpan panas yang telah diserap oleh pelat absorber tersebut

PERFORMANCE INVESTIGATION OF SOLAR WATER HEATING SYSTEM WITH V-SHAPED ABSORBER PLATE INTEGRATED PCM STORAGE

Jalaluddin¹, *, Rustan Tarakka¹ and Andi Amijoyo Mochtar¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Hasanuddin University, Jl. Poros Malino KM. 6 Bontomarannu Gowa, 92171, Indonesia

*jalaluddin_had@yahoo.com

ABSTRACT

The use of solar energy source using solar water heating (SWH) system for hot water supply is increasing due to environmentally friendly technology. Increasing on application of solar energy equipments 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. Integrated V-shaped absorber plate with phase change material (PCM) energy storage in the SWH system was installed and its performance was investigated. The results show that average efficiency of the SWH system with PCM storage using paraffin operated from 09:00 to 16:00 local time is 43, 56 and 68% for flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively. For the SWH system without PCM storage operated with the same time, its average efficiency is 36, 49 and 60 % for flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively. This fact indicated that efficiency of the SWH system using PCM storage increased significantly of 20%, 14% and 13% with flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively compared with that of without PCM storage. In addition, characteristics of the PCM storage are shown clearly from 16:00 to 20:00 local time. Average of storage energy for the SWH system with PCM storage is 121, 127 and 225 Watt for flowrates of 0.5; 1 and 1.5 L/min respectively.

Keywords: Solar water heater system, V-shaped absorber plate, phase change material (PCM)