



**PENGARUH VARIASI JENIS CAIRAN PENUKAR PANAS  
TERHADAP KINERJA PEMANAS AIR TENAGA SURYA  
SISTEM PELAT DATAR YANG MENGGUNAKAN PRINSIP  
SIRKULASI PAKSA**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Zainul Arifin  
NIM. 091910101089**

**PROGRAM STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**PENGARUH VARIASI JENIS CAIRAN PENUKAR PANAS  
TERHADAP KINERJA PEMANAS AIR TENAGA SURYA  
SISTEM PELAT DATAR YANG MENGGUNAKAN PRINSIP  
SIRKULASI PAKSA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**Oleh**

**Zainul Arifin  
NIM. 091910101089**

**PROGRAM STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan puja hanya untuk Allah SWT. Tuhan semesta alam, dan semoga sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT. Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga ridho dan ampunanMu selalu mengiringi tiap langkah hambaMu yang lemah ini.
2. Rasulullah SAW. Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah kau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. Keluarga, Ibunda tercinta Nurkholifah, Ayahanda tercinta Ahmad Fauzi Terima kasih atas semua hamparan cinta kasih, keringat, rupiah, pengorbanan, dan setiap hal kecil yang telah tercurahkan dan mendidik anakmu ini dengan penuh kesabaran. Yang aku berikan ini tidak akan cukup untuk membalas semua yang telah kalian berikan. Adikku Fitri Nur Annisa terima kasih atas semua dukungan semangat, kekuatan, doa-doa, cinta kasih yang telah diberikan sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
4. Semua dosen jurusan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya, terutama Bapak Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T. sebagai pembimbing utama dan Bapak Dedi Dwi laksana, S.T., M.T. sebagai pembimbing anggota, Bapak Andi Sanata S.T., M.T. sebagai dosen penguji I, serta Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. sebagai penguji II.
5. Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, yang telah mengantarkanku kejenjang pendidikan yang lebih tinggi.
6. Sahabat–sahabat terbaikku *Team Water Solar Heater*, Ervin Setyabudi. Terima kasih atas dukungannya selama ini. Teman *sharing*, teman ngobrol, dan teman penghibur di kala sedih.

7. Penghuni kosan 48 C Mas Taufik, Mas muis, Ervin, Pandu, Estu, Teguh, Yuli, Reza, Bisri, dan Sandi dengan perhatian, semangat, kasih sayang kalian yang telah menjadi motivasiku dan semangatku.
8. Sahabat-sahabat N-Gine (Engine 09), setiap langkah perjalanan dengan kalian takkan pernah terlupakan olehku, dijaga terus solidaritinya.
9. Dan untuk semua orang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan do'anya.

## **MOTTO**

Orang yang berjaya dalam hidup adalah orang yang nampak tujuannya dengan jelas dan menjurus kepadanya tanpa menyimpang.

(Cecil B. DeMille)

Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.

(Andrew Jackson)

Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akherat, maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu”.

(HR. Turmudzi)

Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitar anda dengan penuh kesadaran.

(James Thurber)

Orang yang paling tidak bahagia ialah mereka yang paling takut pada perubahan.

(Mognon Me Lauhlin)

Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia, tetapi hanya kamu sendiri yang menangis; dan pada kematianmu semua orang menangis sedih, tetapi hanya kamu sendiri yang tersenyum.

(Mahatma Gandhi)

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Zainul Arifin**

NIM : **091910101089**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Variasi Jenis Cairan Penukar Panas Terhadap Kinerja Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pelat Datar Yang Menggunakan Prinsip Sirkulasi Paksa” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Februari 2014  
Yang menyatakan,

Zainul Arifin  
NIM. 091910101089

## **SKRIPSI**

# **PENGARUH VARIASI JENIS CAIRAN PENUKAR PANAS TERHADAP KINERJA PEMANAS AIR TENAGA SURYA SISTEM PELAT DATAR YANG MENGGUNAKAN PRINSIP SIRKULASI PAKSA**

Oleh

Zainul Arifin

NIM. 091910101089

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul ”Pengaruh Variasi Jenis Cairan Penukar Panas Terhadap Kinerja Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pelat Datar Yang Menggunakan Prinsip Sirkulasi Paksa” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 11 Februari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Aris Zainul Muttaqin, S.T.,M.T.  
NIP. 19681207 199512 1 002

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.  
NIP. 19691201 199602 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Andi Sanata, S.T., M.T.  
NIP. 19750502 200112 1 001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.  
NIP. 19600812 199802 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001



## RINGKASAN

Pengaruh Variasi Jenis Cairan Penukar Panas Terhadap Kinerja Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pelat Datar Yang Menggunakan Prinsip Sirkulasi Paksa; **Zainul Arifin, 091910101089; 2014: 84 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Energi matahari sejauh ini pemanfaatannya paling banyak yaitu untuk pemanas. Energi dari alam yang dimanfaatkan untuk pemanas air ini tidak akan habis, berbeda dengan pemanas air yang menggunakan tenaga listrik, gas atau minyak bumi. Seperti yang kita ketahui saat ini pasokan listrik sangat terbatas, apalagi di beberapa daerah masih mengalami krisis listrik. Selain itu dari sisi ekonomi, biaya yang dikeluarkan untuk membayar tagihan listrik juga semakin tinggi untuk setiap tahunnya. Indonesia yang terletak di daerah tropis ini sebenarnya memiliki suatu keuntungan cukup besar yaitu menerima sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun. Sayang sekali jika sinar matahari yang berlimpah di Indonesia dibiarkan begitu saja. Untuk itu maka pemanfaatan energi matahari ini dapat dimulai dari yang sederhana yaitu menangkap energi yang dihasilkan dari sinar matahari dengan pelat datar kemudian diteruskan ke pipa yang berisi air.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah prototype pemanas air tenaga surya, termometer digital, dan jam. Bahan yang digunakan adalah air, air garam 3.5 % dan minyak sawit. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah mendesain prototype pemanas air tenaga surya sebanyak 1 buah dengan ukuran panjang 46,5 cm, tinggi 61,5 cm, dimensi boks kolektor kaca 50 x 35 x 10 cm, dimensi pelat absorber seng 34,4 x 49,4 cm, panjang pipa kolektor 270,8 cm, panjang pipa PVC penghubung bagian atas 57,5 cm, panjang pipa PVC penghubung bagian bawah : 93 cm diameter pipa PVC 1/2 inch, pipa kolektor cairan pemanas berbahan alumunium ukuran 1/2 inch, panjang pipa penukar panas pada tangki air 20 cm, tangki pemanas

menggunakan kaca dengan ketebalan 3 mm sebagai tampungan air panas yang siap digunakan dengan kapasitas 4 liter.

Menempatkan termokopel pada masing-masing titik yang dicari misalkan pada pipa penghubung yang masuk kolektor, pelat absorber, pipa penghubung yang keluar kolektor, dan pada tangki air. Variabel bebas yang digunakan yaitu jenis cairan penukar panas (*heat exchanger*), variabel terikat yang digunakan yaitu suhu air pada tangki. Prosedur pengambilan datanya yaitu membandingkan nilai kinerja kolektor, suhu cairan penukar panas masuk kolektor, suhu cairan penukar panas keluar kolektor, dan suhu air pada tangki. Penelitian dilakukan pada waktu siang hari pukul 09.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB dengan sumber radiasi matahari secara langsung, dengan pengambilan data per 30 menit sekali dan dilakukan sebanyak 3 kali pada hari yang berbeda dengan jenis cairan yang berbeda.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai kapasitas panas suatu zat pemanas, maka kalor yang di butuhkan untuk menaikkan suhu zat pemanas akan semakin tinggi sehingga memerlukan waktu pemanasan yang cukup lama dan lambat penurunan suhunya. Apabila kapasitas panas suatu zat pemanas relatif kecil maka suhu yang di hasilkan zat pemanas akan cepat meningkat, tetapi juga akan cepat mengalami penurunan suhu. Untuk zat pemanas dengan media air suhu tertinggi air dalam tangki yang di hasilkan pada pukul 11.30 WIB sebesar 43,1 °C dan terendah pada pukul 11.30 WIB sebesar 28 °C. Untuk zat pemanas dengan media air garam 3,5 % suhu tertinggi air dalam tangki yang di hasilkan pada pukul 11.30 WIB sebesar 46,5 °C dan terendah pada pukul 11.30 WIB sebesar 31,8 °C. Untuk zat pemanas dengan media minyak sawit suhu tertinggi air dalam tangki yang di hasilkan pada pukul 11.30 WIB sebesar 49,8 °C dan terendah pada pukul 11.30 WIB sebesar 34,8 °C.

Suhu tertinggi di hasilkan oleh zat pemanas dengan media minyak sawit pada pukul 11.30 WIB. Suhu terendah di hasilkan oleh zat pemanas dengan media air pada pukul 11.30 WIB.

Kinerja pemanas air maksimum terdapat pada cairan penukar panas minyak sawit dengan kinerja pada pukul 11.30 WIB sebesar 8,561 watt. Kinerja pemanas air minimum terdapat pada cairan penukar panas air dengan kinerja pada pukul 11.30 WIB sebesar 7,038 watt.

## SUMMARY

**Effect of Heat Exchanger Fluids Towards Performance Of Flat Plate Type Solar Water Heater; Zainul Arifin, 091910101089; 2014: 84 pages; Mechanical Engineering Faculty of Jember University**

Solar energy utilization by far the most that for heating. Energy of nature is utilized for heating water will not run out, unlike water heaters that use electricity, gas or oil. As we know the current power supply is very limited, especially in some areas are still experiencing a power crisis. In addition, from an economic standpoint, the cost to pay the electricity bill is also higher for each year. Indonesia is located in the tropical area actually has a pretty big advantage that receive continuous sunlight throughout the year. Too bad if sunlight is abundant in Indonesia unpunished. For those reasons, the utilization of solar energy can be started from the simple which captures the energy generated from the sun with a flat plate and then passed on to the pipe containing water.

The equipment used in the testing was a prototype solar water heater, digital thermometer, and clock. The material used is water, 3.5% salt water and palm oil. The method used in this research is to design a prototype solar water heater as much as 1 piece with a length of 46.5 cm, height 61.5 cm, glass collector box dimensions 50 x 35 x 10 cm, zinc absorber plate dimensions 34.4 x 49.4 cm, length 270.8 cm collector pipe, length of PVC pipe connecting the top 57.5 cm, length of PVC pipe connecting the bottom: 93 cm diameter PVC pipe 1/2 inch, liquid collector pipe heating aluminum size 1/2 inch long pipe heat exchanger at 20 cm water tank, heater tank using glass with a thickness of 3 mm as the hot water reservoir that is ready for use with a capacity of 4 liters.

Placing thermocouples at each point on the pipe connecting sought suppose that makes collectors, absorber plates, pipes connecting the collector exit, and the water tank. The independent variables used are the type of liquid heat exchanger (heat exchanger), the dependent variable used is the temperature of the water in the tank.

Data retrieval procedure is to compare the performance of the collector value, the temperature of the fluid entering the collector heat exchanger, liquid heat exchanger exit temperature of the collector, and the temperature of the water in the tank. The study was conducted during the day at 09.00 am until 12.00 pm to sources of direct solar radiation, the retrieval of data per 30 minutes once and do as much as 3 times on different days with different types of liquids.

From the research conducted, it can be concluded that the greater the value of the heat capacity of a substance heaters, the heat is needed to raise the temperature of the heater will be higher so it takes quite a long warm-up time and slow decrease in temperature. If the heat capacity of a substance is relatively small then the heating temperature in the heater will generate substances quickly rise, but will also experience a rapid drop in temperature. For substances with medium water heaters highest temperature in the water tank which is derived at 11:30 pm at 43.1 0C and lowest at 11:30 pm at 28 0C. For substances with medium brine heater 3.5% highest temperature of water in the tank that produced at 11:30 pm at 46.5 0C and at 11:30 pm the lowest of 31.8 0C. For substances with medium heating oil palm highest temperature of water in the tank that produced at 11:30 pm and the lowest of 49.8 0C at 11:30 pm of 34.8 0C.

The highest temperature produced by heating a substance with media palm oil at 11:30 pm. The lowest temperature in a substance produced by heating the aqueous media at 11:30 pm.

Maximum water heater performance liquid contained in the palm oil heat exchanger with a performance at 11:30 pm of 8.561 watts. The minimum water heater performance liquid heat exchanger located on the water with a performance at 11:30 pm at 7,038 watts.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Jenis Cairan Penukar Panas Terhadap Kinerja Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pelat Datar Yang Menggunakan Prinsip Sirkulasi Paksa”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selalu tiada lelah mendidik dan menasehatiku, kakak-kakakku yang tersayang, serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
2. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Andi Sanata, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama, selaku Dosen Pembimbing Utama Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T., dan Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Andi Sanata, S.T., M.T., selaku penguji pertama dan Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku penguji kedua yang telah memberikan saran dan waktu.

6. Semua guruku dari Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
7. Teman–teman KKT kelompok 5 Situbondo Desa Kotakan, terima kasih untuk saling mengingatkan skripsi masing-masing.
8. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
9. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
10. Seluruh teman-teman angkatan 2009 (Nine-Gine) yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis mengucapkan terimakasih atas segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 11 Februari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	xi
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat .....</b>	<b>3</b>
1.4.1. Tujuan .....	3
1.4.2. Manfaat .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Perpindahan Panas (<i>Heat Transfer</i>) .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Konduksi/Hantaran ( <i>Conduction</i> ).....	4
2.1.2 Konveksi( <i>Convection</i> ).....	5
2.1.3 Radiasi( <i>Radiation</i> ).....	6
<b>2.2 <i>Heat Exchanger</i> .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Kapasitas Panas dan Panas Spesifik .....</b>	<b>8</b>



2.4 Hubungan Kalor dengan Jenis Zat .....	9
2.5 Beda Suhu Rata-Rata Log (LMTD) .....	11
2.6 Metode NTU Efektivitas .....	12
2.7 Viskositas .....	15
2.8 Densitas .....	16
2.9 Air .....	16
2.10 Minyak Kelapa Sawit .....	17
2.11 Kolektor Seng .....	17
2.12 Kinerja Pemanas .....	19
2.13 Hipotesa .....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Mekanisme Kerja Alat.....	20
3.2 Langkah-Langkah Penelitian.....	21
3.2.1 Studi Pustaka.....	21
3.2.2 Studi Lapangan dan Identifikasi Masalah.....	21
3.2.3 Pengumpulan Data.....	22
3.2.4 Penentuan Nilai Variabel.....	22
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.4 Alat dan Bahan .....	22
3.4.1 Alat.....	22
3.4.2 Bahan .....	23
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	24
3.5.1 Penetapan Variabel Terikat dan Variabel Bebas.....	24
3.5.2 Pemilihan Parameter .....	24
3.5.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.6 Persiapan Pengujian .....	26
3.7 Pengukuran Parameter .....	26
3.7.1 Suhu Cairan Penukar Panas .....	26
3.8 Skema Alat Pengujian .....	28

<b>3.9 Flow Chart Penelitian</b> .....	30
<b>3.10 Tabel Percobaan</b> .....	31
<b>3.11 Jadwal Pelaksanaan Penelitian</b> .....	33
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
<b>4.1 Data Percobaan</b> .....	35
<b>4.2 Pembahasan</b> .....	40
4.2.1 Kinerja Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya .....	40
4.2.3 Suhu Cairan <i>Heat Exchanger</i> Masuk Kolektor .....	41
4.2.4 Suhu Cairan <i>Heat Exchanger</i> Keluar Kolektor .....	42
4.2.4 Suhu Air Pada Tangki .....	43
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	44
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	44
<b>5.2 Saran</b> .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	46
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>A.1 LAMPIRAN PERHITUNGAN</b> .....	49
<b>B.1 LAMPIRAN TABEL</b> .....	59
<b>C.1 LAMPIRAN GRAFIK</b> .....	63
<b>D.1 LAMPIRAN GAMBAR</b> .....	65

## DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Konduktivitas termal bahan dasar <i>absorber</i> .....	4
TABEL 2.2 Tabel kapasitas panas suatu zat.....	9
TABEL 2.3 Tabel titik didih dan titik beku cairan .....	9
TABEL 2.4 Tabel kalor jenis zat .....	10
TABEL 2.5 Tabel Persamaan-persamaan NTU untuk penukar panas.....	15
TABEL 3.1 Hasil penelitian yang akan dilakukan untuk fluida air.....	31
TABEL 3.2 Hasil penelitian yang akan dilakukan untuk fluida air garam 3.5 % .....	31
TABEL 3.3 Hasil penelitian yang akan dilakukan untuk fluida minyak sawit .....	32
TABEL 3.4 Jadwal pelaksanaan penelitian .....	33
TABEL 4.1 Hasil penelitian fluida air pada jam 09.00-12.00 WIB .....	35
TABEL 4.2 Hasil penelitian fluida air garam 3.5 % pada jam 09.00-12.00 WIB .....	35
TABEL 4.3 Hasil penelitian fluida minyak sawit pada jam 09.00-12.00 WIB .....	36
TABEL 4.3 Hasil perhitungan kinerja kolektor fluida air .....	36
TABEL 4.4 Hasil perhitungan kinerja kolektor fluida air garam 3.5 %.....	36
TABEL 4.4 Hasil perhitungan kinerja kolektor fluida minyak sawit.....	37
TABEL 4.4 Nilai viskositas zat .....	37

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 Grafik faktor koreksi untuk penukar kalor dengan satu lintas selongsong dan dua, empat, atau masing-masing kelipatan dari lintas tabung .....	12
GAMBAR 2.2 Bagan efektivitas penukar kalor Kays dan London.....	14
GAMBAR 3.1 Tangki penyimpan air panas.....	23
GAMBAR 3.2 Boks kolektor surya.....	25
GAMBAR 3.3 Bagian-bagian pemanas air tenaga surya .....	28
GAMBAR 3.4 <i>Flowchart</i> penelitian .....	30
GAMBAR 4.1 Hubungan waktu terhadap kinerja kolektor.....	37
GAMBAR 4.2 Hubungan waktu terhadap suhu cairan <i>heat exchanger</i> masuk kolektor .....	38
GAMBAR 4.3 Hubungan waktu terhadap suhu cairan <i>heat exchanger</i> keluar kolektor .....	38
GAMBAR 4.4 Hubungan waktu terhadap suhu air pada tangki.....	39

## DAFTAR NOTASI

$k$	= konduktivitas termal, W/m.K
$T$	= suhu (temperatur), $^{\circ}\text{C}$ (K)
$\Delta T$	= beda suhu, $^{\circ}\text{C}$ (K)
$H$	= koefisien perpindahan panas konveksi, W/m <sup>2</sup> .K
$\rho$	= densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_0$	= densitas zat cair, kg/m <sup>3</sup>
$t$	= waktu, (menit)
$d$	= diameter pipa, inch
$cp$	= centipoise
$\mu$	= viskositas dinamik, kg/m.s
$cp, c$	= kalor spesifik, kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$
$\dot{m}$	= laju aliran massa, kg/s
$\Delta T_m$	= beda suhu rata-rata log, $^{\circ}\text{C}$
$C$	= kapasitas panas zat
$T_{a1}$	= temperatur cairan penukar panas masuk kolektor, $^{\circ}\text{C}$
$T_{a2}$	= temperatur cairan penukar panas keluar kolektor, $^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{air tangki}}$	= temperatur air pada tangki, $^{\circ}\text{C}$
$Q$	= debit, m <sup>3</sup> /s