

SOLAR WATER HEATER SYSTEM WITH SERI PIPE

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagian syarat
Mencapai derajat sarjana S-1**

**Progran Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin**



**Diajukan oleh :
Agus Tomy Sukarno
NIM : 98 5214 080**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2004

SOLAR WATER HEATER SYSTEM WITH SERI PIPE

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagian syarat
Mencapai derajat sarjana S-1**

**Progran Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin**



**Diajukan oleh :
Agus Tomy Sukarno
NIM : 98 5214 080**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2004

TUGAS AKHIR
SOLAR WATER HEATER SYSTEM
WITH SERI PIPE

Oleh :
Agus Tomy Sukarno
NIM : 98 5214 080

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

Tanggal :

TUGAS AKHIR

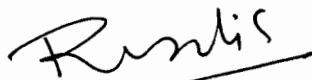
SOLAR WATER HEATER SYSTEM WITH SERI PIPE

Yang dipersiapkan oleh :
Nama : Agus Tomy Sukarno
NIM : 98 5214 080

Telah dipertahankan didepan dewan penguji
Pada Tanggal : 8 November 2004

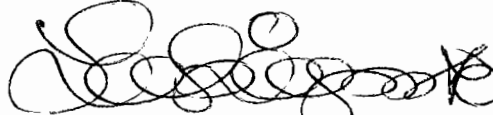
Susunan dewan penguji

Pembimbing Utama



Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

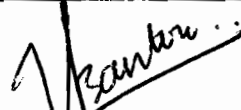
Anggota dewan penguji



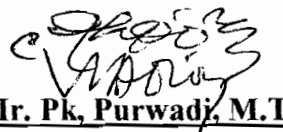
Ir. YB. Lukivanto, M.T.



Yosep Agung Cahyanta, S.T., M.T.



Ir. Fx. Agus Unggul Santoso



Ir. Pk. Purwadi, M.T.

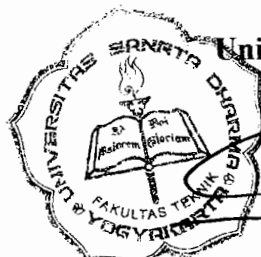
Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 1 Desember 2004

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Dekan



Ir. Greg Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc.

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi . Dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang seperti tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 Desember 2004
Penulis

Agus Tomy Sukarno

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

- 1. Orang tua saya tercinta yang telah memberikan suport baik moral maupun material*
- 2. Saudara saudari terkasih*
- 3. Kekasih saya tercinta*
- 4. Diri saya sendiri*
- 5. Teman teman*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan anugerah yang telah diberikan-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Saya menyadari bahwa tugas ini dapat saya selesaikan tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak. Ir. FA.Rusdi Sambada, M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah berkenan meluangkan waktu memberi bimbingan dan pengarahan sampai Tugas Akhir ini selesai.
2. Bapak Ir. FA.Rusdi Sambada, M.T selaku dosen pembimbing akademik angkatan 1998 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Seluruh Dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta yang telah memberikan ilmu sebagai dasar yang sangat berguna bagi saya.
4. Seluruh karyawan Laboratorium Teknik Mesin yang telah sudi memberi bantuan informasi dan penggunaan peralatan laboratorium perancangan.

5. Orang tua saya atas semua yang telah saya terima demi menyelesaikan studi saya baik berupa materiil maupun spirituil di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
6. Semua teman–teman Angkatan 1998 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta atas semua bantuan yang telah saya terima
7. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tugas ini. Sekali saya ucapkan terima kasih.

Saya menyadari bahwa tugas yang telah saya buat ini tidak sepenuhnya baik dan benar yang disebabkan oleh kurang telitinya saya dalam mengerjakannya. Oleh karena itu jika para pembaca sekalian menemukan adanya kesalahan baik itu teori yang saya gunakan, semua perhitungan beserta rumus-rumus maupun penulisan yang salah secara redaksional, saya harapkan pembaca sekalian dapat memberikan koreksi dan kritikan, karena bagi saya koreksi dan kritikan pembaca sekalian sungguh sangat membantu saya pada masa yang akan datang dalam penulisan karya ilmiah yang serupa.

Penulis

ABSTRACT

Thermosiphon solar water heater is one of water heater systems with natural circulation. This system was used to flow water from collector to tank based on water temperature difference. Collector plate would receive radiation spured by sun and absorbed by water in the collector pipe. The water flowing in to the pipe attaching to the collector would be hot resulting the difference of water so the water flow through collector to the tank, so that the water in the collector would flow naturally in to the uper side of the tank. Mean while, coller water existing in the lower side of the tank would fill the collector. Such a circulation would continue until all of the systems reach approximately uniformed water temperature. This thermosiphon water heater is relatirely cheap, simple and effectif. This system is one of alternative energy usages, which is very good to use in meeting hot water need efficiently economically and safe for the environment.

INTISARI

Pemanas air termosifon merupakan salah satu sistem pemanas air konveksi alami. Sistem ini adalah untuk mengalirkan air dari sebuah kolektor ke dalam tangki berdasarkan kenaikan temperatur air. Pelat kolektor akan menerima radiasi yang di pancarkan matahari dan diserap oleh kolektor. Air yang mengalir dalam pipa yang menempel pada kolektor akan menjadi panas, yang akan mengakibatkan perbedaan massa jenis air dalam kolektor dan tangki. Sehingga air dalam kolektor akan mengalir secara alami menuju ke tangki bagian atas. Sementara air dingin yang berada pada tangki bagian bawah akan mengalir mengisi kolektor. Sirkulasi berlanjut sampai seluruh sistem kira-kira mencapai temperatur air yang uniform. Pemanas air dengan sistem termosifon ini relatif murah, sederhana, dan efektif. Sistem ini merupakan salah satu pemanfaatan energi alternatif yang sangat baik digunakan untuk memenuhi kebutuhan air panas secara efisien, ekonomis serta ramah lingkungan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	viii
INTISARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Tujuan Umum	1
I.2 Faktor Pertimbangan Dalam Termosifon	3
I.3 Skema dan Ukuran Pemanas Air Termosifon	5
BAB II DASAR TEORI	
II.1 Komponen Pemanas Air Termosifon	6
II.2 Tinjauan Perpindahan Kalor	7
II.3 Radiasi Surya	10
II.4 Kolektor Surya	13
II.5 Koefisien kerugian panas total (U_L)	14



II.6 Efisiensi sirip (F)	18
II.7 Faktor efisiensi (F')	18
II.8 Faktor Pelepas Panas (F _R).....	20
II.9 Efisiensi Thermal (η).....	21
BAB III DATA PENELITIAN DAN HASIL PERHITUNGAN	
III.1 Data-data Hasil Penelitian	23
III.2 Koefisien Kerugian dari Kolektor	27
III.3 Efisiensi Sirip	34
III.4 Faktor Efisiensi.....	38
III.5 Faktor Pelepas Panas	38
III.6 Efisiensi Thermal	38
BAB IV ANALISIS DATA	
IV.1 Temperatur Keseluruhan.....	42
IV.2 Temperatur Rata-rata Dalam Tangki Penyimpan Air Panas.....	46
IV.3 Temperatur Air Keluar	48
IV.4 Koefisien Kerugian Kalor	50
IV.5 Kalor Berguna	52
IV.6 Efisiensi Thermal Kolektor Pipa Seri dengan Kolektor Pipa Seri dengan Reflector	53
IV.7 Efisiensi Thermal Kolektor Pipa Seri dengan Kolektor Pipa Pararel	55
BAB V PENUTUP.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skema dan Ukuran Pemanas Air Termosifon	5
Gambar 2.1	Spektrum Elektromagnetik	11
Gambar 2.2	Radiasi Sorotan Dan Radiasi Sebaran	12
Gambar 2.3	Pengaruh Radiasi Datang	12
Gambar 2.4	(a) Spekular ($\theta_1 - \theta_2$) (b) Refleksi baur	13
Gambar 2.5	Kerugian Panas Kolektor.....	14
Gambar 2.6	Sirkuit ekivalen untuk tahanan perpindahan panas melalui bagian atas kolektor.....	15
Gambar 2.7	Koefisien konfeksi alam hi dalam celah udara.....	16
Gambar 2.8	Penampang Lintang suatu pemanas cairan surya	18
Gambar 2.9	Aliran Panas kedalam cairan	19
Gambar 2.10	Bilangan Nusselt dalam pipa pendek untuk berbagai bilangan Prandtl.....	20

DAFTAR TABEL

- Tabel 3-1.** Data penelitian termosifon pipa seri 14 April 2004
- Tabel 3-2.** Data penelitian termosifon pipa seri 15 April 2004
- Tabel 3-3.** Data penelitian termosifon pipa seri 16 April 2004
- Tabel 3-4.** Data penelitian termosifon pipa seri 17 April 2004
- Tabel 3-5.** Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 14 April 2004
- Tabel 3-6.** Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 15 April 2004
- Tabel 3-7.** Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 16 April 2004
- Tabel 3-8.** Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 17 April 2004
- Tabel 3-9.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 14 April 2004
- Tabel 3-10.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 15 April 2004
- Tabel 3-11.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 16 April 2004
- Tabel 3-12.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 17 April 2004
- Tabel 3-13.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 14 April 2004
- Tabel 3-14.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 15 April 2004
- Tabel 3-15.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 16 April 2004
- Tabel 3-16.** Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 17 April 2004
- Tabel 3-17.** Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 14 April 2004
- Tabel 3-18.** Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 15 April 2004
- Tabel 3-19.** Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 16 April 2004
- Tabel 3-20.** Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 17 April 2004
- Tabel 3-21.** Hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri dengan reflektor 14 April 2004

- Tabel 3-22.** Hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri dengan reflektor 15 April 2004
- Tabel 3-23.** Hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri dengan reflektor 16 April 2004
- Tabel 3-24.** Hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri dengan reflektor 17 April 2004
- Tabel 3-25.** Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 14 April 2004
- Tabel 3-26.** Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 15 April 2004
- Tabel 3-27.** Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 16 April 2004
- Tabel 3-28.** Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 17 April 2004
- Tabel 3-29.** Perhitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 14 April 2004
- Tabel 3-30.** Perhitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 15 April 2004
- Tabel 3-31.** Perhitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 16 April 2004
- Tabel 3-32.** Perhitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 17 April 2004
- Tabel 3-33.** Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 14 April 2004
- Tabel 3-34.** Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 15 April 2004
- Tabel 3-35.** Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 16 April 2004
- Tabel 3-36.** Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 17 April 2004
- Tabel 3-37.** Hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 14 April 2004
- Tabel 3-38.** Hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 15 April 2004
- Tabel 3-39.** Hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 16 April 2004
- Tabel 3-40.** Hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 17 April 2004
- Tabel 3-41.** Data efisiensi rata-rata

DAFTAR GRAFIK

- Grafik 4.1** Distribusi suhu terhadap waktu , kolektor pipa seri 14April 2004
- Grafik 4.2** Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri 15 April 2004
- Grafik 4.3** Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri 16 April 2004
- Grafik 4.4** Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri, 17 April 2004
- Grafik 4.5** Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflector 14April 2004
- Grafik 4.6** Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 15April 2004
- Grafik 4.7** Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 16April 2004
- Grafik 4.8** Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 17April 2004
- Grafik 4.9** Temperatur tangki penyimpanan air panas 14 April 2004
- Grafik 4.10** Temperatur tangki penyimpanan air panas 15 April 2004
- Grafik 4.11** Temperatur tangki penyimpanan air panas 16 April 2004
- Grafik 4.12** Temperatur tangki penyimpanan air panas 17 April 2004
- Grafik 4.13** Temperatur air keluar 14 April 2004
- Grafik 4.14** Temperatur air keluar 15 April 2004
- Grafik 4.15** Temperatur air masuk 16 April 2004
- Grafik 4.16** Temperatur air keluar 17 April 2004
- Grafik 4.17** Kerugian kalor 14 April 2004
- Grafik 4.18** Kerugian kalor 15 April 2004
- Grafik 4.19** Kerugian kalor 16 April 2004
- Grafik 4.20** Kerugian kalor 17 April 2004
- Grafik 4.21** Kalor berguna rata-rata per hari

Grafik 4.22 Kurva efisiensi 14 April 2004

Grafik 4.23 Kurva efisiensi 15 April 2004

Grafik 4.24 Kurva efisiensi 16 April 2004

Grafik 4.25 Kurva efisiensi 17 April 2004

Grafik 4.26 Kurva efisiensi total 14 April 2004

Grafik 4.27 Kurva efisiensi total 15 April 2004

Grafik 4.28 Kurva efisiensi total 16 April 2004

Grafik 4.29 Kurva efisiensi total 17 April 2004

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Tinjauan Umum

Seiring dengan perkembangan jaman dan pertumbuhan jumlah penduduk yang kian bertambah, secara otomatis akan membuat kebutuhan primer maupun sekunder manusia turut bertambah.

Salah satu kebutuhan yang dirasa tidak pernah lepas dari kehidupan manusia sehari-hari adalah kebutuhan akan energi alam maupun energi olahan. Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik merupakan sesuatu yang mendukung dalam aktifitas manusia. Hampir semua aspek kehidupan tidak dapat lepas dari kebutuhan akan energi listrik tersebut. Dengan adanya energi listrik semua dapat dijalankan dengan mudah, mulai dari memasak, mencuci, sampai menghidupkan mesin dipermudah dengan adanya energi listrik tersebut. Energi listrik dibutuhkan pada semua kalangan mulai dari rumah tangga, pertokoan, sekolah, dunia hiburan, industri-industri dan masih banyak lagi. Kebutuhan akan energi listrik ini semakin hari terus bertambah. Pemakaian energi listrik ini perlu disediakan dana yang cukup mahal. Dan kapasitas yang disediakan oleh sumber pembangkit energi listrikpun sangat terbatas. Kapasitas kemampuan untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik tersebut ada

kemungkinan tak terpenuhi, dan dana untuk mendapatkan energi listrik tersebut terus semakin meningkat.

Untuk mengatasi hal tersebut maka sangat perlu dicari energi alternatif untuk menghemat biaya dan juga energi listrik tersebut. Salah satu energi alam yang tak ada habisnya adalah energi dari cahaya matahari. Saat ini industri, rumah sakit, dan rumah tangga telah memanfaatkan energi matahari untuk memenuhi kebutuhan. Salah satunya adalah untuk memenuhi kebutuhan air panas. Industri-industri, rumah sakit membutuhkan kebutuhan tersebut dengan kapasitas sangat besar. Mereka memenuhi kebutuhan akan air panas dengan menggunakan pemanas air berupa kolektor dengan kapasitas yang cukup banyak. Tujuan dari semua ini adalah untuk menghemat biaya dan energi listrik. Sebagian besar dari masyarakat menggunakan pemanas air tenaga surya untuk menghasilkan air panas. Sistem pemanas ini sering dikenal dengan pemanas air termosifon. Pemanas air termosifon merupakan suatu metode konversi energi tenaga surya yang sederhana dan sangat efektif.

Ada 3 (tiga) jenis sistem pemanas air tenaga surya yaitu:

1.Sistem Termosifon

Sistem pemanas air termosifon merupakan sistem yang paling sederhana, efisien dan terpercaya. Sistem ini akan dipakai penulis dan diuraikann dalam bab berikutnya.

2.Sistem Sirkulasi Paksa

Sistem ini digunakan apabila diperlukan perlindungan terhadap pembekuann, sehingga larutan anti beku dapat disirkulasi melalui kolektor-kolektor tersebut dan panas yang diserap dipindah ke air di dalam tangki penyimpan dengan menggunakan sebuah penukar panas. Penukar panas ini akan mengurangi efisiensi sistem pemanas ini.

3.Sistem Aliran Balik

Sistem ini menggunakan udara tekan untuk mengembalikan air yang bersirkulasi melalui kolektor ke tangki penyimpan. Udara tekan ini dapat dipasok oleh sebuah kompresor yang kecil. Sedang yang disirkulasi adalah air minum biasa. Sehingga dalam hal ini tidak diperlukan penukar panas.

1.2 Faktor Pertimbangan Dalam Termosifon

Proses utama yang terjadi dalam alat pemanas air tenaga surya adalah pemanasan dengan menggunakan energi matahari diluar ruangan atau diatap. Energi matahari dapat diserap lebih banyak oleh plat penyerap diruangan terbuka.

1.2.1 Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari sistem pemanas air tenaga surya khususnya bagi negara-negara berkembang antara lain :

- Dapat mendapat air panas secara murah.
- Hemat biaya dari segi penghematan energi listrik.
- Tidak menggunakan Bahan Bakar Minyak.

- Lebih efisien dalam penggunaan dan perawatan
- Tidak merusak alam sekitar.

1.2.2 Beberapa keterbatasan dari sistem pemanas air tenaga surya, yaitu :

- Pembuatan alat pemanas air tenaga surya memerlukan waktu yang cukup lama.
- Alat pemanas air tenaga surya ini dapat difungsikan secara maksimal tergantung dari cuaca alam.

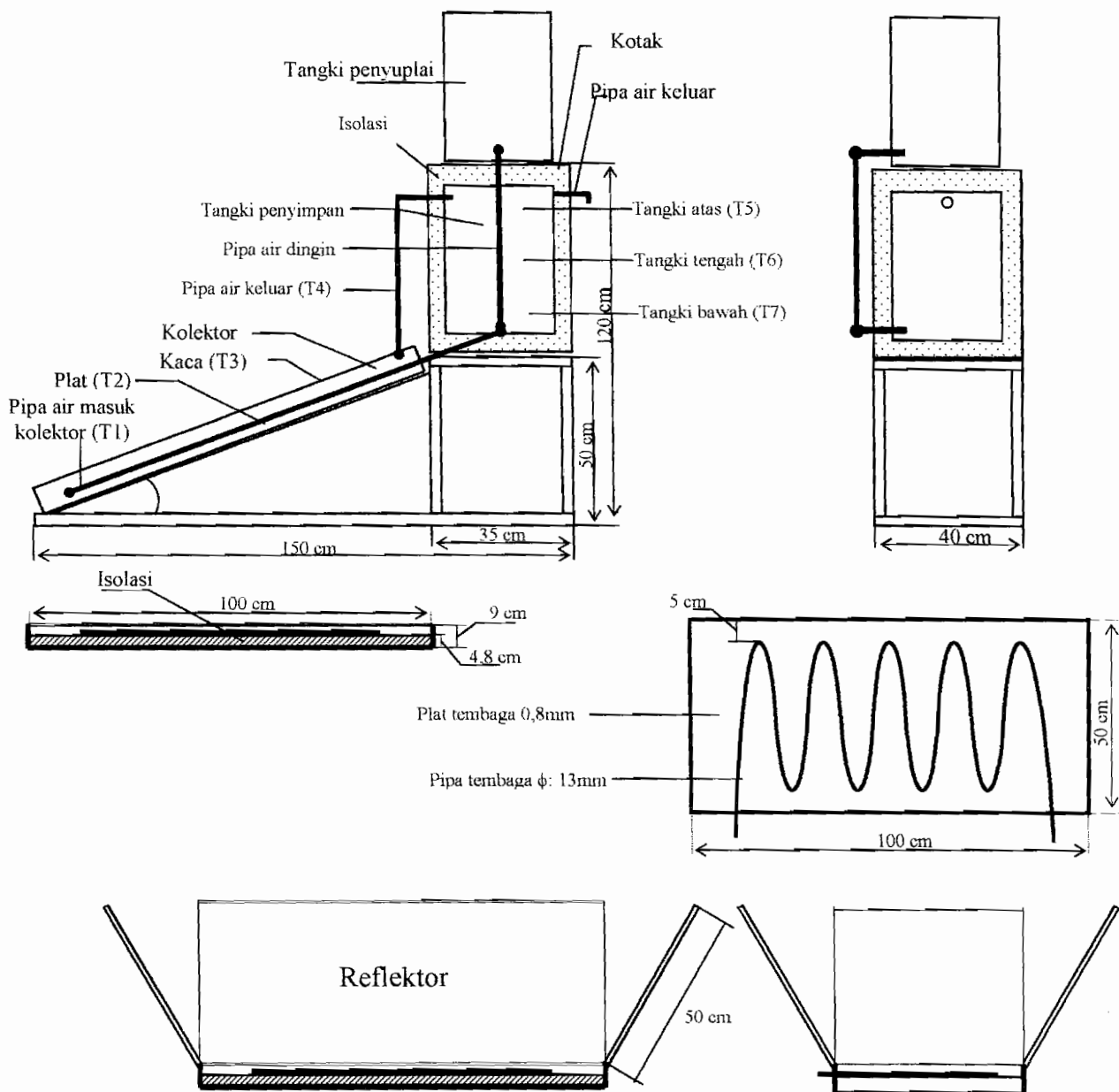
1.2.3 Cara kerja pemanas air tenaga surya :

Pemanas air tenaga surya ini merupakan suatu peralatan pemanas air yang menggunakan media pemanas yang diperoleh dari radiasi atau pancaran sinar matahari. Pada prinsipnya pemanas air tenaga surya ini didasari prinsip mekanika fluida dan peralatan-peralatan elemen perancangan peralatan konversi energi. Perencanaan *solar water heater system* mencakup prinsip-prinsip perpindahan panas radiasi, konveksi, maupun konduksi.

Pada pemanas air tenaga surya ini, prestasi termal kolektor surya plat rata digunakan dalam perancangan pemans surya cairan atau udara dan ditetapkan secara luas dalam stimulasi dan evaluasi sistem surya. Pemanas cairan surya pada umumnya terdiri dari selembur bahan konduktif termal yang biasa disebut plat penyerap yang terhubung dengan pipa atau pembawa cairan pemindah panas. Radisi termal ditransmisikan melalui penutup yang transparan dan diubah menjadi panas pada plat penyerap tersebut. Bagian dasar sisi-sisinya disolasi.

Alat pemanas ini digunakan untuk menyediakan air panas untuk keperluan industri maupun keperluan rumah tangga.

I.3 Skema dan Ukuran Pemanas Air Termosifon



BAB II

DASAR TEORI

Pemanas cairan tenaga surya pada umumnya terdiri dari selembar bahan konduktif termal yang disebut pelat penyerap yang menyambung pipa-pipa pembawa cairan pemindah panas, biasanya air. Radiasi surya ditransmisikan melalui penutup yang transparan atau kaca dan diubah menjadi panas pada pelat penyerap tersebut. Bagian dasar dan sisinya diisolasi.

II.1 Komponen Pemanas Air Termosifon

Sistem sirkulasi air panas adalah sistem air panas yang memutarakan air panas melalui pipa sedemikian hingga menghasilkan air panas yang stabil. Sebagai system pemanas air, maka peralatan ini juga membutuhkan komponen yang sesuai dengan jenis oprasional yang nantinya akan dijalankan mesin pemanas air termosifon.

Komponen-komponen tersebut diantaranya :

1. Tangki penyimpan air panas
2. Tangki penyuplai untuk air dingin
3. Pipa-pipa
4. Kaca dan isolasi
5. Rangka alat
6. Plat penyerap panas

II.2 Tinjauan Perpindahan Kalor

Sebagai gambaran mengenai cara perpindahan panas dalam sebuah alat pemanas cairan surya, dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, maupun radiasi. Panas mengalir secara konduktif sepanjang pelat penyerap dan melalui dinding saluran. Kemudian panas dipindahkan ke fluida dalam saluran dengan cara konveksi. Apabila sirkulasi dilakukan dengan sebuah pompa maka kita menyebutnya konveksi paksa. Pelat penyerap yang panas itu melepaskan panas ke pelat penutup kaca (umumnya menutupi kolektor) dengan cara konveksi alamiah dan dengan cara radiasi.

II.2.1 Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan kalor yang melalui media padat. Panas mengalir dari temperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Laju perpindahan kalor dinyatakan dengan hukum Fourier. (Prof. Wiranto Arismunandar 1995:8)

$$q = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) W (\text{watt}) \quad (2.1)$$

dimana :

k : konduktivitas termal $W/(m^2.k)$

A : luas penampang tegak lurus pada aliran panas, m^2 .

dT/dx : gradien temperatur dalam aliran panas, K/m .

Konduktivitas termal dari beberapa logam dan non logam yang digunakan dalam konduktivitas kolektor dalam lampiran Table 1.

II.2.2 Konveksi

Perpindahan kalor konveksi adalah perpindahan energi dalam bentuk kalor antara suatu permukaan dan fluida yang berada di atasnya.

Mekanisme perpindahan kalor konveksi adalah :

- Transfer energi karena adanya gerakan molekul secara acak.
- Transfer energi karena adanya gerakan fluida.

Perpindahan kalor konveksi dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

- Konveksi paksa

Konveksi paksa adalah konveksi dengan bantuan fluida yang bergerak di atasnya. Contohnya adalah pada sirip pendingin pada rangkaian elektronik yang dikenai udara dari blower yang dipasang didekatnya. Maka sifat konveksi dari konveksi paksa bergantung pada bentuk dan cara paksaan. Aliran konveksi paksa terdiri dari aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar terjadi pada arus berkecepatan kecil sehingga partikel zat bergerak menurut garis yang kira-kira sejajar, berbentuk lengkungan kontinyu yang mengikuti bentuk saluran. Pada kecepatan yang besar partikel zat bergerak secara bergolak dan gerakan ini disebut turbulen.

- Konveksi alamiah (termosifon)

Konveksi alamiah adalah perpindahan kalor konveksi terjadi karena partikel zat yang bertemperatur tinggi berpindah tempat secara mengalir sehingga dengan sendirinya terjadi perpindahan

kalor melalui perpindahan massa. Aliran zat atau fluida dapat berlangsung sendiri sebagai akibat perbedaan massa jenis karena perbedaan temperatur. Pada umumnya perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan hukum perpindahan Newton sebagai berikut (Prof. Wiranto Arismunandar 1995:9)

$$q = hA(T_w - T) \quad \text{W} \quad (2.2)$$

Dengan :

h : Koefisien konveksi, $W/(m^2.k)$

A : Luas permukaan, m^2 .

T_w : Temperatur dinding, K.

T : Temperatur fluida, K.

Koefisien konveksi h dinyatakan dengan parameter tanpa dimensi yang disebut bilangan Nusselt (menurut nama dari Wilhelm Nusselt).

$$N_U = h.d_i/k \quad (2.3)$$

Dengan :

k : Konduktivitas panas ($W/m.K$)

d_i : Diameter pipa (m)

II.2.3 Radiasi

Perpindahan kalor netto secara radiasi antara dua bahan ideal benda hitam adalah :

$$q = \sigma \frac{(T_p^4 - T_c^4)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad (2.4)$$

Dengan :

σ : Konstanta Stefan- Boltzman, $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

T_p : temperatur plat (K)

T_c : Temperatur kaca (K)

ε_p Emisitas penyerap panas

ε_g Emisitas kaca

Dalam kenyataan banyak permukaan benda merupakan pemancar ataupun penyerap kalor secara radiasi yang sempurna dari radiasi termal. Permukaan “kelabu” semacam ini ditandai oleh fraksi-fraksi dari jumlah ideal yang dipancarkan (ε , emisivitas) dan diserap (α , absorpsifitas).

II.3 RADIASI SURYA

Ada beberapa jenis radiasi electromagnetic, radiasi termal adalah salah satu diantaranya dan radiasi surya merupakan bagian dari radiasi termal. Radiasi ini akan merambat dengan kecepatan cahaya, $3 \times 10^{10} \text{ m/s}$. Kecepatan ini sama dengan hasil perkalian panjang gelombang dengan frekuensi radiasi.

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (2.5)$$

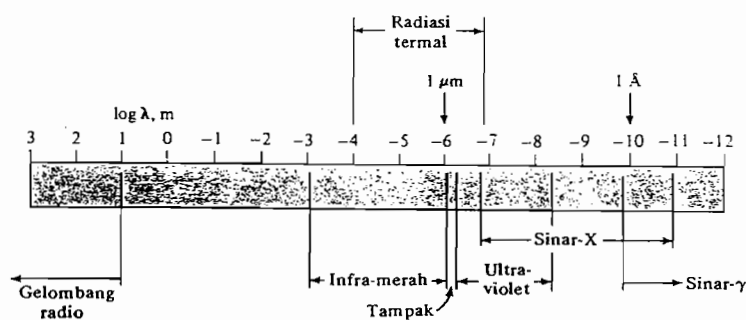
Dengan :

c : kecepatan cahaya (m/s)

λ : panjang gelombang (μm)

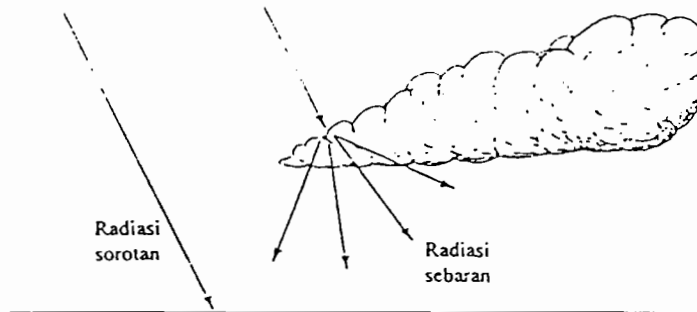
ν : frekuensi

Satuan λ boleh menggunakan cm, angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}$) atau micrometer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$). dalam gambar diperlihatkan panjang gelombang dan frekuensi dari radiasi termal dan posisi spectrum elektromagnetik.



Gambar 2.1. Spectrum elektromagnetik.
(Holman J.P, Perpindahan Kalor, hal 342)

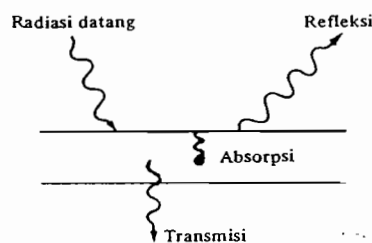
Radiasi surya adalah radiasi gelombang pendek yang diserap oleh pelat penyerap sebuah kolektor surya. Dimana radiasi global yang tersedia diluar atmosfer bumi sebesar 1353 W/m^2 . akan tetapi radiasi ini berkurang jumlahnya karena penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet); karbondioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi matahari yang datang secara langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi sebagai sebaran.



Gambar 2.2. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, hal 18)

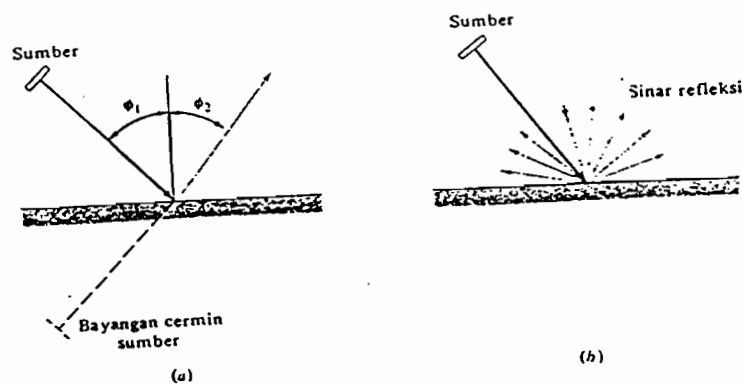
Selain radiasi sorotan dan sebaran, permukaan penerima juga mendapatkan radiasi yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan; jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi α (albeldo) dari permukaan yang berdekatan itu dan kemiringan permukaan yang menerima.

Untuk suatu permukaan, bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi itu dipantulkan, sebagian diserap, dan sebagian lagi diteruskan oleh benda yang transparan.



Gambar 2.3. Pengaruh radiasi datang
(Holman J.P. Perpindahan kalor, hal 343)

Untuk pemantulan ada dua fenomena yang dapat diamati bila radiasi menimpa suatu permukaan. Jika sudut jatuhnya sama dengan sudut refleksi maka dapat dikatakan refleksi spekular, dan apabila berkas itu tersebar secara merata ke segala arah sesudah refleksi, maka refleksi tersebut baur (diffuse).



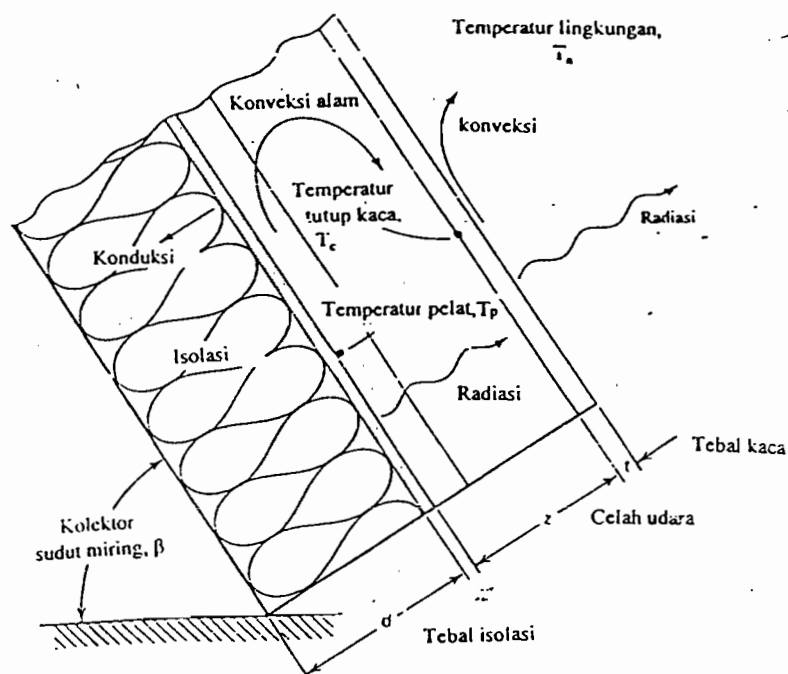
Gambar 2.4. (a) Spekular ($\phi_1 - \phi_2$) dan (b) Refleksi baur (Holman J.P. Perpindahan Kalor, hal 344)

II.4 Kolektor Surya

Kolektor surya yang digunakan dalam perancangan ini berbentuk kotak yang terbuat dari lembaran bahan konduktif (pelat tembaga dengan tebal 0.8 mm yang dicat hitam) dan di permukaan pelat tersebut di beri pipa tembaga dengan diameter 13 mm dan diisi air. Radiasi surya ditransmisikan melalui kaca transparan sehingga pelat tersebut menjadi panas. Bagian bawah pelat diislasi dengan glass wool atau serat kaca setebal 4.8cm.

II.5 Koefisien kerugian panas total (U_L)

Panas hilang dari bagian atas pelat penyerap karena konveksi alam dan radiasi kepermukaan dalam dari pelatpenutup kaca (sebagian dari radiasi itu akan melalui penutup kaca). Panas ini kemudian dikonduksikan oleh pelat kaca ke permukaanluarnya kemudian dipindahkan ke atmosfer luar secara koveksi dan radiasi.



Gambar 2.5 Kerugian panas kolektor
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, hal 47)

Kerugian panas ini disebut atas U_L dan dinyatakan dengan persamaan: (Prof.

Wiranto Arismunandar 1995:47)

$$\frac{1}{U_L} = \frac{1}{h_i + h_{ri}} + \frac{t}{k} (\text{kaca}) + \frac{1}{h_o + h_{ro}} \quad (2.6)$$

Dengan:

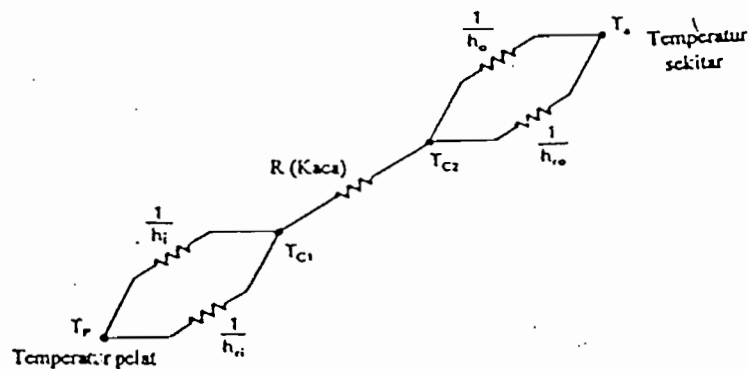
h_i : Koefisien konveksi (alam) dalam ($W/m^2 \cdot K$)

h_{ri} : Koefisien radias: (ekivalen) dalam ($W/m^2 \cdot K$)

h_o : Koefisien konveksi luar($W/m^2 \cdot K$)

h_{ro} : Koefisien dalam radiasi (ekivalen) luar ($W/m^2 \cdot K$)

$R(\text{kaca})$: Tebal/ konduktifitas termal ($m^2 \cdot K/W$)



Gambar 2.6. Sirkuit ekivalen untuk tahanan perpindahan panas melalui bagian atas kolektor
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, hal 48)

h_i Diperoleh dari gambar 2.7 dengan terlebih dahulu menghitung fungsi-fungsi sebagai berikut:(Prof. Wiranto Arismunandar, 1995:48)

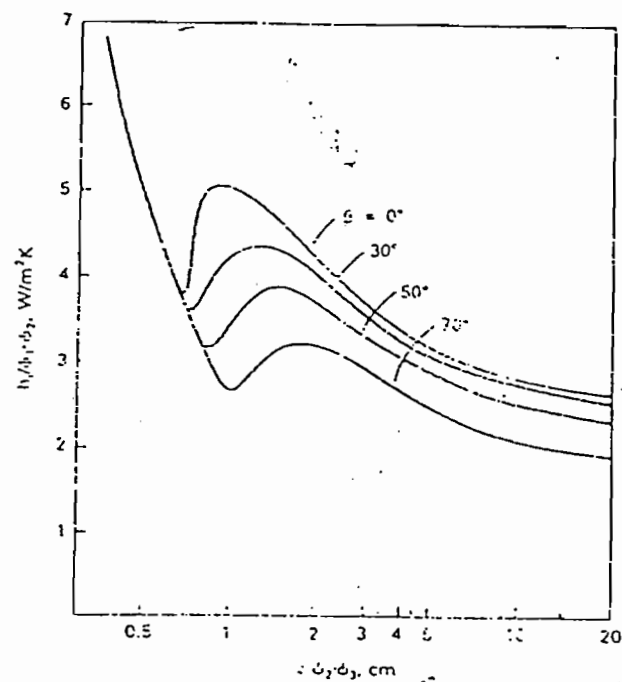
$$\phi_1 = \frac{137}{(T_m + 200)^{1/3} \cdot T_m^{1/2}} \quad (2.7)$$

$$\phi_2 = \frac{T_p - T_c}{50} \quad (2.8)$$

$$\phi_3 = \frac{1428(T_m + 200)^{2/3}}{T_m^2} \quad (2.9)$$

Dengan temperatur rata-rata :

$$T_m = \frac{T_p + T_c}{2} \quad (2.10)$$



Gambar 2.7. Koefisien konveksi alam h_i dalam celah udara
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, Hal 49)

Dengan :

- T_p : temperatur plat (K)
- T_c : Temperatur kaca (K)

Dari Gambar 2.7 diatas, untuk $\theta=30^\circ$ diperoleh persamaan :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \cdot \phi_2} = [(0,0077)(z \cdot \phi_1 \cdot \phi_2)] - [(0,2345)(z \cdot \phi_1 \cdot \phi_2)] + (4.3392)$$

Koefisien radiasi dalam h_{ri} dinyatakan dengan persamaan : (Prof. Wiranto

Arismunandar, 1995: 50)

$$h_{ri} = \frac{\sigma \cdot (T_p^4 + T_c^4)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) \cdot (T_p - T_c)} \quad (2.11)$$

Koefisien konveksi luar h_o dinyatakan dengan persamaan: (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 51)

$$h_o = 5,7 + (3,8) \cdot V \quad (2.12)$$

dengan V : Kecepatan angin (m/dt)

Koefisien radiasi luar ekivalen (h_{ro}) dinyatakan dengan persamaan : (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 51)

$$h_{ro} = \frac{\varepsilon_c \cdot \sigma \cdot (T_c^4 - T_{langit}^4)}{T_c - T_{langit}} \quad (2.13)$$

Dimana temperatur langit (T_{langit}) diperkirakan oleh Swinbank sebagai :

(Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 51)

$$T_{langit} = 0,0552 \cdot (T_a^{3/2}) \quad (2.14)$$

Dengan T_a : Temperatur lingkungan

Koefisien kerugian atas U_L ditentukan dengan menambah koefisien kerugian atas U_t dengan koefisien kerugian bawah U_b ,

$$U_b = \frac{1}{R} = \frac{k}{t} \quad (2.15)$$

dengan k : konduktifitas termal kaca (W/m.K)

t : tebal kaca (m)

Sehingga koefisien kerugian panas total : (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 52)

$$U_L = U_b + U_t \quad (2.16)$$

II.6 Efisiensi Sirip (F)

Efisiensi sirip adalah satu-satunya parameter yang paling penting dalam perancangan kolektor surya jenis cairan. Pelat penyerap memindahkan panasnya secara konduksi ke pipa-pipa yang secara mekanis dan termal tersambung pada pelat tersebut. Persamaan dinyatakan dengan: (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 43)

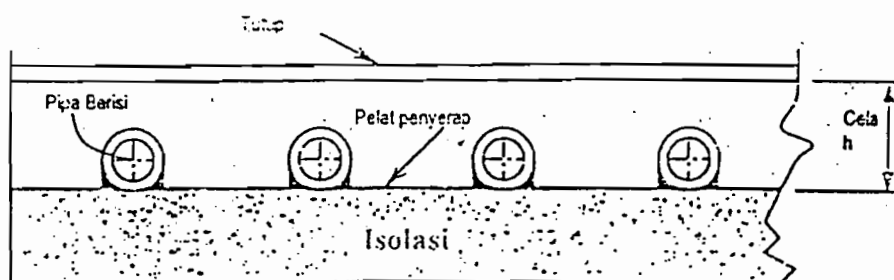
$$F = \frac{\tanh \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}} \left(\frac{s-d}{2} \right)}{\sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}} \left(\frac{s-d}{2} \right)} \quad (2.17)$$

Dengan :

s : Jarak antar pipa

d : Diameter pipa

k : Konduktifitas termal bahan

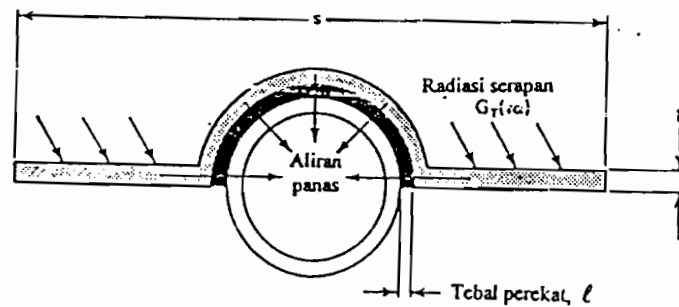


Gambar 2.8. Penampang lintang suatu pemanas cairan surya
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya)

II.7 Faktor Efisiensi, F'

Karena temperatur T_p dari pelat penyerap berubah-ubah sepanjang dan melintang pelat itu, maka persamaan perolehan panas kolektor dan

persamaan efisiensi biasanya dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur. Fluida masuk T_i yang relatif mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan pengoprasian.



Gambar 2.9 Aliran panas kedalam cairan
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, hal 54)

Faktor efisiensi dinyatakan dengan persamaan:(Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 55)

$$F' = \frac{1}{U_L} \left[\frac{1}{U_L \cdot \{(s-d)F + d\}} + \frac{1}{k_p \cdot b} + \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i} \right] \quad (2.18)$$

Dengan :

K_p : Konduktifitas termal perekat (W/m.K)

b : Panjang perekat (m)

l : Tebal perekat (m)

d_i : Diameter dalam pipa (m)

h : Koefisien konfeksi fluida (W/m².K)

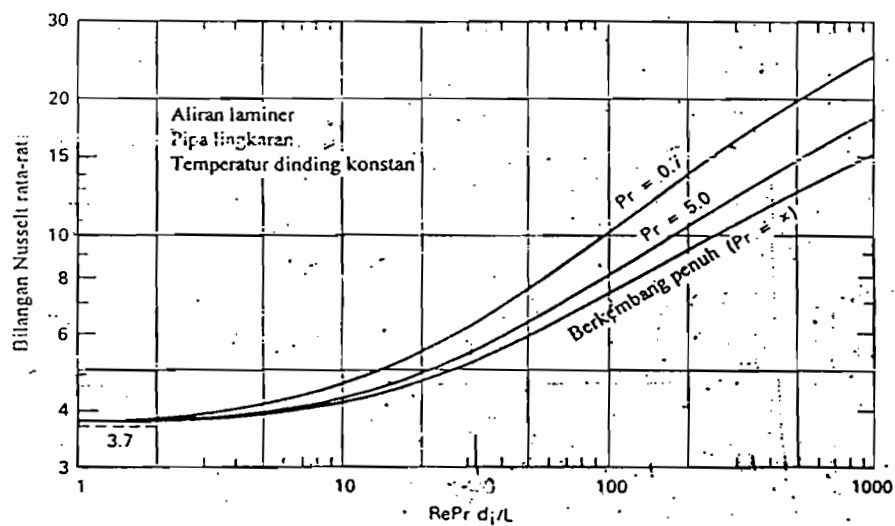
h Dinyatakan dengan persamaan : (Prof Wiranto Arismunandar, 1995: 56)

$$h = N_u \cdot \frac{k}{d_i} \quad (2.19)$$

Dengan

N_u : Bilangan Nusselt (dicari dengan gambar 2.10)

k : Konduktivitas termal fluida pada T_f (W/m.K)



Gambar 2.10. Bilangan Nusselt
Dalam pipa pendek untuk berbagai bilangan Prandtl
(W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya, hal 9)

II.8 Faktor pelepas panas (F_R)

Pelepas panas sebuah kolektor surya lebih baik dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur fluida masuk T_i hal ini dapat dilakukan dengan memakai faktor pelepas panas.

Apabila kerugian panas dinyatakan sebagai fungsi temperatur fluida masuk T_i maka kerugian tersebut dinyatakan sebagai :

$$U_L \cdot (T_i - T_c)$$

Dimana T_i selalu lebih kecil dari T_p yang menjadi dasar dari U_L . Karena itu kerugian yang dihitung terlalu rendah dan perolehan panas terlalu besar, sehingga perlu faktor koreksi yaitu faktor pelepas panas F_R (hubungan eksponensial untuk F_R disebabkan karena pada kenyataannya temperatur fluida naik secara eksponensial dalam aliran sepanjang pipa).

Faktor pelepas panas dinyatakan dengan persamaan: (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 58)

$$F_R = \frac{G \cdot C_p}{U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{U_L \cdot F'}{G \cdot C_p} \right) \right] \quad (2.20)$$

Dengan

G : Laju aliran masa fluida ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

C_p : Panas jenis fluida ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

II.9 Efisiensi termal (η)

Perolehan panas atau keluaran berguna (Q) dari sebuah kolektor surya pelat rata dinyatakan dalam persamaan : (Prof. Wiranto Arismunandar, 1995: 68)

$$Q = F_R \cdot [G_T \cdot (\tau \alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] \quad (2.21)$$

Dengan

G_T : Radiasi yang masuk (W/m^2)

Dan keluaran ini dibagi dengan masukan , yaitu masukan radiasi pada kolektor perbandingan yang dihasilkan, dinyatakan dengan :

(Prof. Wiranto Arismunandar, 1995:68)

$$\eta = F_R \cdot (\tau\alpha) - F_R \cdot U_L \cdot \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right) \quad (2.22)$$

BAB III

DATA PENELITIAN DAN HASIL PERHITUNGAN

III.1 Data-data Hasil Penelitian

Dari alat yang telah dibuat dan data-data yang diperoleh untuk beberapa hari yang berbeda, maka diperoleh data-data yang berbeda pula.

Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3-1 sampai 3-8.

Data-data hasil penelitian :

Tabel 3-1. Data penelitian termosifon pipa seri 14 April 2004

WAKTU	SUHU (°C)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tl
9:00	33.5	30.5	27.9	61.1	53.6	40.6	35.6	32.2
9:30	34	31.1	28.6	66.6	59.2	39.2	35.9	33
10:00	35	33.1	30.2	73	67.6	43.5	37.5	34.7
10:30	34.6	34.8	31.1	68.8	67.4	51.2	40.6	36.9
11:00	43.9	34.3	30.3	62.8	62.2	58.4	41.3	37.9
11:30	44.9	36.7	30.7	65.4	63.8	63.5	53.7	39.2
12:00	46.6	38.3	31.8	74.3	65.4	61.7	59.4	37.5
12:30	48	37.8	30.8	75.4	65.8	59.2	57.5	37.2
13:00	49.8	38.1	31.7	74.8	64.7	57.9	55.9	36.2
13:30	44.4	37	30.7	61.2	65.5	61.5	58.1	34.7
14:00	37.9	32.5	32.6	53.2	65.1	62.7	59.1	33.3

Tabel 3-2. Data penelitian termosifon pipa seri 15 April 2004

WAKTU	SUHU (°C)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tl
9:00	32.6	30.6	29.8	54.2	51.3	37.2	32	36.1
9:30	33.7	31	31.2	55.8	55.3	41.8	33.5	35.8
10:00	37.2	32.8	32	59.5	56.5	48.3	38.2	36.5
10:30	39	33.3	30.7	63.4	60	51.7	44.9	35.5
11:00	39.3	33.6	28.3	53.3	60.7	51.9	48.3	35
11:30	48.4	35.5	29.5	67.8	62.7	55.5	50.8	34.6
12:00	52.3	38.1	30.7	73	69.2	59.3	55	35.8
12:30	52.8	38.5	31.6	73	67.7	62.3	57.4	36.5
13:00	52.6	36.8	30.5	69.9	66	62.8	56	35.3
13:30	47.5	36.5	30.9	60.6	65.1	63.1	58.6	34.9
14:00	46.9	36	31.5	59.1	64.3	63	59.6	33

Tabel 3-3. Data penelitian termosifon pipa seri 16 April 2004

WAKTU	SUHU (°C)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tl
9:00	33.6	30.3	26.1	67.2	55.8	44.5	35.2	33.9
9:30	37.2	30.7	28.1	70.9	66.6	44.4	38.6	32.2
10:00	37.5	31.3	27.2	68.2	64.8	41.9	38.3	35.4
10:30	41.5	34.8	29.3	78.3	69.5	47	40.4	38.2
11:00	43.1	37	32.6	76.8	71.3	59.3	46.6	33.9
11:30	39.9	36.2	28.9	75.9	66.2	60.1	45.7	35.9
12:00	43	40.3	31.3	81.5	71.2	61	49	38
12:30	45.6	38.4	29.5	78.6	67.9	57.8	49.1	36.6
13:00	45.5	36.5	29.6	78.5	65.6	57.5	48	33.5
13:30	38	39.1	29.7	48.9	63.8	58	48.8	34.3
14:00	36.2	37.3	28.5	48.3	62.5	57.9	48.3	32

Tabel 3-4. Data penelitian termosifon pipa seri 17 April 2004

WAKTU	SUHU (°C)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tl
9:00	31.8	32	26	72.4	41.9	38.8	32.6	30.8
9:30	35.9	32.4	28.7	79.1	66.5	44.4	39.9	34
10:00	36.7	32.6	28.5	78.4	68.9	42.4	39.2	34.1
10:30	38.5	35.2	30.1	75.5	68.8	42.9	39	34.7
11:00	36.2	35.8	28.1	71.7	70.7	47.3	41.4	34.2
11:30	38.6	35.8	29.6	75.6	69.5	52.8	41.5	35.6
12:00	37.7	37.7	29.1	77.7	70.4	55.9	41.7	34.4
12:30	41.7	37.7	29.1	77.5	67.5	54.8	39.1	34
13:00	40.9	37	30.6	70.6	68.3	60.4	44.1	32.1
13:30	36	34.9	29.9	47.8	69	61.2	46.1	32.5
14:00	34	34.4	30.4	39.6	66.7	59.4	44.6	31.3

Tabel 3-5. Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 14 April 2004

H	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tl
9:00	31	25.8	19.4	61.8	57.1	41.9	38.6	33.5
9:30	37.3	29.2	23.8	66.8	62	55.3	41.5	33.8
10:00	37.1	29.7	24.8	70.8	64.1	58.5	46.3	33.6
10:30	45.9	32.2	27.3	77.4	72.3	64	56.9	36.8
11:00	48.8	32.8	27.3	84.4	76.5	69.5	61.7	38
11:30	50.6	38.8	27	86.1	74.6	71.8	65.7	38.2
12:00	53.7	35.7	24.2	83.2	79	77	72	37
12:30	52.3	33.2	21.9	84.9	76.7	75.6	72.2	36
13:00	46.5	33.2	21.4	82.4	74.2	73.6	71.6	33.2
13:30	50	37.9	28.1	77.7	73.5	72.6	72.4	35.1
14:00	39.9	38.8	28.4	53.2	71	70.6	69.9	35

Tabel 3-6. Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 15 April 2004

H	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TI
9:00	35	26.1	19.6	60	58.8	41.3	40.1	36.1
9:30	37.8	29.7	22	66	65.8	57.8	42.3	35.8
10:00	38.6	31.6	24.1	70.1	66.9	64	47.1	36.5
10:30	45.3	31.6	23.7	77.1	71.5	63.5	59.3	35.5
11:00	44.4	33.1	25.1	62.3	73.3	65.8	61.4	35
11:30	50.2	33.5	26.5	80.6	72.9	69.8	63.1	34.6
12:00	53.7	35.9	27.4	79.8	73	71.7	67.5	35.8
12:30	53.5	37.4	29.9	77.1	73	72	70.5	36.5
13:00	47.7	35.6	24.3	67.1	70.1	70.7	69.3	35.5
13:30	40.5	36	28.5	49.4	70.3	69.9	69.1	34.9
14:00	35.9	38.1	28.6	44.1	70.1	71	65	33

Tabel 3-7. Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 16 April 2004

H	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TI
9:00	36.9	26.8	22.9	62.5	59.3	47.6	42.1	33.9
9:30	42.9	30	23.1	65.8	64.8	57.7	47	33.2
10:00	42	30.1	22	67.2	62.9	59.5	47.6	35.4
10:30	47.5	30.8	23	72.4	66.2	60.1	56.2	38.2
11:00	51	34.5	27	76.5	69.2	64.8	61.1	33.9
11:30	49.6	34.3	28.1	78.9	72.9	66.1	61.3	35.9
12:00	52.5	36.7	28.1	78.9	72.9	70.1	64.5	38
12:30	55.5	36.8	29.8	78.8	70.6	69.8	65.4	36.5
13:00	54.1	36.2	26.5	76.4	69.69	69.6	69.1	33.5
13:30	39.4	38.4	27.2	67.1	69.7	71.6	71.6	34.4
14:00	43.5	36.5	27.3	54.8	69.5	68.8	69.7	32

Tabel 3-8. Data penelitian termosifon pipa seri dengan reflector 17 April 2004

H	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TI
9:00	32.2	28	21.6	56.4	54.3	45.3	37.8	30.6
9:30	40.6	32.2	25.2	65.7	64.7	56.6	48.1	34
10:00	39.1	31.6	24.6	67.6	65.2	59.6	47.1	34.1
10:30	43	33.7	26	71.2	68.3	62	54.7	34.1
11:00	45.7	33.6	26.2	72.6	71.8	65.3	59.5	34.2
11:30	45.7	33.9	25.4	74.8	70.9	69.4	61.2	34.6
12:00	49.9	34.5	27.3	74.9	70.9	67.4	63.6	34.4
12:30	51.2	34.5	25	75	70.7	68.4	66	34
13:00	53.4	35.3	29.6	72.8	70.4	71.6	67	32.1
13:30	39.8	33.4	27.2	42.8	71	70.7	65.1	32.5
14:00	36.5	33.3	27.1	37.3	69.6	70.1	63.3	31.3



Keterangan :

- T1 = T_i = Temperatur air masuk (°C)
- T2 = Temperatur plat (°C)
- T3 = Temperatur kaca (°C)
- T4 = Temperatur air keluar (°C)
- T5 = Temperatur tangki atas (°C)
- T6 = Temperatur tangki tengah (°C)
- T7 = Temperatur tangki bawah (°C)
- T1 = Temperatur udara luar (°C)

Data-data yang diperlukan selain data penelitian :

- Diameter pipa (d_i) : 13 mm
- Sela antar pipa (s) : 11 cm
- Diameter dalam pipa (d) : 11 mm
- Panjang kolektor : 1 m
- Panjang keseluruhan pipa (L) : 4,46 m
- Lebar kolektor : 0,5 m
- Sudut kolektor : 30 °C
- Tebal kaca : $3 \cdot 10^{-3}$ m
- Kecepatan angin : 5 m/s
- Laju aliran masa pipa : $2,7 \cdot 10^{-3}$ kg/jam
- Konduktifitas termal kaca (k) : 1,05 W/m.K
- Konduktifitas kaca serat : 0,043 W/m.K
- Tebal isolasi untuk kolektor : 0.05 m

- Panas jenis	: 0,84	kJ/Kg. ⁰ C
- Radiasi yang masuk (GT)	: 700	W/m ²
- Emisitas penyerap panas(ϵ_p)	: 0,1	
- Emisitas kaca(ϵ_g)	: 0,88	

III.2 Koefisien Kerugian Dari Kolektor

Dari kerugian kalor dari plat penyerap maka dapat kita hitung :

- Koefisien konveksi (h_i)
- Koefisien konveksi dalam (h_i) dan koefisien radiasi (h_{ri})
- Koefisien konveksi luar (h_o) dan koefisien radiasi (h_{ro})
- Harga tahanan termal dari kaca dan koefisien kerugian total U_L

III 2. Koefisien kerugian panas total U_L

- Koefisien kerugian atas U_t

Dari persamaan (2.10) untuk kita peroleh :

$$T_m = \frac{334 + 300,9}{2} = 317,5 \text{ K}$$

Fungsi-fungsi ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 seperti pada persamaan (2.7) :

$$\phi_1 = \frac{137}{(317,5 + 200)^{1/3} \cdot 317,5^{1/2}} = 0,9778$$

$$\phi_2 = \frac{334 - 300,9}{50} = 0,664$$

$$\phi_3 = \frac{1428(317,5 + 200)^{2/3}}{317,5^2} = 0,9131$$

h_i diperoleh dari Gambar 2.7 dengan terlebih dahulu menghitung :

$$z. \phi_2 . \phi_3 = (2,5).(0,664).(0,9131) = 1,516$$

$$h_i / \phi_1 . \phi_2 = 4,2 \quad \text{maka,}$$

$$h_i = 4,2.0,9778.0,664 = 2,7919$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya sebagai berikut :

Tabel 3-9. Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 14 April 2004

Waktu	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	317.5	0.9778	0.664	0.9131	1.516	2.7919
9:30	320.6	0.9712	0.760	0.8991	1.708	3.0261
10:00	324.6	0.9627	0.856	0.8816	1.887	3.3376
10:30	323.0	0.9662	0.754	0.8887	1.675	2.9869
11:00	319.6	0.9734	0.650	0.9038	1.469	2.7207
11:30	321.1	0.9702	0.694	0.8971	1.556	2.7606
12:00	326.1	0.9597	0.850	0.8753	1.860	3.3038
12:30	326.1	0.9596	0.892	0.8751	1.952	3.4239
13:00	326.3	0.9593	0.862	0.8745	1.885	3.3490
13:30	319.0	0.9747	0.610	0.9065	1.382	2.5566
14:00	315.9	0.9813	0.412	0.9205	0.948	1.6980

Tabel 3-10. Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 15 April 2004

Waktu	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	315.0	0.9833	0.488	0.9247	1.128	2.0153
9:30	316.5	0.9800	0.492	0.9177	1.129	2.0250
10:00	318.8	0.9751	0.550	0.9074	1.248	2.3598
10:30	320.1	0.9723	0.654	0.9015	1.474	2.7344
11:00	313.8	0.9859	0.500	0.9303	1.163	2.1690
11:30	321.7	0.9689	0.766	0.8944	1.713	3.0430
12:00	324.9	0.9622	0.846	0.8805	1.862	3.2968
12:30	325.3	0.9613	0.828	0.8785	1.819	3.3031
13:00	323.2	0.9657	0.788	0.8876	1.749	3.1199
13:30	318.8	0.9751	0.594	0.9074	1.347	2.5486
14:00	318.3	0.9761	0.552	0.9094	1.255	2.3707

Tabel 3-11. Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri 16 April 2004

Waktu	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	319.7	0.9732	0.822	0.9033	1.856	3.2399
9:30	322.5	0.9671	0.856	0.8907	1.906	3.3529
10:00	320.7	0.9710	0.820	0.8986	1.842	3.3041

10:30	326.8	0.9582	0.980	0.8722	2.137	3.6621
11:00	327.7	0.9563	0.884	0.8684	1.919	3.4237
11:30	325.4	0.9611	0.940	0.8781	2.064	3.5232
12:00	329.4	0.9528	1.004	0.8613	2.162	3.6352
12:30	327.1	0.9576	0.982	0.8711	2.139	3.6676
13:00	327.1	0.9576	0.978	0.8711	2.130	3.7463
13:30	312.3	0.9892	0.384	0.9374	0.900	1.5954
14:00	311.4	0.9912	0.396	0.9417	0.932	1.6486

Tabel 3-12. Data hasil perhitungan (hi) pipa seri 17 April 2004

WAKTU	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	322.2	0.9678	0.928	0.8920	2.069	3.5924
9:30	326.9	0.9579	1.008	0.8717	2.197	3.6693
10:00	326.5	0.9589	0.998	0.8736	2.180	3.6365
10:30	325.8	0.9602	0.908	0.8764	1.989	3.4875
11:00	322.9	0.9663	0.872	0.8889	1.938	3.4126
11:30	325.6	0.9606	0.920	0.8773	2.018	3.5352
12:00	326.4	0.9590	0.972	0.8739	2.123	3.7285
12:30	326.3	0.9592	0.968	0.8743	2.116	3.7140
13:00	323.6	0.9648	0.800	0.8859	1.772	3.2032
13:30	311.9	0.9902	0.358	0.9396	0.841	1.2762
14:00	308.0	0.9989	0.184	0.9584	0.441	0.9557

Tabel 3-13. Data hasil perhitungan (hi) pipa seri dengan reflektor 14 April 2004

WAKTU	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	313.6	0.986	0.848	0.931	2.0	3.346
9:30	318.3	0.976	0.860	0.909	2.0	3.358
10:00	320.8	0.971	0.920	0.898	2.1	3.528
10:30	325.4	0.961	1.002	0.878	2.2	3.756
11:00	328.9	0.954	1.142	0.864	2.5	4.031
11:30	329.6	0.953	1.182	0.861	2.5	4.166
12:00	326.7	0.958	1.180	0.873	2.6	4.071
12:30	326.4	0.959	1.260	0.874	2.8	4.229
13:00	324.9	0.962	1.220	0.880	2.7	4.167
13:30	325.9	0.960	0.992	0.876	2.2	3.714
14:00	313.8	0.986	0.496	0.930	1.2	2.127

Tabel 3-14. Data hasil perhitungan (hi) pipa seri dengan reflektor 15 April 2004

WAKTU	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	312.8	0.988	0.808	0.935	1.9	3.273
9:30	317.0	0.979	0.880	0.915	2.0	3.446
10:00	320.1	0.972	0.920	0.901	2.1	3.533
10:30	323.4	0.965	1.068	0.887	2.4	3.866
11:00	316.7	0.980	0.744	0.917	1.7	3.061
11:30	326.6	0.959	1.082	0.873	2.4	3.890

12:00	326.6	0.959	1.048	0.873	2.3	3.667
12:30	326.5	0.959	0.944	0.873	2.1	3.575
13:00	318.7	0.975	0.856	0.908	1.9	3.423
13:30	312.0	0.990	0.418	0.939	1.0	1.779
14:00	309.4	0.996	0.310	0.952	0.7	1.111

Tabel 3-15. Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 16 April 2004

WAKTU	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	315.7	0.982	0.792	0.921	1.8	3.266
9:30	317.5	0.978	0.854	0.913	1.9	3.424
10:00	317.6	0.978	0.904	0.913	2.1	3.491
10:30	320.7	0.971	0.988	0.899	2.2	3.741
11:00	324.8	0.962	0.990	0.881	2.2	3.716
11:30	326.5	0.959	1.016	0.873	2.2	3.799
12:00	326.5	0.959	1.016	0.873	2.2	3.799
12:30	327.3	0.957	0.980	0.870	2.1	3.705
13:00	324.5	0.963	0.998	0.882	2.2	3.748
13:30	320.2	0.972	0.798	0.901	1.8	3.258
14:00	314.1	0.985	0.550	0.929	1.3	2.303

Tabel 3-16. Data hasil perhitungan (h_i) pipa seri dengan reflektor 17 April 2004

WAKTU	Tm(K)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	Z. $\phi_2.\phi_3$	hi(W/(m ² K))
9:00	312.0	0.990	0.696	0.939	1.6	2.963
9:30	318.5	0.976	0.810	0.909	1.8	3.320
10:00	319.1	0.974	0.860	0.906	1.9	3.436
10:30	321.6	0.969	0.904	0.895	2.0	3.504
11:00	322.4	0.967	0.928	0.891	2.1	3.546
11:30	323.1	0.966	0.988	0.888	2.2	3.722
12:00	324.1	0.964	0.952	0.884	2.1	3.624
12:30	323.0	0.966	1.000	0.889	2.2	3.768
13:00	324.2	0.964	0.864	0.883	1.9	3.413
13:30	308.0	0.999	0.312	0.958	0.7	1.122
14:00	305.2	1.005	0.204	0.972	0.5	0.964

h_{ri} Dari persamaan (2.11) diperoleh :

$$h_{ri} = \frac{(5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (334^4 - 300,9^4)}{\left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,88} - 1 \right) \cdot (334 - 300,9)} = 0,6536$$

Tahanan termal kaca dinyatakan dengan persamaan :

$$R = \frac{0,003}{1,05} = 0,00285$$

h_o Diperoleh dari persamaan (2.12)

$$h_o = 5,7 + 3,8 \cdot (5) = 24,7 \text{ m/s}$$

Dari persamaan (2.14) diperoleh :

$$T_{\text{langit}} = 0,0552 \cdot (305,2^{3/2}) = 294,3174 \text{ K}$$

H_{ro} diperoleh dari persamaan (2.13) :

$$h_{ro} = \frac{(0,88 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (300,9^4 - 294,217^4)}{300,9 - 294,217} = 5,2616 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

dari persamaan (2.15) diperoleh :

$$U_b = \frac{0,05}{0,043} = 1,162 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Koefisien kerugian atas dapat diperoleh dari persamaan (2.6) :

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{2,79 + 0,6536} + 0,00285 + \frac{1}{24,7 + 5,2616}$$

$$= 0,3264$$

$$U_t = 3,064 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Koefisien kerugian total U_L dapat diperoleh :

$$U_L = U_b + U_t$$

$$= 1,162 + 3,064 = 3,294 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya sebagai berikut :

Tabel 3-17. Data hasil perhitungan (U_t) kolektor pipa seri 14 April 2004

h_{ri} (W/(m ² K))	h_o (m/s)	T_{langit} (K)	h_{ro} (W/(m ² K))	$1/U_t$	U_t (W/(m ² K))	U_L (W/(m ² K))
0.6536	24.7	294.3174	5.2616	0.3264	3.064	3.924
0.6735	24.7	295.4753	5.3109	0.3064	3.263	4.123
0.6996	24.7	297.9410	5.4200	0.2837	3.525	4.385
0.6883	24.7	301.1421	5.5314	0.3080	3.247	4.107
0.6663	24.7	302.6009	5.5493	0.3311	3.020	3.880
0.6759	24.7	304.5008	5.6128	0.3268	3.060	3.920
0.7089	24.7	302.0171	5.5747	0.2850	3.508	4.368

0.7095	24.7	301.5795	5.5351	0.2778	3.600	4.460
0.7103	24.7	300.1223	5.5201	0.2822	3.543	4.403
0.6623	24.7	297.9410	5.4336	0.3466	2.885	3.745
0.6427	24.7	295.9100	5.4310	0.4632	2.159	3.019

Tabel 3-18. Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 15 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.6375	24.7	299.9767	5.4641	0.4129	2.422	3.282
0.6467	24.7	299.5401	5.4905	0.4102	2.438	3.298
0.6608	24.7	300.5592	5.5402	0.3669	2.725	3.585
0.6694	24.7	299.1037	5.4650	0.3297	3.033	3.893
0.6303	24.7	298.3769	5.3802	0.3933	2.543	3.403
0.6801	24.7	297.7958	5.3971	0.3046	3.283	4.143
0.7011	24.7	299.5401	5.4768	0.2861	3.496	4.356
0.7039	24.7	300.5592	5.5292	0.2854	3.503	4.363
0.6901	24.7	298.8129	5.4517	0.2984	3.351	4.211
0.6610	24.7	298.2316	5.4469	0.3475	2.877	3.737
0.6580	24.7	295.4753	5.3893	0.3662	2.731	3.591

Tabel 3-19. Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 16 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.6679	24.7	296.7798	5.2786	0.2921	3.424	4.284
0.6861	24.7	294.3174	5.2669	0.2838	3.524	4.384
0.6745	24.7	298.9583	5.3661	0.2874	3.479	4.339
0.7148	24.7	303.0390	5.5339	0.2643	3.783	4.643
0.7199	24.7	296.7798	5.4543	0.2773	3.606	4.466
0.7054	24.7	299.6856	5.4317	0.2725	3.670	4.530
0.7321	24.7	302.7469	5.5809	0.2648	3.776	4.636
0.7164	24.7	300.7049	5.4756	0.2640	3.787	4.647
0.7164	24.7	296.1998	5.3571	0.2601	3.844	4.704
0.6209	24.7	297.3603	5.3908	0.4872	2.052	2.912
0.6156	24.7	295.4753	5.3082	0.4778	2.093	2.953

Tabel 3-20. Data hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri 17 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.6847	24.7	292.2946	5.1583	0.2701	3.702	4.562
0.7157	24.7	296.9249	5.3521	0.2641	3.786	4.646
0.7127	24.7	297.0700	5.3506	0.2660	3.759	4.619
0.7077	24.7	297.9410	5.4173	0.2744	3.645	4.505
0.6888	24.7	297.2151	5.3437	0.2799	3.573	4.433
0.7065	24.7	299.2492	5.4389	0.2717	3.680	4.540
0.7121	24.7	297.5054	5.3785	0.2612	3.828	4.688
0.7114	24.7	296.9249	5.3629	0.2620	3.816	4.676
0.6928	24.7	294.1727	5.3303	0.2928	3.416	4.276

0.6182	24.7	294.7514	5.3267	0.5640	1.773	2.633
0.5952	24.7	293.0165	5.2944	0.6809	1.469	2.329

Tabel 3-21 Hasil perhitungan (U_1) kolektor pipa seri dengan reflektor 14 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.631	24.7	296.200	5.088	0.288	3.474	4.334
0.660	24.7	296.635	5.214	0.285	3.507	4.367
0.676	24.7	296.345	5.233	0.274	3.648	4.508
0.706	24.7	300.996	5.424	0.260	3.844	4.704
0.730	24.7	302.747	5.471	0.246	4.065	4.925
0.735	24.7	303.039	5.471	0.240	4.167	5.027
0.716	24.7	301.288	5.348	0.245	4.082	4.942
0.715	24.7	299.831	5.248	0.238	4.194	5.054
0.705	24.7	295.765	5.128	0.242	4.139	4.999
0.709	24.7	298.522	5.379	0.262	3.815	4.675
0.630	24.7	298.377	5.383	0.399	2.508	3.368

Tabel 3-22. Hasil perhitungan (U_1) kolektor pipa seri dengan reflektor 15 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.626	24.7	299.977	5.192	0.293	3.416	4.276
0.652	24.7	299.540	5.243	0.280	3.568	4.428
0.671	24.7	300.559	5.326	0.274	3.650	4.510
0.694	24.7	299.104	5.277	0.255	3.914	4.774
0.649	24.7	298.377	5.294	0.306	3.271	4.131
0.714	24.7	297.796	5.316	0.253	3.948	4.808
0.714	24.7	299.540	5.387	0.264	3.783	4.643
0.713	24.7	300.559	5.483	0.269	3.715	4.575
0.662	24.7	299.104	5.292	0.281	3.559	4.419
0.619	24.7	298.232	5.382	0.453	2.208	3.068
0.603	24.7	295.475	5.311	0.619	1.615	2.475

Tabel 3-23. Hasil perhitungan (U_1) kolektor pipa seri dengan reflektor 16 April 2004

hri(W/(m ² K))	h _o (m/s)	Tlangit(K)	hro(W/(m ² K))	1/Ut	Ut(W/(m ² K))	U _L (W/(m ² K))
0.643	24.7	296.780	5.194	0.292	3.424	4.284
0.654	24.7	295.765	5.173	0.281	3.553	4.413
0.656	24.7	298.958	5.228	0.277	3.605	4.465
0.676	24.7	303.039	5.364	0.262	3.810	4.670
0.702	24.7	296.780	5.303	0.263	3.809	4.669
0.713	24.7	299.686	5.410	0.258	3.881	4.741
0.713	24.7	302.747	5.493	0.258	3.883	4.743
0.718	24.7	300.559	5.480	0.262	3.816	4.676
0.700	24.7	296.200	5.274	0.261	3.832	4.692
0.671	24.7	297.505	5.327	0.291	3.441	4.301
0.632	24.7	294.028	5.238	0.377	2.653	3.513

Tabel 3-24. Hasil perhitungan (U_L) kolektor pipa seri dengan reflektor 17 April 2004

$h_{ri}(W/(m^2K))$	$h_o(m/s)$	$T_{langit}(K)$	$h_{ro}(W/(m^2K))$	$1/U_t$	$U_t(W/(m^2K))$	$U_L(W/(m^2K))$
0.620	24.7	292.006	5.036	0.316	3.169	4.029
0.660	24.7	296.925	5.259	0.287	3.479	4.339
0.665	24.7	297.070	5.246	0.280	3.570	4.430
0.681	24.7	297.070	5.284	0.275	3.635	4.495
0.686	24.7	297.215	5.293	0.272	3.671	4.531
0.691	24.7	297.796	5.287	0.263	3.806	4.666
0.697	24.7	297.505	5.330	0.268	3.738	4.598
0.690	24.7	296.925	5.253	0.260	3.839	4.699
0.697	24.7	294.173	5.303	0.279	3.579	4.439
0.595	24.7	294.751	5.254	0.618	1.617	2.477
0.579	24.7	293.016	5.206	0.684	1.461	2.321

III 3. Efisiensi sirip (F)

Dari persamaan (2.17) dapat diperoleh :

$$F = \frac{\tanh \sqrt{\frac{3,924}{385.8 \cdot 10^{-4}} \cdot \left(\frac{110-13}{2.10^3} \right)}}{\sqrt{\frac{3,924}{385.8 \cdot 10^{-4}} \cdot \left(\frac{110-13}{2.10^3} \right)}} = 0,9957$$

Koefisien koveksi fluida (h)

Dari persamaan (2.19) h dapat diperoleh :

$$h = N_u \cdot \frac{k}{d_i}$$

Bilangan Reynold dapat dicari dengan persamaan :

$$R_e = \frac{4 \cdot (2,7 \cdot 10^{-3})}{\pi \cdot (11 \cdot 10^{-3}) \cdot 4,23 \cdot 10^{-4}} = 6780$$

Bilangan Prandtl dapat dicari dengan persamaan :

$$P_r = \frac{(4180,48) \cdot (4,23 \cdot 10^{-4})}{0,66} = 2,6795$$

N_u diperoleh dari Gambar 2.10 dengan terlebih dahulu menghitung :

$$Re.Pr.\frac{d_i}{L} = (6780.2,6795) \cdot \left(\frac{11.10^{-3}}{4,46} \right) = 48,8505$$

Sehingga diperoleh harga $N_u = 5,0898$

Dengan persamaan (2.19) harga h dapat diperoleh :

$$h = (5,82) \cdot \frac{0,66}{0,011} = 305,388 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3-25. Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 14 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	N_u	h
0.99013	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98963	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98898	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98967	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.99024	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.99014	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98903	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98880	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.98894	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.99057	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388
0.99239	6.78E+03	2.6795	44.7799	5.0898	305.388

Tabel 3-26. Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 15 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	N_u	h
0.992	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.992	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.991	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.990	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.991	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.990	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.989	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.989	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.989	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.991	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545
0.991	6.78E+03	2.696	45.0533	5.1	304.14545

Tabel 3-27. Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 16 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	N_u	h
0.9892	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9890	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9891	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9883	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9888	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9886	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9884	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9883	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9882	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9927	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84
0.9925	6990.8342	2.5841	44.5547	5.05	304.84

Tabel 3-28. Hasil perhitungan (F) kolektor pipa seri 17 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	N_u	h
0.9885	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9883	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9884	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9887	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9889	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9886	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9882	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9883	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9893	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9934	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545
0.9941	6990.8342	2.5875	44.6130	5.08	306.18545

Tabel 3-29. perhitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 14 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	N_u	h
0.9891	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9890	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9887	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9882	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9876	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9874	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9876	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9873	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9875	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9883	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2
0.9915	7.56E+03	2.381	44.405	5.05	306.2

Tabel 3-30. Pehitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 15 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	Nu	h
0.9893	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9889	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9887	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9880	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9896	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9879	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9883	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9885	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9889	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9923	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4
0.9937	6.76E+03	2.686	44.776	5.0898	305.4

Tabel 3-31. Pehitungan (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 16 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	Nu	h
0.9892	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9889	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9888	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9883	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9883	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9881	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9881	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9883	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9882	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9892	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9
0.9912	7.77E+03	2.538	48.613	5.3	319.9

Tabel 3-32. Perhitungn (F) kolektor pipa seri dengan reflektor 17 April 2004

F	Re	Pr	Re.Pr.di/L	Nu	h
0.9899	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9891	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9889	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9887	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9886	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9883	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9885	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9882	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9889	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9937	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5
0.9941	6.70E+03	2.720	44.933	5.09	304.5

III 4 Faktor Efisiensi F'

Dari persamaan (2.18) kita peroleh harga F' :

$$F' = \frac{\frac{1}{3,924}}{s. \left[\frac{1}{3,924 \cdot \{(0,11 - 0,013) \cdot 0,990 + 0,013\}} + \frac{1}{6500} + \frac{1}{313,4 \cdot \pi \cdot 0,011} \right]}$$

$$= 0,869$$

III 5. Faktor pelepas panas (F_R)

Dengan persamaan (2.20) harga F_R dapat diperoleh :

$$\frac{F_R}{F'} = \frac{(0,011) \cdot (4180,78)}{(3,924) \cdot (0,871)} \left[1 - \exp - \left(\frac{(3,924) \cdot (0,871)}{(0,011) \cdot (4180,78)} \right) \right]$$

$$= 0,964$$

Maka F_R :

$$F_R = (0,869) \cdot (0,964) = 0,8377$$

III 6. Efisiensi termal (η)

Perolehan panas atau keluaran berguna dari sebuah kolektor surya pelat rata dicari dengan persamaan (2.21).

$$\frac{T_i - T_a}{GT} = \frac{33,5 - 32,2}{700} = 0,0019$$

Dimana T_i adalah rata-rata dan GT rata-rata.

$$Q = 0,8377 \cdot [700 \cdot (0,84) - 3,924 \cdot (33,5 - 32,2)]$$

$$= 0,4883 \text{ kW/m}^2$$

Dengan persamaan (2.22) efisiensi dapat dicari :

$$\begin{aligned}\eta &= (0,8377).(0,84) - (0,8377).(3,924) \left(\frac{33,5 - 32,2}{700} \right) \\ &= 0,704 \\ &= 70,4 \%\end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3-33. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 14 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.869	0.8377	0.964	488.31	0.0019	0.704
0.867	0.8344	0.962	487.17	0.0014	0.701
0.865	0.8300	0.960	486.97	0.0004	0.697
0.867	0.8347	0.962	498.66	-0.0033	0.701
0.870	0.8385	0.964	473.50	0.0086	0.704
0.869	0.8378	0.964	473.90	0.0081	0.704
0.865	0.8303	0.960	455.21	0.0130	0.697
0.864	0.8288	0.959	447.41	0.0154	0.696
0.865	0.8297	0.960	438.20	0.0194	0.697
0.871	0.8408	0.965	463.82	0.0139	0.706
0.878	0.8532	0.972	489.85	0.0066	0.717

Tabel 3-34. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 15 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.960	0.9278	0.9665	556.18	-0.0050	0.779
0.960	0.9274	0.9664	551.76	-0.0030	0.779
0.956	0.9216	0.9636	539.58	0.0010	0.774
0.953	0.9154	0.9607	525.78	0.0050	0.769
0.958	0.9253	0.9654	530.53	0.0061	0.777
0.950	0.9104	0.9584	483.27	0.0197	0.765
0.947	0.9062	0.9564	467.73	0.0236	0.761
0.947	0.9061	0.9564	468.33	0.0233	0.761
0.949	0.9091	0.9578	468.31	0.0247	0.764
0.955	0.9185	0.9622	496.83	0.0180	0.772
0.956	0.9215	0.9636	495.83	0.0199	0.774

Tabel 3-35. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 16 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.948	0.9077	0.9571	534.92	-0.0004	0.763
0.947	0.9058	0.9562	512.74	0.0071	0.761
0.948	0.9067	0.9566	524.85	0.0030	0.762

0.944	0.9007	0.9539	515.84	0.0047	0.757
0.946	0.9042	0.9555	494.50	0.0131	0.760
0.946	0.9029	0.9549	514.56	0.0057	0.758
0.944	0.9009	0.9539	508.82	0.0071	0.757
0.944	0.9007	0.9538	491.92	0.0129	0.757
0.944	0.8996	0.9533	478.16	0.0171	0.756
0.964	0.9355	0.9701	539.99	0.0053	0.786
0.964	0.9347	0.9697	540.74	0.0046	0.785

Tabel 3-36. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri 17 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.945	0.9025	0.9546	504.75	0.0014	0.758
0.944	0.9008	0.9538	516.76	0.0027	0.757
0.945	0.9014	0.9541	517.55	0.0037	0.757
0.946	0.9036	0.9551	521.58	0.0054	0.759
0.947	0.9050	0.9558	520.54	0.0029	0.760
0.946	0.9029	0.9548	524.80	0.0043	0.758
0.944	0.9000	0.9534	517.87	0.0047	0.756
0.944	0.9003	0.9535	516.34	0.0110	0.756
0.949	0.9081	0.9572	514.57	0.0126	0.763
0.968	0.9414	0.9728	542.19	0.0050	0.791
0.971	0.9479	0.9758	544.58	0.0039	0.796

Tabel 3-37. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 14 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.94801	0.9070	0.9567	1609.73		0.7665
0.94763	0.9063	0.9564	1584.92	0.0017	0.7547
0.94603	0.9036	0.9551	1579.66	0.0017	0.7522
0.94382	0.8998	0.9533	1548.70	0.0043	0.7375
0.94134	0.8955	0.9513	1532.10	0.0051	0.7296
0.94020	0.8936	0.9504	1520.62	0.0059	0.7241
0.94115	0.8952	0.9512	1505.28	0.0080	0.7168
0.93990	0.8931	0.9502	1501.84	0.0078	0.7152
0.94051	0.8941	0.9507	1517.79	0.0063	0.7228
0.94415	0.9003	0.9536	1525.50	0.0071	0.7264
0.95912	0.9263	0.9658	1618.66	0.0023	0.7708

Tabel 3-38. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 15 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.94856	0.9079	0.9572	1605.85		0.7647
0.94683	0.9049	0.9558	1588.30	0.0010	0.7563
0.94589	0.9033	0.9550	1584.94	0.0010	0.7547
0.94291	0.8982	0.9526	1542.46	0.0047	0.7345
0.95021	0.9108	0.9585	1571.25	0.0045	0.7482
0.94254	0.8976	0.9523	1516.03	0.0074	0.7219
0.94439	0.9008	0.9538	1514.06	0.0085	0.7210

0.94516	0.9021	0.9544	1521.10	0.0081	0.7243
0.94693	0.9051	0.9558	1547.83	0.0058	0.7371
0.96255	0.9323	0.9686	1628.55	0.0027	0.7755
0.96956	0.9447	0.9744	1659.68	0.0014	0.7903

Tabel 3-39. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 16 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.94879	0.9081	0.9571	1590.25	0.0014	0.7573
0.94733	0.9056	0.9559	1558.71	0.0046	0.7422
0.94674	0.9046	0.9555	1569.02	0.0031	0.7472
0.94443	0.9006	0.9536	1549.56	0.0044	0.7379
0.94444	0.9006	0.9536	1516.78	0.0081	0.7223
0.94363	0.8992	0.9529	1527.83	0.0065	0.7275
0.94362	0.8992	0.9529	1524.36	0.0069	0.7259
0.94436	0.9005	0.9535	1508.44	0.0090	0.7183
0.94419	0.9002	0.9534	1500.94	0.0098	0.7147
0.94860	0.9078	0.9570	1581.81	0.0024	0.7532
0.95761	0.9235	0.9643	1591.67	0.0055	0.7579

Tabel 3-40. Data hasil perhitungan (η) kolektor pipa seri dengan reflector 17 April 2004

F'	FR	FR/F'	Q(W/m ²)	Ti-Ta/GT	η
0.95681	0.9178	0.9592	1613.11	0.0008	0.7681
0.95365	0.9120	0.9563	1582.68	0.0031	0.7537
0.95272	0.9103	0.9555	1585.64	0.0024	0.7551
0.95206	0.9091	0.9549	1567.33	0.0042	0.7463
0.95170	0.9085	0.9546	1555.20	0.0055	0.7406
0.95033	0.9060	0.9533	1551.22	0.0053	0.7387
0.95102	0.9072	0.9539	1535.68	0.0074	0.7313
0.95000	0.9054	0.9530	1523.89	0.0082	0.7257
0.95263	0.9102	0.9554	1519.47	0.0101	0.7236
0.97300	0.9479	0.9743	1655.04	0.0035	0.7881
0.97465	0.9511	0.9758	1666.21	0.0025	0.7934

Tabel 3-41. Data efisiensi rata-rata

Tanggal	Seri	Seri reflektor
14-Apr-04	0.7022	0.7379
15-Apr-04	0.7022	0.7481
16-Apr-04	0.7636	0.7769
17-Apr-04	0.7647	0.7670

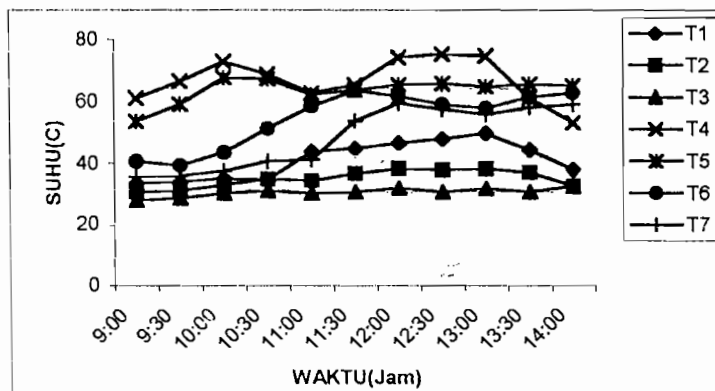
BAB IV

ANALISIS DATA

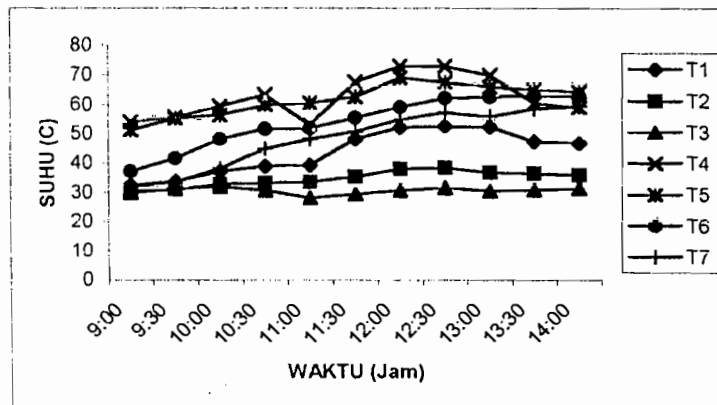
Dari data dan perhitungan yang telah didapatkan pada bab sebelumnya maka didapatkan beberapa perbedaan hasil perhitungan dan hasil pengambilan datanya juga berbeda walaupun alatnya sama. Perbedaan ini dapat dilihat pada gambar berikut :

IV.1 Temperatur Keseluruhan

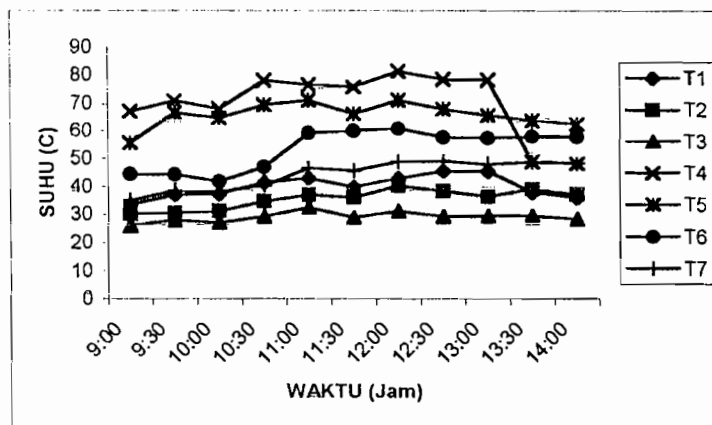
Dari data-data yang telah diperoleh maka dapat di buat dalam bentuk grafik sebagai berikut :



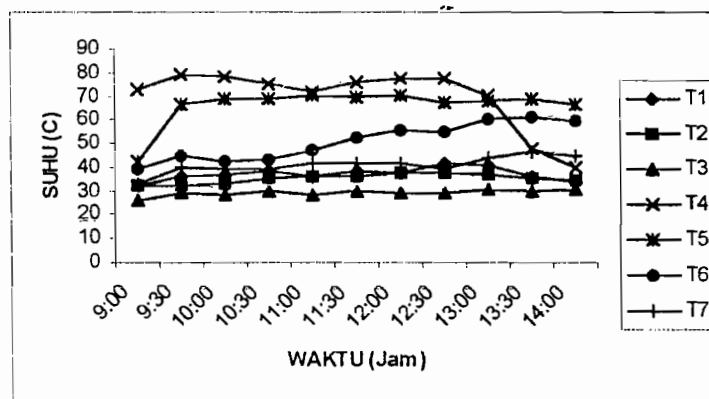
Grafik 4.1 Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri 14April 2004



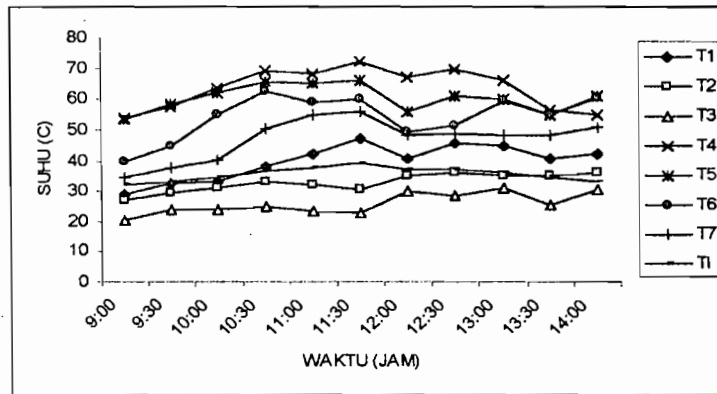
Grafik 4.2 Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri 15 April 2004



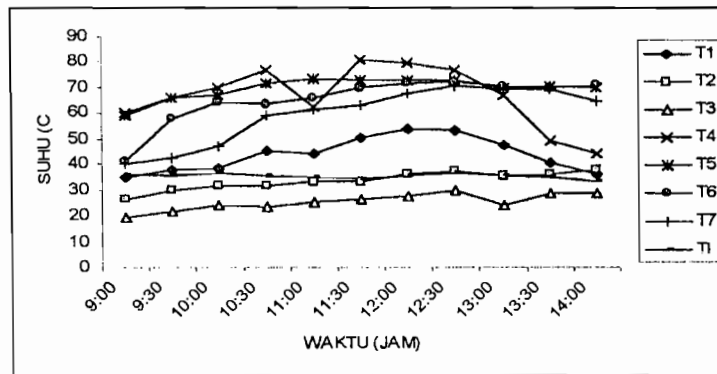
Grafik 4.3 Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri 16 April 2004



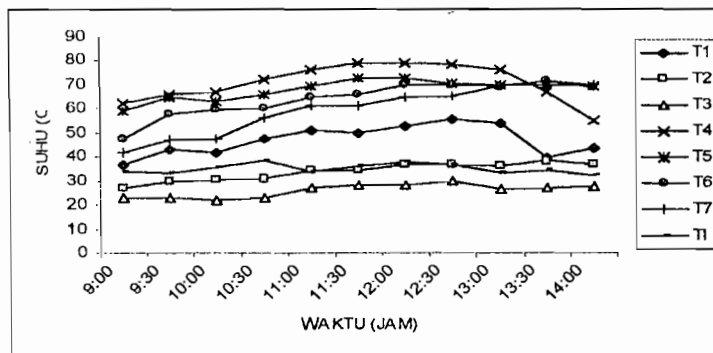
Grafik 4.4 Distribusi suhu terhadap waktu, kolektor pipa seri, 17 April 2004



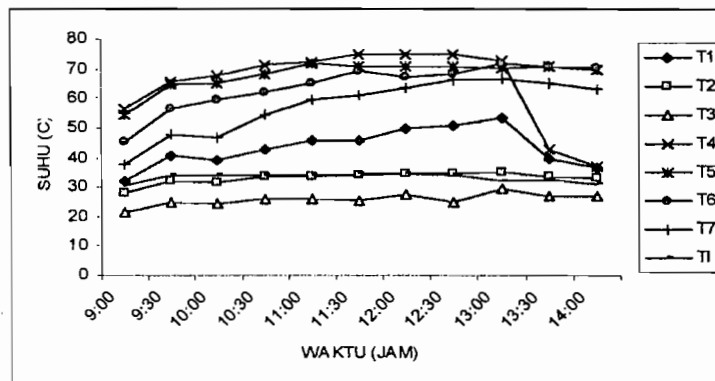
Grafik 4.5 Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 14 April 2004



Grafik 4.6 Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 15 April 2004



Grafik 4.7 Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 16 April 2004



Grafik 4.8 Distribusi suhu terhadap waktu kolektor pipa seri dengan reflektor 17 April 2004

Berdasarkan grafik distribusi suhu terhadap waktu diatas maka dapat dilihat kenaikan suhu per setengah jam. Untuk suhu awal hasilnya bervariasi ini disebabkan oleh konduktifitas termal yang berbeda.

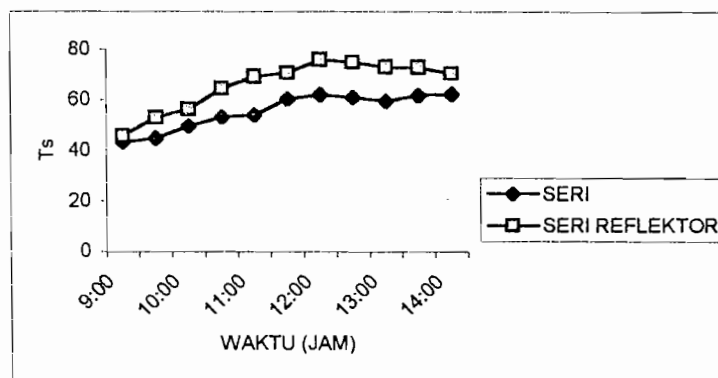
Untuk suhu-suhu tersebut naik secara konstan tetapi jika ada penurunan ini disebabkan oleh kondisi cuaca. Untuk kenaikan suhu ini disebabkan karena intensitas radiasi langsung yang masuk kedalam alat berlangsung secara sempurna sebaliknya untuk penurunan suhu disebabkan oleh kondisi cuaca yang buruk, contohnya adalah awan atau mendung yang menutupi alat dan kecepatan angin yang cukup besar akan menyebabkan intensitas radiasi yang masuk dalam alat kecil karena radiasi yang masuk hanya oleh radiasi sebaran dan konveksi yang berlangsung pada permukaan kaca cukup besar.

Pada kondisi akhir semua suhu menuju satu titik yang sama ini menunjukkan bahwa suhu atau temperatur air didalam tangki penyimpanan maupun didalam pipa hampir mendekati sama.

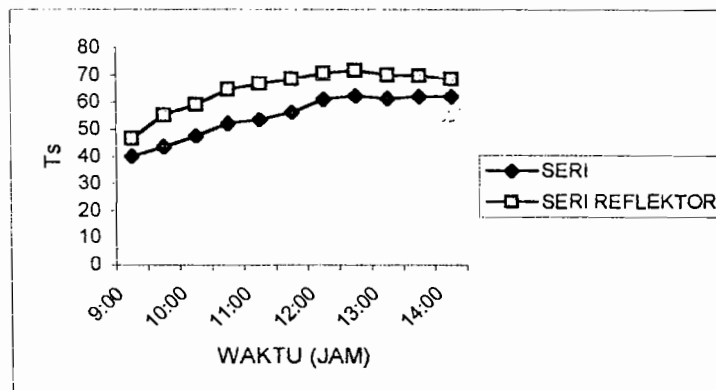
Dari kondisi lingkungan seperti ini akan menyebabkan proses perpindahan kalor cukup besar, untuk kalor yang berguna maupun kerugian kalor.

IV.2 Temperatur Rata-rata Dalam Tangki Penyimpan Air Panas

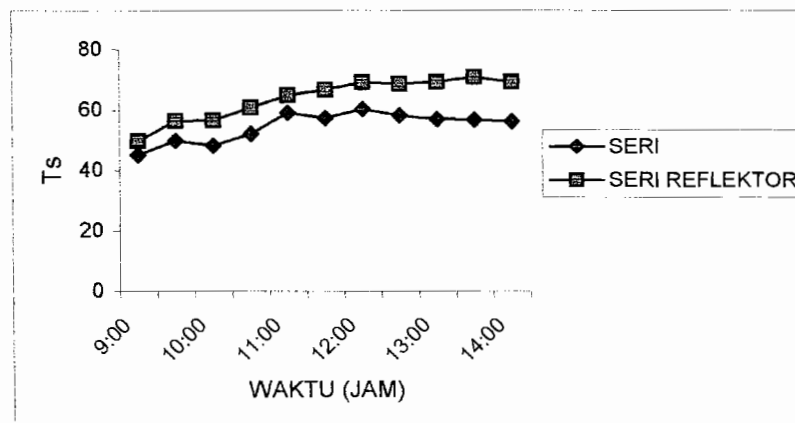
Temperatur rata-rata tangki penyimpanan dengan T5, T6, T7 di rata-rata dapat dilihat pada grafik berikut ini :



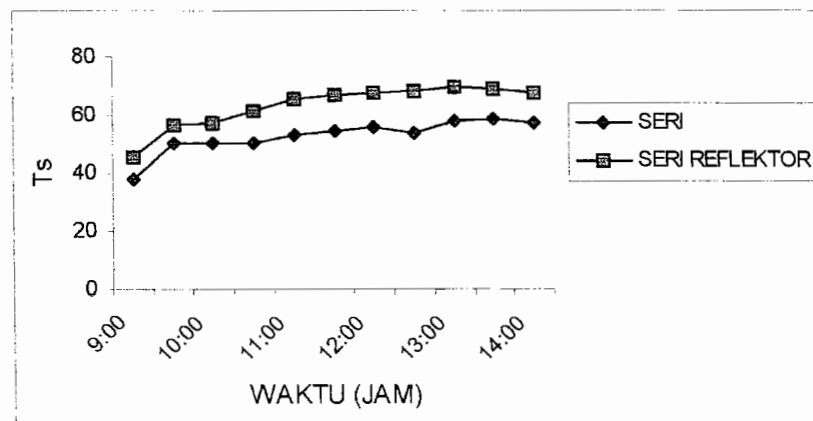
Grafik 4.9 Temperatur tangki penyimpan air panas 14 April 2004



Grafik 4.10 Temperatur tangki penyimpan air panas 15 April 2004



Grafik 4.11 Temperatur tangki penyimpanan air panas 16 April 2004

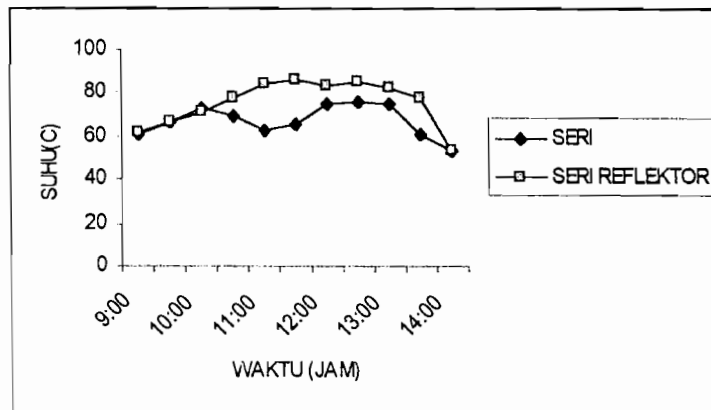


Grafik 4.12 Temperatur tangki penyimpanan air panas 17 April 2004

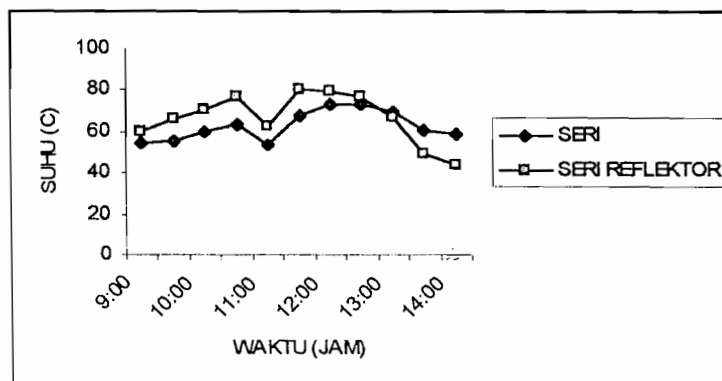
Pada proses ini intensitas dari sinar matahari awalnya kurang baik pada hari pertama. Tetapi setelah hari berikutnya suhu cenderung konstan. Ini disebabkan oleh perubahan cuaca atau cuaca tidak menentu. Intensitas radiasi yang diterima oleh plat penyerap sedikit terganggu oleh adanya awan tipis, serta kecepatan angin yang berubah-ubah, ini berlangsung sampai akhir proses.

IV.3 Temperatur Air Keluar

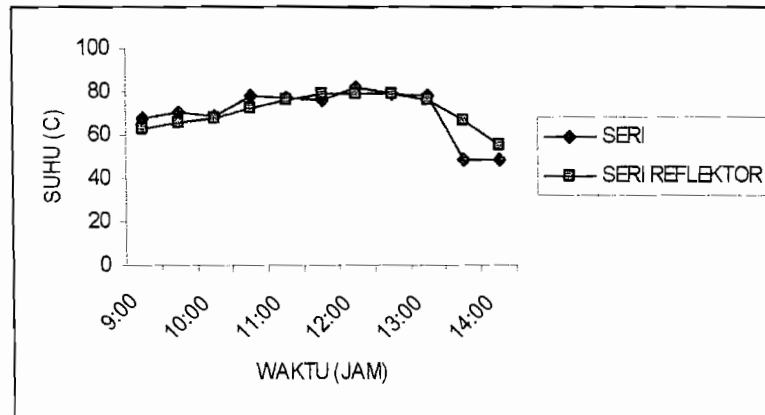
Dari data temperatur air masuk pada alat pemanas air yang telah diperoleh selama penelitian, dapat digambarkan melalui beberapa grafik sebagai berikut :



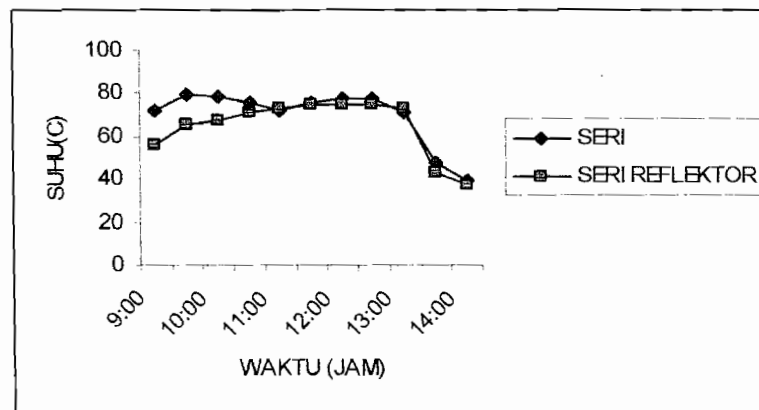
Grafik 4.13 Temperatur air keluar 14 April 2004



Grafik 4.14 Temperatur air keluar 15 April 2004



Grafik 4.15 Temperatur air masuk 16 April 2004



Grafik 4.16 Temperatur air keluar 17 April 2004

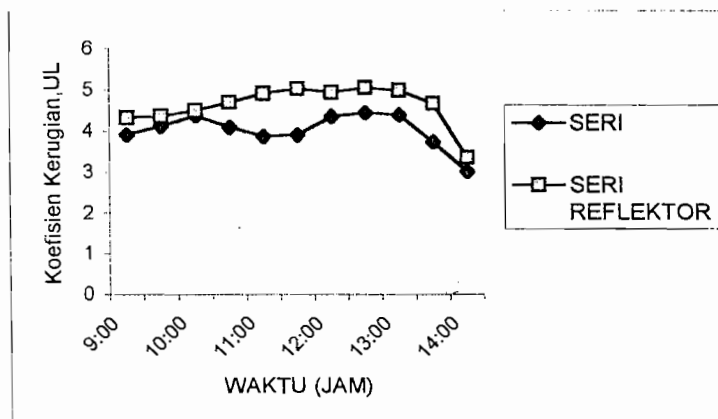
Dari grafik temperatur air keluar dapat dijelaskan bahwa temperature air keluar dipengaruhi oleh kinerja dari alat. Tinggi rendah temperature dari air keluar dipengaruhi juga oleh intensitas sinar matahari yang di terima oleh plat penyerap.

Dari grafik temperature air keluar menunjukkan bahwa temperature naik secara perlahan tetapi konstan. Kenaikkan maksimal diperoleh pada waktu mendekati tengah hari. Dan sesudah itu suhu turun lagi secara perlahan-lahan, ini dipengaruhi oleh cuaca yang tidak menentu. Dari

grafik tersebut ada juga yang suhu awal sampai suhu akhir hampir sama. Yang mempengaruhi itu semua adalah kecepatan angin, awan, mendung serta cuaca. Temperature air keluar antara kolektor pipa seri dengan kolektor pipa seri dengan reflector lebih tinggi yang memakai reflector. Ini dipengaruhi oleh intensitas matahari yang diterima oleh pipa seri dengan reflector lebih banyak. Tetapi temperature air keluar lebih tinggi kolektor pipa seri dengan reflector

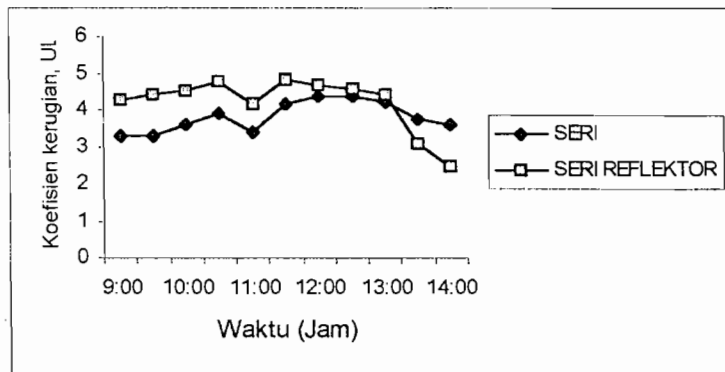
IV. 4 Koefisien Kerugian Kalor (U_L)

Dari data dan perhitungan bab sebelumnya maka dapat dibuat grafik sebagai berikut :

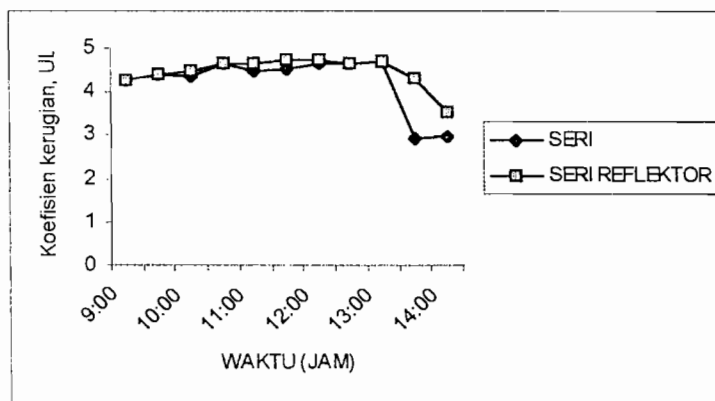


Grafik 4.17 Kerugian kalor 14 April 2004

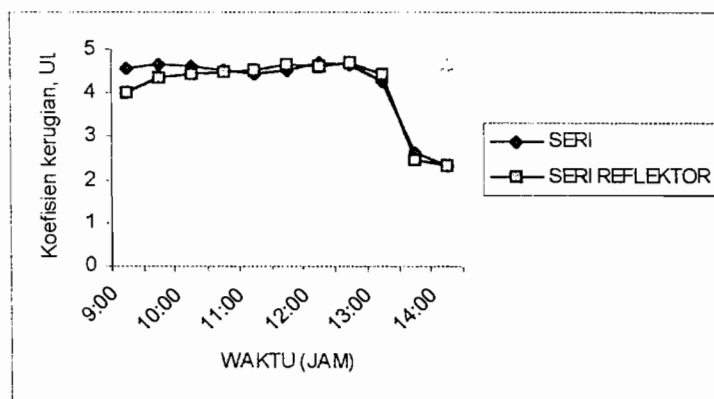




Grafik 4.18 Kerugian kalor 15 April 2004



Grafik 4.19 Kerugian kalor 16 April 2004



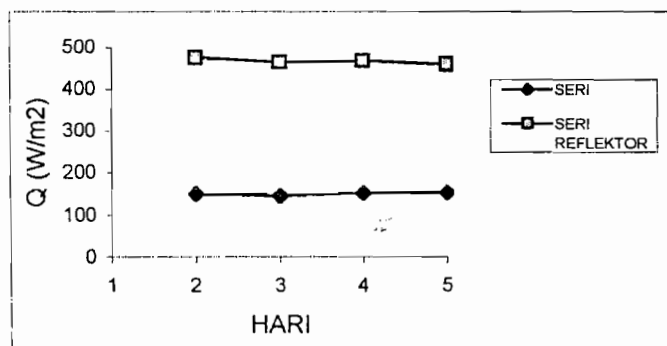
Grafik 4.20 Kerugian kalor 17 April 2004

Untuk grafik kerugian kalor (U_L) tersebut diatas dapat dijelaskan bahwa perbedaan yang ada disebabkan oleh perubahan kerugian atas (U_t). Semakin besar kerugian atasnya maka semakin besar pula kerugian kalornya.

Perbedaan kerugian kalor antara pipa seri dengan pipa seri reflector tidak besar ini juga karena factor cuaca, tingkat radiasi surya, serta kecepatan angin. Bisa juga dikatakan bahwa antara yang reflector dengan yang tidak hampir sama kerugian kalornya.

IV. 5 Kalor yang Berguna

Kalor berguna dengan G_T rata-rata dan T_i rata-rata dapat dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut :



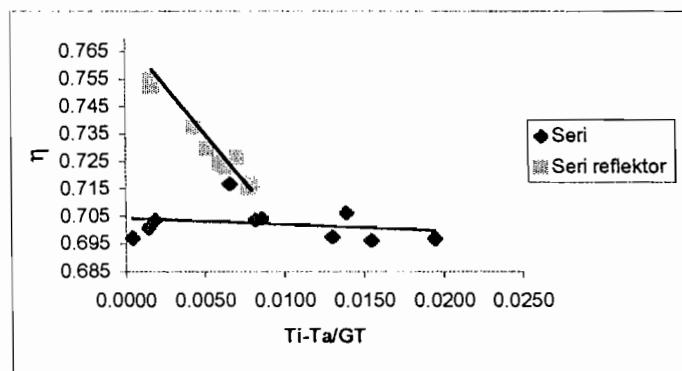
Grafik 4.21 Kalor berguna rata-rata per hari

Dari grafik tersebut diatas dapat dinyatakan bahwa kalor yang berguna tergantung dari sedikit banyak intensitas matahari yang diterima alat. Intensitas matahari yang diterima kolektor pipa seri dengan reflector lebih

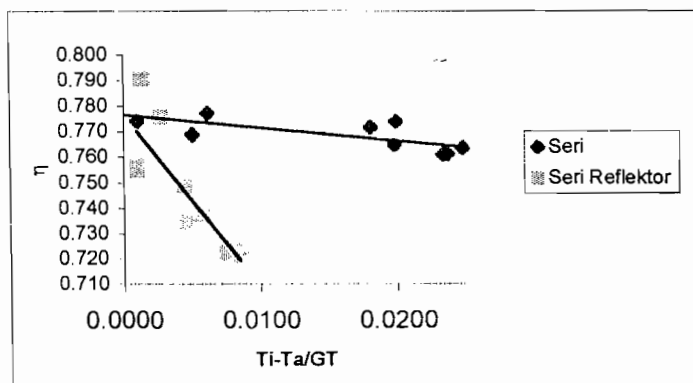
banyak dari pada kolektor pipa seri. Maka kalor yang berguna cenderung tinggi yang kolektor pipa seri dengan reflector.

IV.6 Efisiensi Thermal Kolektor Pipa Seri Dengan Kolektor Pipa Seri Dengan Reflektor

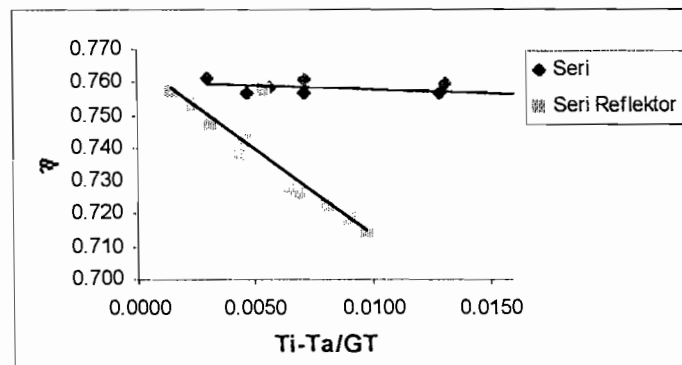
Dari perhitungan pada bab sebelumnya maka dapat dibuat grafik. Untuk selengkapnya dapat dilihat sebagai berikut :



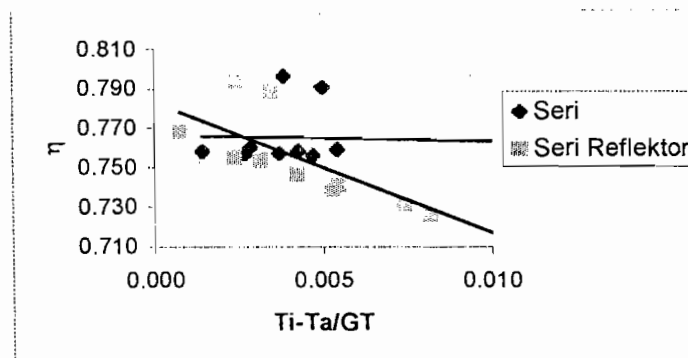
Grafik 4.22 Kurva efisiensi 14 April 2004



Grafik 4.23 Kurva efisiensi 15 April 2004



Grafik 4.24 Kurva efisiensi 16 April 2004

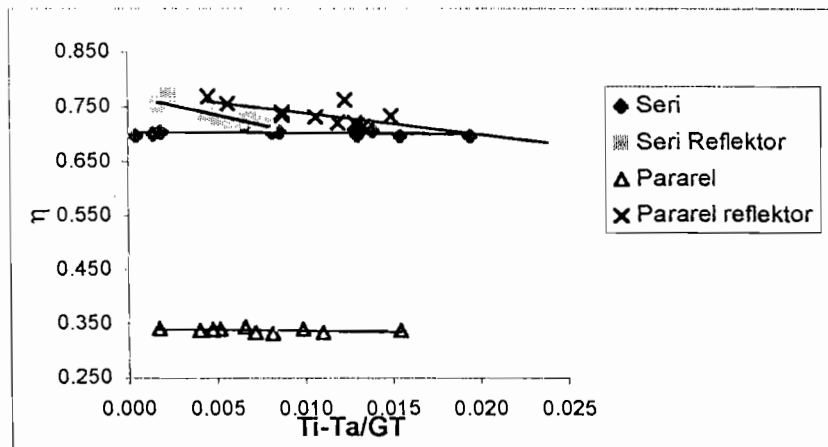


Grafik 4.25 Kurva efisiensi 17 April 2004

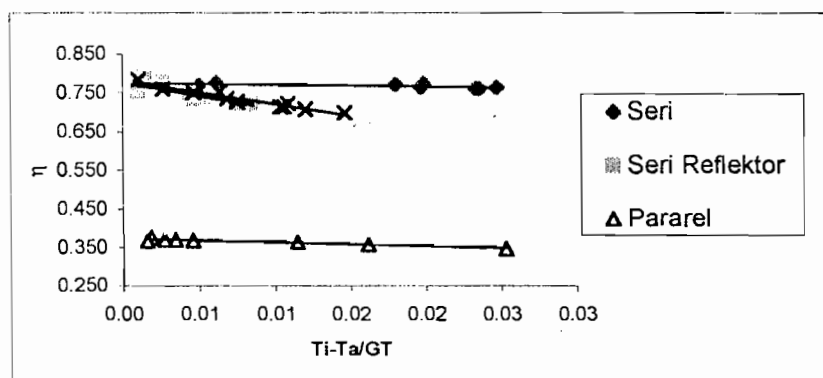
Dari persamaan efisiensi thermal dapat dilihat bahwa efisiensi thermal dari sebuah kolektor surya bukanlah sebuah konstanta melainkan sebuah karakteristik dengan variable yang tinggi yang tergantung dari temperatur diluar, tingkat radiasi surya, dan temperatur fluida pada pipa masuk.

Dari grafik diatas dapat dikatakan bahwa efisiensi thermal antara pipa seri dengan pipa seri reflector cenderung tinggi yang memakai reflector. Ini disebabkan daya serap atau radiasi surya yang diterima alat dengan reflektor lebih banyak.

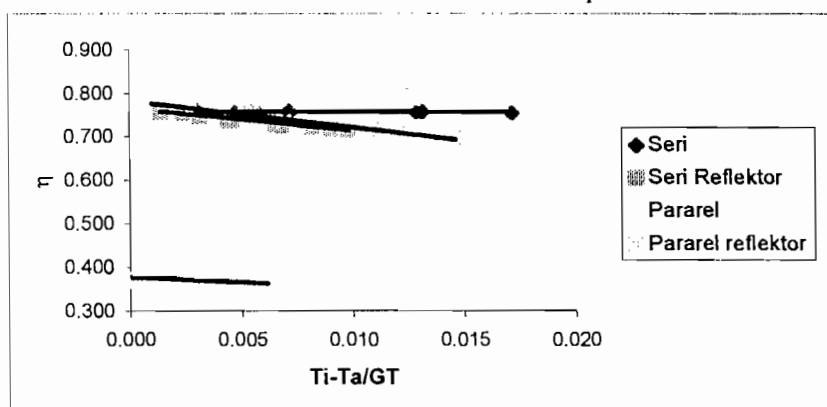
IV. 7 Efisiensi Termal Kolektor Pipa Seri Dengan Kolektor Pipa Pararel



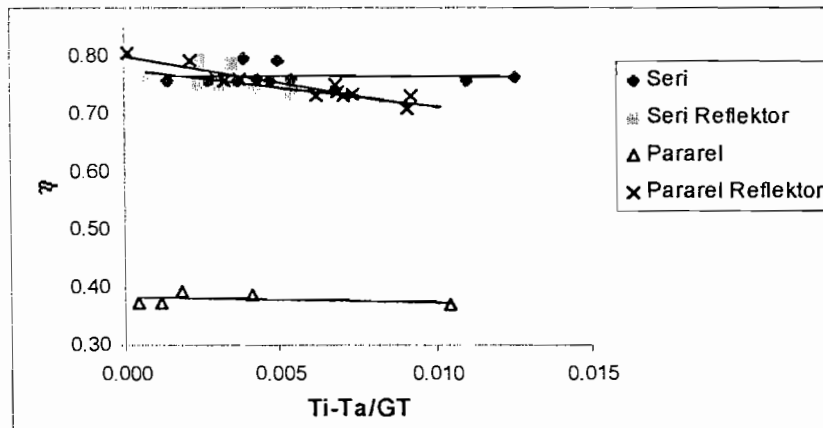
Grafik 4.26 Kurva efisiensi total 14 April 2004



Grafik 4.27 Kurva efisiensi total 15 April 2004



Grafik 4.28 Kurva efisiensi total 16 April 2004



Grafik 4.29 Kurva efisiensi total 17 April 2004

Dari gambar grafik efisiensi termal diatas dapat dilihat bahwa efisiensi termal dari empat buah alat mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Perbedan tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu :

- Efisiensi termal dipengaruhi oleh perbedaan antara temperatur fluida pada lubang masuk kolektor dan temperatur luar atau lingkungan. Apabila temperatur fluida masuk semakin tinggi dan temperatur luar atau lingkungan semakin kecil maka harga efisiensi termal dari sebuah kolektor tersebut akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya.
- Efisiensi termal juga dipengaruhi oleh faktor pelepasan panas, semakin tinggi faktor pelepasan panas maka harga efisiensi termal akan semakin naik.
- Faktor lain yang juga mempengaruhi harga efisiensi termal adalah faktor kerugian panas. Adapun kerugian panas mencakup dua bagian yaitu kerugian panas atas dan kerugian panas bawah. Kerugian panas bawah cenderung konstan, sedangkan kerugian panas atas dipengaruhi oleh

beberapa faktor antara lain temperatur plat, temperatur kaca, temperatur lingkungan, koefisien konveksi (alam) dalam, koefisien radiasi (ekivalen) dalam, koefisien konveksi luar, koefisien radiasi (ekivalen) luar. Kerugian panas atas ini cenderung berubah-ubah tiap waktu. Semakin tinggi kerugian panas maka efisiensi termal akan semakin tinggi.

-Faktor lain yang dapat mempengaruhi efisiensi termal selain diatas dapat dilihat dari bentuk atau karakteristik dari masing-masing alat. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi termal dari keempat tersebut terlihat jelas perbedaannya., mulai dari yang terendah yaitu kolektor dengan pipa paralel, kemudian pipa paralel dengan kolektor, pipa seri dan yang paling tinggi kolektor dengan pipa seri. Antara pipa paralel dengan kolektor paralel dengan menggunakan reflektor terjadi perbedan yang mencolok. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa reflector sangat mempengaruhi tingkat efisiensi termal. Sedangkan antara kolektor paralel dengan reflector dibandingkan kolektor pipa seri hanya terjadi sedikit perbedaan, kolektor paralel dengan reflector mampu mendekati harga efisiensi kolektor pipa seri. Faktor kedua yang mempengaruhi adalah susunan pipanya. Pipa seri laju alirannya lebih panjang sedangkan pipa susunan paralel lebih pendek.

BAB V

PENUTUP

Mesin pemanas air tenaga surya dengan termosiphon ini sebagai alat teknologi yang memanfaatkan energi dari alam berupa sinar matahari. Untuk menghindari terjadinya kerusakan yang nantinya akan menurunkan operasional mutu dari hasil yang dihasilkan mesin tersebut maka perlu diperhatikan :

1. Pencegahan terhadap korosi.

Setelah alat pemanas air ini digunakan alangkah baiknya pipa-pipa air yang terdapat di mesin pemanas air ini dibersihkan secara berkala. Ini dilakukan untuk mencegah penyumbatan pada pipa-pipa tembaga yang dikarenakan korosi.

2. Pencegahan terhadap pipa yang bocor

Sistem kerja pemanas air ini tidak lepas dari pipa-pipa untuk air bersirkulasi. Maka pipa-pipa yang ada sebaiknya dirawat sehingga tidak terjadi kebocoran. Pipa yang bocor akan mengakibatkan suhu air yang dihasilkan dalam tangki penyimpan berkurang.

Dari hasil perhitungan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Efisiensi termal dari pemanas air termosiphon yang paling tinggi adalah pemanas air pipa seri dengan reflector. Ini dikarenakan laju aliran kolektor pipa seri lebih besar dari kolektor pipa paralel dan

penerimaan panas kolektor pipa seri dengan reflector lebih banyak dari yang tidak memakai reflektor.

2. Alat yang efisiensinya paling rendah adalah kolektor pipa paralel ini disebabkan oleh karena laju aliran lebih pendek.
3. Reflektor dapat menaikkan efisiensi sekitar 2-4 % ini karena intensitas sinar matahari yang diterima dengan reflektor lebih banyak.
4. Beda masa jenis air lebih besar akan menaikkan laju aliran dalam alat.
5. Alat Termosifon atau pemanas air tenaga surya ini cocok untuk daerah yang kondisi lingkungannya bisa menerima sinar matahari yang tinggi dan kecepatan anginnya tidak besar. Contoh di daerah pegunungan atau daerah perkotaan.

Tapi untuk kondisi biasa atau untuk daerah intensitas rendah atau normal, maka komponen-komponen yang harus diperhatikan :

- Komponen pertama adalah kaca penutup, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah nilai absorptivitas yang rendah, transmisivitas yang tinggi dan ketebalan kaca tipis.
- Yang kedua adalah plat, plat dipilih dengan kriteria absorptivitas/penyerap terhadap radiasi tinggi.
- Yang ketiga adalah isolasi , isolasi yang digunakan mempunyai harga konduktivitas yang rendah.
- Kandungan garam dalam air tidak terlalu tinggi.
- Bahan reflektor harus mempunyai harga reflektansi tinggi tetapi harga emisi dan absorptivitas rendah atau hampir sama dengan nol.

6. Besarnya temperatur air panas yang diterima kolektor kemudian akan disimpan didalam tangki penyimpan, dipengaruhi oleh keadaan cuaca pancaran atau radiasi matahari yang datang pada permukaan bumi. Semakin cerah cuaca maka semakin banyak energi matahari yang diserap plat kolektor, sehingga temperatur dalam tangki yang dihasilkan menjadi besar.
7. Pemanas air termosifon merupakan salah satu pemanas cairan alternatif dengan energi sinar matahari yang sangat sederhana sekali. Alat ini cocok dan produktif digunakan untuk daerah dengan intensitas panas matahari yang cukup tinggi .
8. Tingkat radiasi yang di pancarkan oleh sinar matahari akan mempengaruhi proses kerja alat. Apabila matahari bersinar dengan cerah tanpa ada awan, dan ini berlangsung sepanjang hari maka kerja alat akan berjalan dengan sempurna dan maksimal. Sehingga sebuah siklus sirkulasi air berjalan dengan cepat.
9. Pembuatan, perawatan mudah dan murah.
10. Alat pemanas air ini tidak berbahaya bagi lingkungan alam sekitar.
11. Alat termosiphon ini akan lebih baik jika digunakan pada musim kemarau atau musim panas. Karena alat ini lebih banyak menerima gelombang radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Wiranto Arismunandar., *Teknologi Rekayasa Surya*, PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Kreith, F., Prijono, A., *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta, 1986
- Naga, D.S., *Ilmu Panas*, Penerbit Gunadarma, Jakarta Pusat
- Holman J.P., Jaszfi, E., *Perpindahan Kalor*, Erlangga, 1994
- W.C. Swinbank, "Long Wave Radiation from Clear Skies", Vol. 89, 1963

LAMPIRAN

Tabel.1 Sifat Air (Cairan Jenuh)

°F	°C	c_p kJ/(kg·°C)	ρ kg/m ³	μ kg/m·s or Pa·s	k W/(m·°C)	Pr	$g\beta\rho^2c_p/\mu k$ 1/(m ³ ·°C)
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

Dari J.P. Holman, *Heat Transfer*, 5th ed. (New York : McGraw-Hill, 1981); diambil dari A.I. Brown, dan S.M. Marco, " *Introduction to Heat Transfer*," 3rd ed (New York: McGraw-Hill, 1958). Digunakan dengan izin penerbit.

Tabel .2 Konduktifitas Termal Beberapa Bahan Kolektor Surya Tertentu

Bahan	Konduktivitas termal (k), W/(m.K)
Tembaga	385.0
Aluminium	211.0
Timah Putih	66.0
Baja, 1% karbon	45.0
Baja tahan karat	16.0
Kaca	1.05
ABS (Akrilonitril-Butadien-Stiren)	0.27
Polikarbonat	0.2
Karet alam 30 durometer	0.14
Karet alam 70 durometer	0.17
Isolasi papan kaca serat	0.043

W Arismunandar, Teknologi Tenaga Surya



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email : teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR/SKRIPSI PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No: 425 FT.USD/EM Mei 2004

NAMA : Agus Tomy Sukarno
NIM : 985214080
NIRM : 980051123109120080
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik . Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Solar Water Heater With seri pipe.

Tanggal dimulai : 6 Mei 2004

Pembimbing II

Yosef Agung C,ST,MT.

Yogyakarta , 6 Mei 2004
Pembimbing I

Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email : teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR : LAPORAN DOOR-TO-DOOR
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA YOGYAKARTA

NAMA : Agus Tomy Sularto
NPM : 075214090
NIM : 00005112810012000
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma, Yogyakarta
Judul : Solar Water Heater With Serpi Pipe
Tanggal dimulai : 6 Mei 2004
Pembimbing I : Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.
Pembimbing II : Yosef Agung C.ST.MT.

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1	28-01-2004	Soal-	SOLAR WATER HEATER SYSTEM WITH SERPI PIPE	<u>Rusdi</u>
2	10-02-2004	Perencanaan dan pembuatan alat		<u>Rusdi</u>
3	14-4-2004	Pengambilan data.		<u>Rusdi</u>
4	10-05-2004	Pengolahan data.	Perhitungan data yg diperoleh.	<u>Rusdi</u>
5	25-08-2004	Pengkajian Bab I, II, III		<u>Rusdi</u>
6	14-10-2004	Pengkajian Bab IV, V	penyempurnaan naskah.	<u>Rusdi</u>
7				
8				
9				
10				



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta

Telp. (0274) 883037, 883968, 886530; Fax. (0274) 886529; Email : teknik@staff.usd.ac.id

UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

TANGGAL : 8 Nopember 2004

AMA Mhs. : AGUS TOMY SUKARNO

IM : 985214080

JUDUL :
Solar Water Heater System With Seri Pipe

Pembimbing Utama : Ir. FA. Rusdi Sambada, MT.

Pembimbing Kedua :-

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

2. Persamaan koefisien radian salah (hal 17), persamaan- 2.11... ✓
Keterangan variable persamaan. ✓
hal 30. Besarnya font diperbaiki. ✓
Abstract dalam bahasa Inggris. ✓
Sumber gambar & tabel disebutkan ✓
Daftar pustaka gelar jangan ditulis... ✓
Keterangan gambar alat (spesifikasi alat). ✓
lihat masalah ✓

