

**PEMANAS AIR TENAGA SURYA
UNTUK RUMAH TANGGA**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**

**Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin**



Diajukan Oleh :

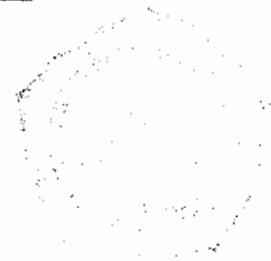
GEDE BAGUS HARRIE PURNAMA W

99 5214 142

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2005




TUGAS AKHIR
PEMANAS AIR TENAGA SURYA
UNTUK RUMAH TANGGA

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
NAMA : Gede Bagus Harrie Purnama Wiarka
NIM : 995214142

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
pada tanggal 14 Mei 2005

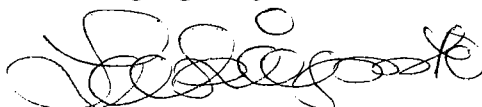
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama


Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

Anggota Dewan Penguji


Y. Agung Cahyanta, S.T., M.T.


Ir. YB. Lukiyanto, M.T.

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

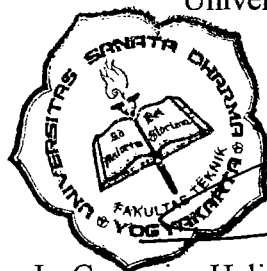
Yogyakarta, 16 Juni 2005

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan





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

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 secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 16 Juni 2005

Gede Bagus Harrie Purnama Wiarka



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

No: 466 /FT .USD/TM/ Oktober/2004

NAMA : Gede Bagus Harrie Purnama W
NIM : 995214142
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Pemanas Air Tenaga Surya untuk Rumah Tangga

Tanggal dimulai : 27 September 2004

Pembimbing II

Yogyakarta , 7 Oktober 2004

Pembimbing I

Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat IDA SANG HYANG WIDHI WASA yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang program Strata 1 (S-1) pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penulisan skripsi ini penulis memperoleh bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dan pada kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Greg. Heliarko, S.J.,S.S.,B.S.T.,M.A.,M.S.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak FA. Rusdi Sambada S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
4. Papa, Mama tercinta atas doa dan kasihnya.
5. Onan (yang cerewet) dan Kadek atas komputernya.
6. Eli, Trimbil, Dode (Kentir), Hari 'Ndut' dan teman-teman lainnya yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang berhasil penulis susun ini masih jauh dari sempurna baik dari segi penulisan maupun materinya, hal ini dikarenakan terbatasnya kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang memerlukannya.

Yogyakarta, 16 Juni 2005

Gede Bagus Harrie Purnama Wiarka

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSOALAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRACT	xii
INTI SARI	xiii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sistem Pemanas Air	2
II. DASAR TEORI	
2.1. Prinsip Dasar	4
2.2. Kolektor Surya Pelat Rata	5
2.3. Radiasi Surya	15
2.4. Persamaan Prestasi Termal	19
2.5. Evaluasi Prestasi dari Sistem Pemanas Surya Aktif	20
III. PERANCANGAN	
3.1. Perhitungan dengan fungsi sinus	26

3.2. Perhitungan dengan G_T rata-rata	41
3.3. Perhitungan dengan perbedaan luas kolektor	59
3.4. Perhitungan dengan perbedaan kapasitas tangki	69
3.5. Perhitungan dengan perbedaan harga radiasi masuk	63
3.6. Perhitungan dengan perbedaan harga temperatur luar	65
3.7. Perhitungan dengan perbedaan harga temperatur dalam	67
3.8. Perhitungan dengan perbedaan harga awal temperatur tangki	69
3.9. Perhitungan laju aliran massa untuk termosifon	70
3.10. Evaluasi Prestasi dari Sistem Pemanas Surya Aktif	74
3.11. Ekonomi	75

IV. PENUTUP

4.1. Kesimpulan	85
4.2. Saran	86
4.3. Penutup	86

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem pemanas air termosifon	2
Gambar 1.2. Sistem pemanas air dengan larutan anti beku	3
Gambar 1.3. Sistem aliran balik dengan air lunak	3
Gambar 2.1. Sistem pemanas air termosifon	4
Gambar 2.2. Penampang lintang suatu pemanas cairan surya	5
Gambar 2.3. Distribusi temperatur dalam suatu pelat penyerap dari tembaga ...	6
Gambar 2.4. Kerugian panas kolektor	7
Gambar 2.5. Sirkuit tahanan perpindahan panas melalui bagian atas kolektor ..	8
Gambar 2.6. Koefisien konveksi alam h_i dalam celah udara	9
Gambar 2.7. Aliran panas kedalam cairan	12
Gambar 2.8. Bilangan Nusselt rata-rata dalam pipa pendek	13
Gambar 2.9. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran	16
Gambar 2.10. Komponen radiasi pada permukaan miring	19
Gambar 2.11. Grafik f untuk sistem pemanas udara	21
Gambar 3.1. Radiasi per jam rata-rata	25
Grafik 3.2. Temperatur air tangki per jam	29
Gambar 3.3. Grafik efisiensi	41
Gambar 3.4. Temperatur air tangki per jam	43
Gambar 3.5. Grafik efisiensi	58
Gambar 3.6. Temperatur air dengan perbedaan luasan kolektor	60

Gambar 3.7. Temperatur air dengan perbedaan kapasitas tangki	62
Gambar 3.8. Temperatur air dengan perbedaan harga radiasi masuk	64
Gambar 3.9. Temperatur air dengan perbedaan temperatur luar	66
Gambar 3.10. Temperatur air dengan perbedaan temperatur ruangan	68
Gambar 3.11. Temperatur air dengan perbedaan harga awal temperatur	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Radiasi total per jam	24
Tabel 3.2. Temperatur air tangki per jam	29
Tabel 3.3. Temperatur air tangki per jam	42

ABSTRACT

SOLAR WATER HEATER FOR HOUSEHOLD PURPOSES

The usage of electrical energy have a mount of tendency so that it's claimed to look for the other source energy to replace the electric energy. Everyone need the hot water for bath, cleaning and other requirement.

Here I use the thermosyphon system to get the hot water need. This system very simple and efficient. This system only consisted of the storage tank of heat which is put down higher at least 25 cm above of tabletop from collector consecuation. In my sceme, is used some data like : angle of collector inclination = 50° , size measure tank = $0,56 \times 0,6$ m with the capacities 100 litre etc. From calculation result obtained that the water tank temperature 104°C , but practically the water temperature reached only 100°C . Here also used some variation of variable like collector wide, price of tank capacities to compare the temperature of heat got if some its variable is altered. From my scheme result that in economic the light of in the reality system which I use do not too beneficial if compared to a electric power usage. This matter is caused by the usage of heat water which relative little, which are : 100 litre / day.

INTI SARI

PEMANAS AIR TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TANGGA

Penggunaan energi listrik mempunyai kecenderungan meningkat sehingga kita dituntut untuk mencari sumber energi lain untuk menggantikan energi listrik. Setiap orang memerlukan air panas untuk keperluan mandi, mencuci dan kebutuhan lainnya.

Disini saya menggunakan sistem termosifon untuk mendapatkan keperluan air panas. Sistem ini sangat sederhana dan efisien. Sistem ini hanya terdiri dari tangki penyimpan panas yang diletakkan lebih tinggi pada jarak paling sedikit 25 cm diatas bagian atas dari deretan kolektor. Dalam perancangan saya, digunakan beberapa data seperti : sudut kemiringan kolektor = 50° , ukuran tangki = $0,56 \times 0,6$ m dengan kapasitas 100 liter dan data-data lainnya. Dari hasil perhitungan diperoleh temperatur air tangki yang mencapai suhu 104° C, tetapi pada kenyataannya temperatur air yang dicapai hanya 100° C. Disini juga digunakan beberapa variasi-variasi variabel seperti luas kolektor, harga kapasitas tangki untuk membandingkan temperatur air panas yang didapat apabila beberapa variabelnya diubah. Dari hasil perancangan saya apabila dipandang dari sudut ekonomi ternyata sistem yang saya gunakan tidak terlalu menguntungkan apabila dibandingkan dengan penggunaan tenaga listrik. Hal ini disebabkan karena penggunaan air panas yang relatif sedikit, yaitu : 100 liter / hari.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan energi listrik mempunyai kecenderungan meningkat sehingga kita dituntut untuk mencari sumber energi lain untuk menggantikan energi listrik. Energi dari matahari dijadikan alternatif oleh manusia untuk menggantikan energi dari listrik. Energi dari matahari ini sudah banyak digunakan sebagai pemanas air atau udara dan juga kendaraan yang menggunakan tenaga surya.

1.2. Sistem Pemanas Air

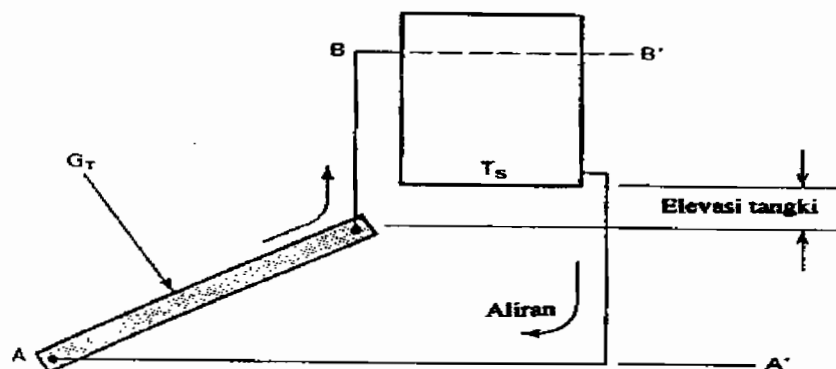
Pemanas air tenaga surya bekerja dengan cara energi dari matahari akan diserap oleh pelat kolektor, sehingga suhu dari kolektor akan naik dan menaikkan temperatur air yang melewatinya. Air yang telah dipanasi ini akan ditampung didalam tangki penyimpanan panas. Air didalam tangki penyimpanan panas dapat langsung digunakan atau disimpan untuk beberapa waktu. Air yang akan kita gunakan dialirkan ke tangki penyimpanan panas sehingga suhu air menjadi naik. Dalam hal ini terjadi perpindahan panas secara konduksi dan konveksi.

Beberapa sistem pemanas air, yaitu:

1.2.1. Sistem Termosifon.

Sistem ini merupakan sistem yang paling sederhana. Pemanas air termosifon menghasilkan sistem yang efisien. Kesederhanaan dari

sistem ini menghasilkan rumusan matematik bentuk tertutup yang relatif jelas mengenai prestasi termalnya.

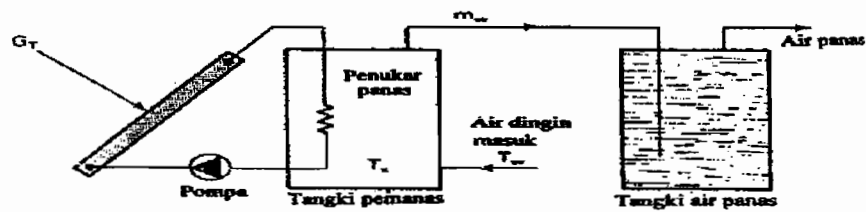


Gambar 1.1. Sistem pemanas air termosifon

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 115)

1.2.2. Sistem Sirkulasi Paksa.

Apabila diperlukan perlindungan terhadap pembekuan, maka suatu larutan anti beku dapat disirkulasikan melalui kolektor-kolektor tersebut. Panas yang diserap dipindahkan keair didalam tangki penyimpan dengan menggunakan sebuah penukar panas. Apabila larutan anti beku itu beracun maka diperlukan penukar panas yang dibuat dengan dinding rangkap dua.

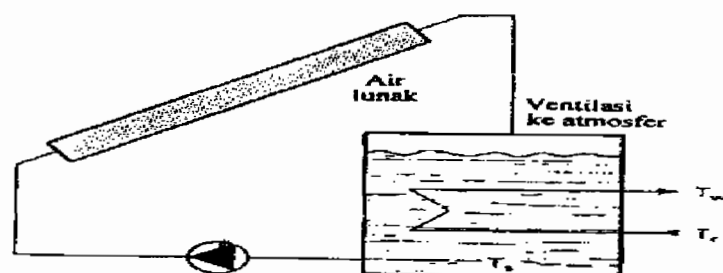


Gambar 1.2. Sistem pemanas air dengan larutan anti beku

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 120)

1.2.3. Sistem Aliran Balik.

Sistem ini menggunakan udara tekan untuk mengembalikan air yang bersirkulasi melalui kolektor ke tangki penyimpanan. Udara tekan dapat dipasang oleh sebuah kompresor untuk penyemprotan cat yang kecil. Air yang disirkulasi adalah air minum biasa, dalam hal ini tidak digunakan alat penukar panas. Air dipasok dari tangki pemanas awal ke pemanas air panas biasa sesuai dengan yang diperlukan.



Gambar 1.3. Sistem aliran balik dengan air lunak

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 128)

BAB II

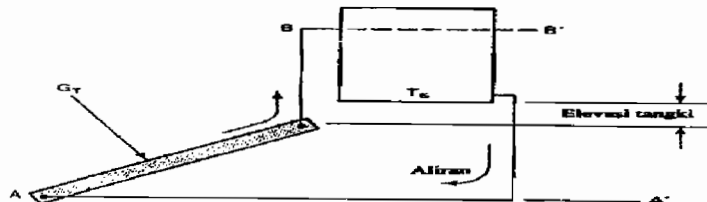
DASAR TEORI

PEMANAS AIR SISTEM TERMOSIFON

2.1. Prinsip Dasar

Pemanas air tenaga surya sistem termosifon merupakan sistem konversi tenaga surya yang paling efektif dan paling sederhana. Sistem ini hanya terdiri atas sebuah tangki penyimpanan yang ditempatkan lebih tinggi pada jarak paling sedikit 25 cm di atas bagian atas dari deretan kolektor.

Termosifon diciptakan oleh perbedaan massa jenis antara fluida dalam kolom AB dan fluida dalam kolom A'B'. Apabila fluida dalam kolektor (kolom AB) dipanasi oleh matahari, maka massa jenisnya turun. Setelah perbedaan massa jenis antara AB dan A'B' telah cukup untuk mengatasi tinggi gesekan dari sistem, maka terjadilah suatu sirkulasi searah jarum jam, air hangat dari kolektor dipindahkan ke tangki penyimpanan dan diganti air yang lebih dingin dari dasar tangki.



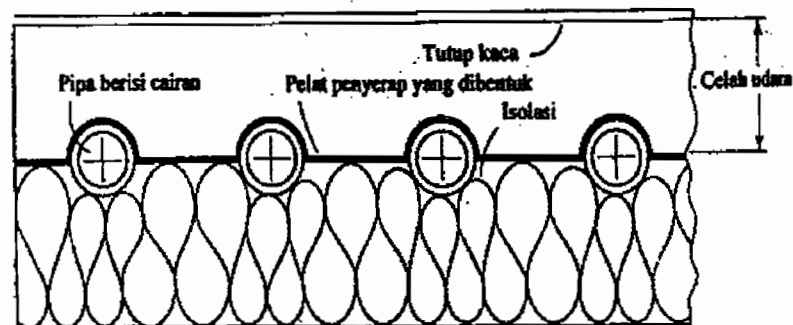
Gambar 2.1. Pemanas Air Sistem Termosifon

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 115)

Sirkulasi berlanjut sampai seluruh sistem kira-kira mencapai temperatur yang uniform. Gerakan sirkulasi fluida ini yang tidak lagi memerlukan sensor temperatur, alat-alat kontrol, dan pompa sirkulasi serta motor.

2.2. Kolektor Surya Pelat Rata

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



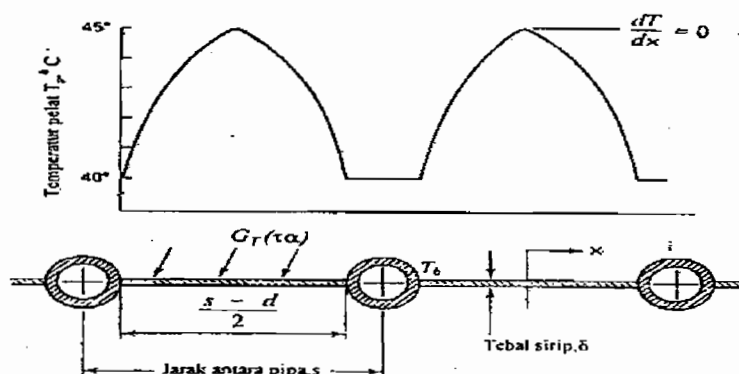
Gambar 2.2. Penampang lintang suatu pemanas cairan surya

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 42)

2.2.1. 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 penyerap tersebut. Suatu distribusi temperatur yang khas pada sirip antara pipa-pipa diperlihatkan pada Gambar 2.3 dengan temperatur maksimum ditengah-tengah dua pipa yang gradien temperaturnya $dT/dx = 0$, menurun ke T_b pada bagian yang disebut dasar sirip.

Kerugian panas dari penyerap akan menjadi minimum jika seluruh sirip ada pada T_b . Hal ini tidak mungkin, namun demikian dalam sebuah kolektor yang dirancang dengan sangat baik, selisih temperatur $T_{maks} - T_b$ dibuat sekecil mungkin. Hal ini dapat dicapai dengan memilih sebuah lembar penyerap dengan konduktifitas termal (k) yang baik, dengan ketebalan (d) yang cukup memadai, dan dengan alur aliran panas $(s-d)/2$ sependek mungkin.



Gambar 2.3. Distribusi temperatur dalam suatu pelat penyerap dari tembaga.

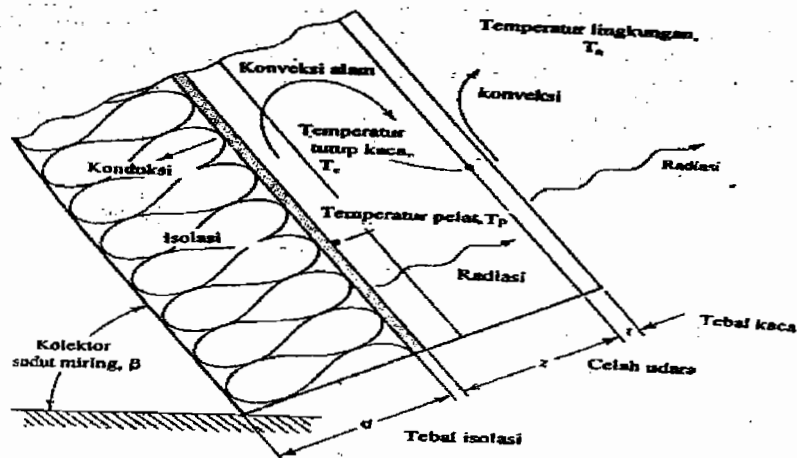
(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 43)

Efisiensi sirip didapat dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 43) :

$$F = \frac{\tanh \left[\sqrt{\frac{U_L (s-d)}{k\delta}} \right]}{\sqrt{\frac{U_L (s-d)}{k\delta}}} \dots \dots \dots (2-1)$$

2.2.2. Koefisien Kerugian Panas Total (UL)

Panas yang hilang dari bagian atas pelat penyerap karena konveksi alam dan radiasi ke permukaan dalam dari pelat penutup kaca (sebagian dari radiasi itu akan benar-benar melalui penutup kaca). Panas ini dikonduksikan oleh pelat kaca ke permukaan luarnya, kemudian dipindahkan ke atmosfer luar secara konveksi dan radiasi.



Gambar 2.4. Kerugian panas kolektor

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 47)

Tahanan total dapat ditulis sebagai berikut (W.Arismunandar:1995, 47) :

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{h_i + h_{ri}} + \frac{t}{k} (\text{kaca}) + \frac{1}{h_o + h_{ro}} \dots \dots \dots (2-2)$$

Dapat ditulis juga dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 201) :

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^{0.03} + \frac{1}{h_o}} \right]^{-1} + \frac{\sigma (T_p + T_a) (T_p^2 + T_a^2)}{\left[\varepsilon_p + 0,05N(1 - \varepsilon_p) \right]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\varepsilon_g} \right] - N}$$

..... (2-3)

dengan:

N = Jumlah penutup

f = $(1 - 0,04 h_o + 0,0005 h_o^2) (1 + 0,091 N)$

C = $250 [1 - 0,0044 (\beta - 90^\circ)]$

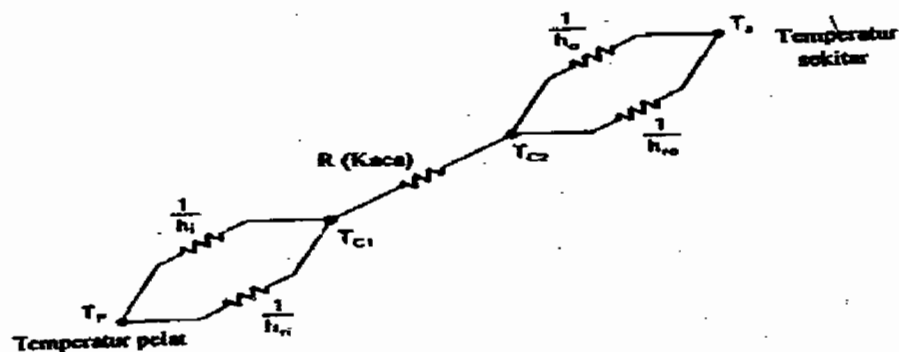
h_i = koefisien konveksi (alam) dalam ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)

h_{ri} = koefisien radiasi (ekivalen) dalam ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)

R (kaca) = harga R dari kaca, tebal/ konduktivitas termal ($t/K; m^2 \cdot ^\circ K/W$)

h_o = koefisien konveksi luar ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)

h_{ro} = koefisien radiasi (ekivalen) luar ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)



Gambar 2.5. Sirkuit tahanan perpindahan panas melalui bagian atas kolektor

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 48)

harga h_i diperoleh dari gambar 2.6 dengan mencari fungsi ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 yang didefinisikan sebagai berikut (W.Arismunandar:1995, 48):

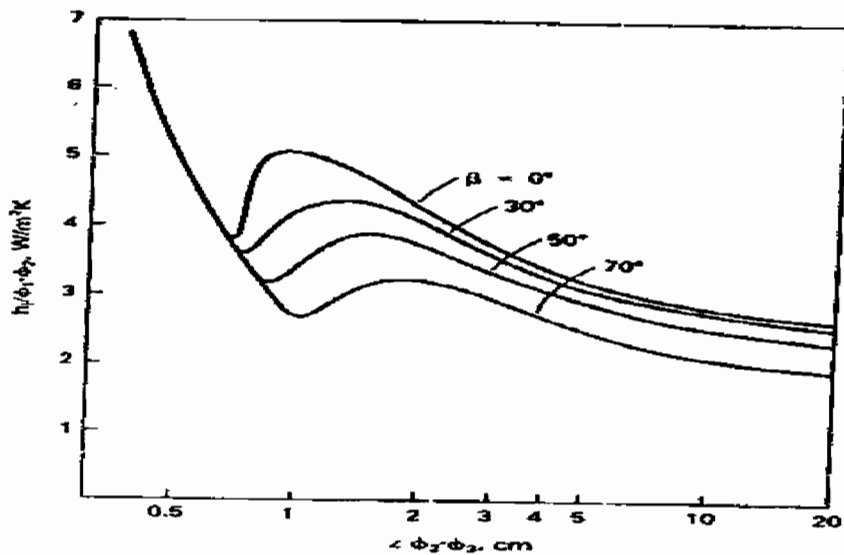
$$\phi_1 = \frac{137}{(T_m + 200)^{1/3} T_m^{1/2}}$$

$$\phi_2 = \frac{T_p - T_c}{50} \dots\dots\dots (2-4)$$

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

Dengan temperatur rata-rata (W.Arismunandar:1995, 48):

$$T_m = \frac{T_p - T_c}{2} \dots\dots\dots (2-5)$$



Gambar 2.6. Grafik koefisien konveksi alam h_i , dalam celah udara

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 49)

Dari gambar 2.6, untuk $\beta=50$ diperoleh persamaan :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \phi_2} = \text{hasil}(z \phi_2 \phi_3) \text{ihat gambar 2.6} \dots\dots\dots (2-6)$$

Koefisien radiasi dalam ekivalen dapat ditulis dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 50) :

$$h_{ri} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\left(\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1\right)} \dots\dots\dots (2-7)$$

Koefisien konveksi luar (h_o) ditulis dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 51) :

$$h_o = 5,7 + 3,8 V \dots\dots\dots (2-8)$$

dimana V adalah kecepatan angin (m/dt).

Koefisien radiasi luar ekivalen dapat ditulis dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 51) :

$$h_{ro} = \frac{\epsilon_c \cdot \sigma(T_c^4 - T_{\text{langit}}^4)}{T_c - T_{\text{langit}}} \dots\dots\dots (2-9)$$

dimana temperatur langit diperkirakan oleh Swinbank sebagai (W.Arismunandar:1995, 51) :

$$T_{\text{langit}} = 0,0552 (T_a)^{3/2} \dots\dots\dots (2-10)$$

Temperatur luar T_a dalam Kelvin.

Koefisien kerugian total (U_L) ditentukan dengan menambahkan koefisien kerugian bawah dari kolektor pada U_t .

Dengan koefisien kerugian bawah adalah (W.Arismunandar:1995, 51) :

$$U_b = \frac{1}{R} = \frac{k}{t} \dots\dots\dots (2-11)$$

Sehingga koefisien kerugian total adalah (W.Arismunandar:1995, 52):

$$U_L = U_b + U_t \dots\dots\dots (2-12)$$

Temperatur pelat kolektor (T_p) adalah (Lundre, Peter J: 1980, 189) :

$$T_{p,m} - T_{f,m} = q_u \cdot R_{p-f} \dots\dots\dots (2-13)$$

dimana :

$$R_{p-f} = \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i \cdot n \cdot L} \dots\dots\dots (2-14)$$

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L F_R} \left[1 - \frac{F_R}{F'} \right] \dots\dots\dots (2-15)$$

$$q_u = F_R [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)] \dots\dots\dots (2-16)$$

dengan :

h = koefisien konveksi

d_i = diameter dalam (m)

n = jumlah pipa

L = panjang pipa (m)

Temperatur kaca penutup ditulis dalam persamaan :

$$T_c = T_p - \frac{U_t (T_p - T_a)}{h_i + h_{ri}} \dots\dots\dots (2-17)$$

dengan :

T_p = temperatur pelat (°C)

U_t = kerugian atas (W/m^2)

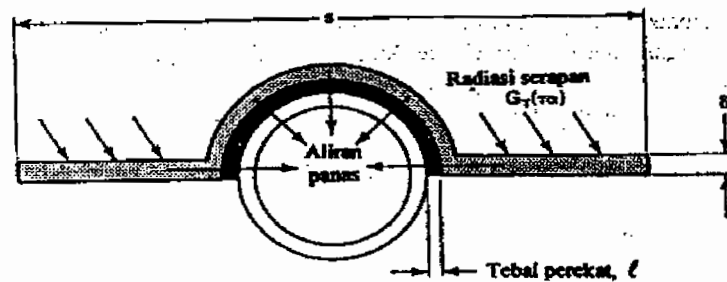
T_a = temperatur sekitar (°C)

h_i = koefisien konveksi alam

h_{ri} = koefisien konveksi

2.2.3. 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 masuk, yang relatif mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan operasinya.



Gambar 2.7. Aliran panas kedalam cairan.

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 54)

Persamaan faktor efisiensi adalah (W.Arismunandar:1995, 55) :

$$F' = \frac{1}{U_L} \left[\frac{1}{U_L \cdot \{(s-d) + F + d\}} + \frac{1}{\frac{k_p \cdot b}{l}} + \frac{1}{h \pi d_i} \right] \dots \dots \dots (2-18)$$

dengan :

b = panjang perekat (m)

l = tebal perekat (m)

h = koefisien konveksi fluida ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$)

k_p = konduktivitas termal perekat ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{K}$)

d_i = diameter dalam pipa (m)

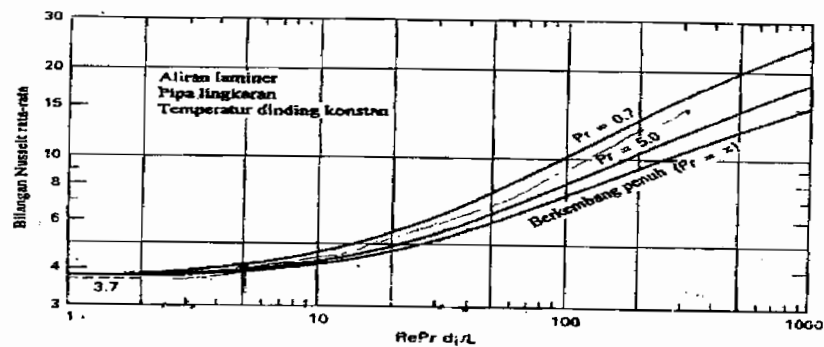
Nilai h didapat dari persamaan (W.Arismunandar:1995, 10) :

$$h = Nu \frac{k}{d_i} \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan :

Nu = bilangan Nusselt

k = konduktivitas termal fluida ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{K}$)



Gambar 2.8. Bilangan Nusselt rata-rata dalam pipa pendek.

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 9)

2.2.4. Faktor Pelepasan Panas (F_R)

Pelepasan panas sebuah kolektor surya lebih baik dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur masuk fluida T_i . Hal ini dapat dilakukan dengan memakai faktor pelepasan panas yang diberi lambang F_R .

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

$$U_L(T_i - T_a)$$

Dimana T_i selalu lebih kecil daripada temperatur pelat yang menjadi dasar bagi U_L . Karena itu, maka kerugian yang dihitung adalah terlalu rendah dan perolehan panas terlalu besar, kecuali jika dikoreksi. Faktor koreksi adalah faktor pelepasan panas F_R .

Faktor pelepasan panas dinyatakan dalam persamaan (W.Arismunandar:1995, 58):

$$\frac{F_R}{F'} = \frac{G.C_p}{U_L F'} \left[1 - \exp - \left(\frac{U_L.F'}{G.C_p} \right) \right] \dots\dots\dots (2-20)$$

dengan :

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

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

2.2.5. Efisiensi termal kolektor surya

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

$$F_R [G_T (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)] \dots\dots\dots (2-21)$$

Apabila keluaran ini dibagi dengan masukan, yaitu masukan radiasi pada kolektor, perbandingan yang dihasilkan adalah (W.Arismunandar:1995, 68) :

$$\eta = F_R (\tau\alpha) - F_R \cdot U_L \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right) \dots\dots\dots (2-22)$$

Dimana η didefinisikan sebagai efisiensi termal kolektor, dan F_R dan U_L biasanya hampir konstan dalam daerah operasi kolektor.

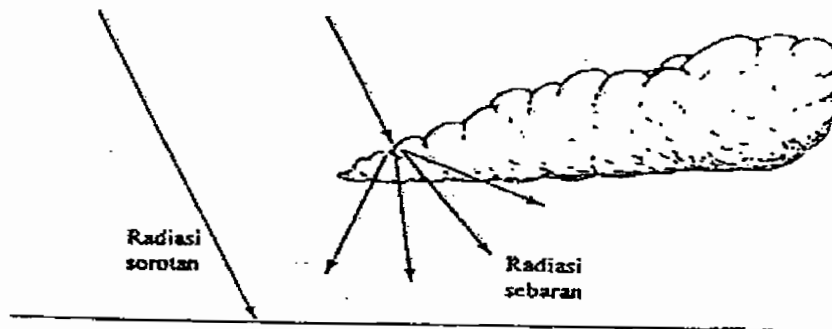
Persamaan ini disebut persamaan Hottel-Whillier-Bliss.

2.3. Radiasi surya

Penggunaan energi surya meliputi pengaturan kedudukan permukaan pengumpul (kolektor) pada berbagai sudut dengan bidang horizontal dan dalam bidang miring.

2.3.1. Pengukuran radiasi surya pada bidang horisontal

Radiasi surya yang tersedia diluar atmosfer bumi dengan konstanta surya sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi oleh ozon. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek, karbondioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang. Hal ini biasa disebut dengan radiasi sorotan. Sedangkan molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi disebut dengan radiasi sebaran.



Gambar 2.9. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran.

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 18)

Radiasi sorotan diperoleh dari selisih antara pengukuran radiasi total dan sebaran untuk suatu lokasi tertentu, sehingga diperoleh (W.Arismunandar:1995, 19) :

$$I = I_b + I_d \dots\dots\dots (2-23)$$

dengan:

I = radiasi total

I_b = radiasi sorotan

I_d = radiasi sebaran

2.3.2. Pengukuran radiasi surya pada bidang vertikal

2.3.2.1. Radiasi langsung atau sorotan

Intensitas radiasi langsung atau sorotan per jam pada sudut masuk normal adalah (W.Arismunandar:1995, 30) :

$$I_{bn} = \frac{I_b}{\cos\theta_z} \dots\dots\dots (2-24)$$

dengan :

I_b = radiasi sorotan pada suatu permukaan horizontal

θ_z = sudut zenit

Dengan demikian, untuk suatu permukaan yang dimiringkan dengan sudut β terhadap bidang horizontal adalah :

$$I_{bT} = I_{bn} \cos \theta_T$$

Dimana θ_T adalah sudut masuk, dan didefinisikan sebagai sudut antara arah sorotan pada sudut masuk normal dan arah komponen tegak lurus pada permukaan bidang miring.

Persamaan sudut masuk adalah (W.Arismunandar:1995, 32) :

$$\cos \theta_T = \sin \delta \sin (\varnothing - \beta) + \cos \delta \cos (\varnothing - \beta) \cos \omega \dots\dots (2-25)$$

Persamaan sudut deklinasi (W.Arismunandar:1995, 28) :

$$\delta = 23,45 \sin \left(360x \frac{284 + n}{365} \right) \dots\dots\dots (2-26)$$

Persamaan sudut zenith (W.Arismunandar:1995, 27) :

$$\cos \theta_z = (\sin \delta \cdot \sin \varnothing) + (\cos \delta \cdot \cos \varnothing \cdot \cos \omega) \dots\dots\dots (2-27)$$

dengan :

\varnothing = posisi garis lintang suatu daerah

n = hari dari tahun yang bersangkutan

ω = sudut jam

2.3.2.2. Radiasi Sebaran

Radiasi sebaran atau disebut radiasi langit adalah radiasi yang dipancarkan ke permukaan penerima oleh atmosfer, dan area itu berasal dari seluruh bagian hemisfer langit.

Radiasi sebaran pada permukaan miring dinyatakan dengan (W.Arismunandar:1995, 34) :

$$I_{dT} = I_d \left(\frac{1,0 + \cos \beta}{2} \right) \dots\dots\dots (2-28)$$

Distribusi isotropik dapat mengakibatkan kesalahan RMS sebesar kurang lebih 18% bagi besarnya radiasi total per jam, sehingga Hay mengusulkan suatu metode lain untuk menghitung komponen sebaran pada suatu permukaan miring, dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 34) :

$$I_{dT} = I_d \left\{ \left[\frac{I_b}{I_{sc} (\cos \theta_z)^2} \right] \cos \theta_T + \left(1,0 - \frac{I_b}{I_{sc} \cos \theta_z} \right) \left(\frac{1,0 + \cos \beta}{2} \right) \right\} \dots (2-29)$$

2.3.2.3. Radiasi Pantulan

Selain komponen radiasi langsung dan sebaran, permukaan penerima juga menerima radiasi yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan. Jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi (α) dari permukaan yang berdekatan itu dan kemiringan permukaan yang menerima.

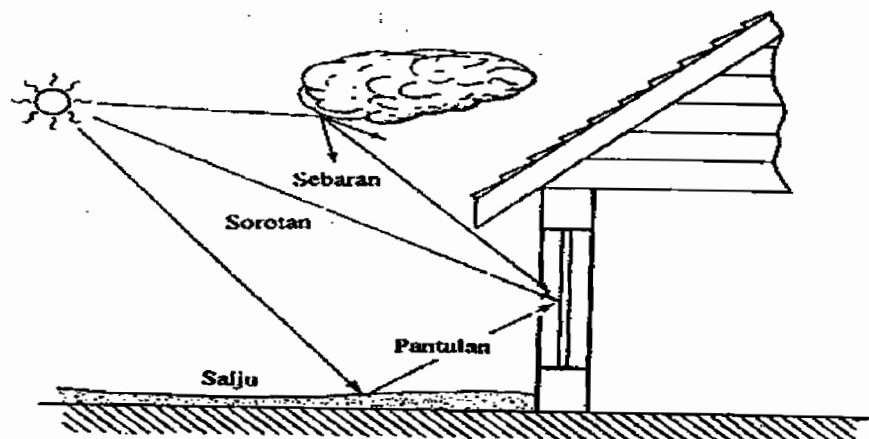
Reflektansi (α) dianggap 0,20 - 0,25 untuk permukaan tanpa salju dan 0,7 untuk lapisan salju yang baru turun.

Radiasi pantulan dinyatakan dengan persamaan (W.Arismunandar:1995, 37):

$$I_{rT} = \alpha (I_b + I_d) \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \dots\dots\dots (2-30)$$

Sehingga radiasi total pada bidang miring dapat dihitung dengan cara menjumlahkan ketiga radiasi tersebut diatas, yaitu (W.Arismunandar:1995, 30):

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{rT} \dots\dots\dots (2-31)$$



Gambar 2.10. Komponen radiasi pada permukaan miring
(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 35)

2.4. Persamaan Prestasi Termal

Laju penyimpanan panas dalam tangki, yang dianggap berada didalam ruangan adalah $m_s c_s (dT_s / d\theta)$, dan sama dengan panas yang diserap oleh kolektor-kolektor (Q_u) dikurangi kerugian panas dari tangki (Q_{env}), atau dengan mengabaikan kerugian-kerugian panas dari pipa-pipa penghubung (Q_L).

Prestasi termal dinyatakan dengan persamaan (W. Arismunandar:1995,117) :

$$m_s \cdot c_{ps} \cdot \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = A_c F' [(\tau \alpha) G_{T(maks)} \sin \omega \theta - U_L (T_s - T_a)] - U_s A_s (T_s - T_r) \dots \dots \dots (2-32)$$

dengan :

U_s = koefisien kerugian tangki penyimpanan ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A_s = luas permukaan tangki (m^2)

A_c = luas bidang kolektor (m^2)

T_r = temperatur lingkungan dalam ruangan ($^\circ C$)

F' = faktor efisiensi.

T_s = temperatur air dalam tangki (°C)

$$G_T = 3,76 \sin \frac{\pi\theta}{12} MJ / m^2$$

Dalam persamaan diatas digunakan faktor efisiensi (F') sebagai pengganti faktor pelepas panas (F_R). Oleh karena itu kita menggunakan temperatur air kolektor rata-rata (T₁ - T₀) / 2 sebagai pengganti temperatur masuk.

2.5. Evaluasi Prestasi dari Sistem Pemanas Surya Aktif

Parameter X dan Y

Parameter X dinyatakan dengan persamaan (W. Arismunandar:1995,150) :

$$X = A_c F_R U_L (100^\circ C - T_a) \frac{\Delta t}{L} \dots\dots\dots (2-33)$$

Parameter Y dinyatakan dengan persamaan (W. Arismunandar:1995,150) :

$$Y = A_c F_R (\tau\alpha)_n \frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} H_T \frac{N}{L} \dots\dots\dots (2-34)$$

dimana :

T_a = Temperatur lingkungan rata-rata tiap bulan

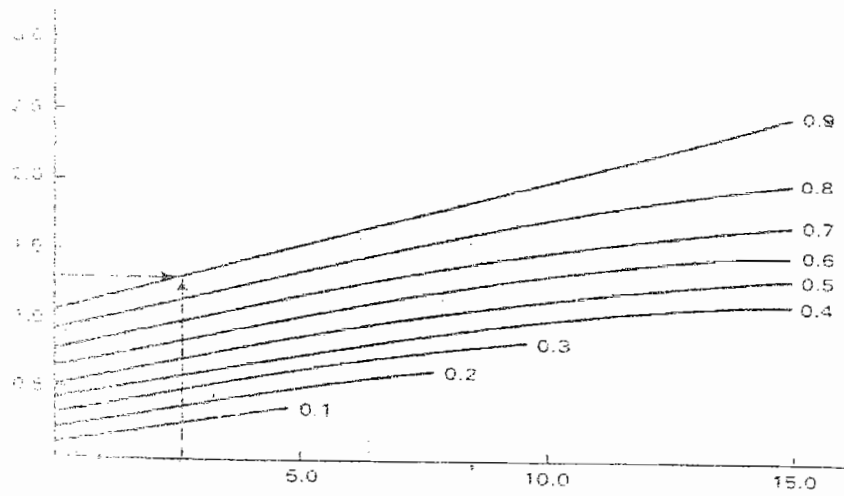
At = Jumlah detik dalam satu bulan

L = Beban pemanas total

H_T = Radiasi masuk harian rata-rata setiap bulan (J/m²)

N = Jumlah hari dalam satu bulan

$\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$ = Hasil perkalian transmitansi-absorptansi rata-rata bulanan



Gambar 2.11. Grafik f untuk sistem pemanas udara

(W. Arismunandar, Teknologi Rekayasa Surya, hal 149)

BAB III

PERANCANGAN

Asumsi :

Diketahui data-data sebagai berikut :

(Pelat kolektor dari aluminium dengan 10 buah pipa paralel)

Ukuran kolektor = 2000 x 1000 x 100 mm

Sudut kemiringan pelat kolektor = 50°

Diameter pipa dalam kolektor (D) = 12,5 mm

(di) = 10,21 mm

Bahan pipa dalam kolektor = tembaga

Diameter pipa masuk ke kolektor (D) = 25 mm

(di) = 21,69 mm

Bahan pipa masuk kolektor = tembaga

Kapasitas tangki = 100 liter

(asumsi : dalam rumah terdapat 5 orang. Tiap orang setiap harinya
memakai 20 liter air)

Ukuran tangki = 0,56 x 0,6 meter

(tangki berbentuk tabung)

Temperatur awal air = 27°C

Konduktivitas termal tembaga (k) = 385 W/mK

Konduktivitas termal isolasi papan kaca serat (k) = 0,043 W/mK

Konduktivitas termal perekat karet alam 70 durometer (k) = 0,17 W/mK

Laju aliran massa (m) = 3×10^{-3} kg/s

Tebal sirip (δ) = $5 \cdot 10^{-4}$ m

Sela antar pipa (s) = 0,07955 m

Sela antara pelat dengan penutup (z) = 0,025 m

Panjang perekat (b) = $18 \cdot 10^{-3}$ m

Tebal perekat (l) = $1 \cdot 10^{-4}$ m

Tebal isolasi (t) = 0,05 m

Emisivitas pelat aluminium (ϵ_p) = 0,09

Emisivitas kaca (ϵ_c) = 0,94

Data dihitung dari jam 06.00 – 18.00

Radiasi masuk (G_T) didapat dari persamaan :

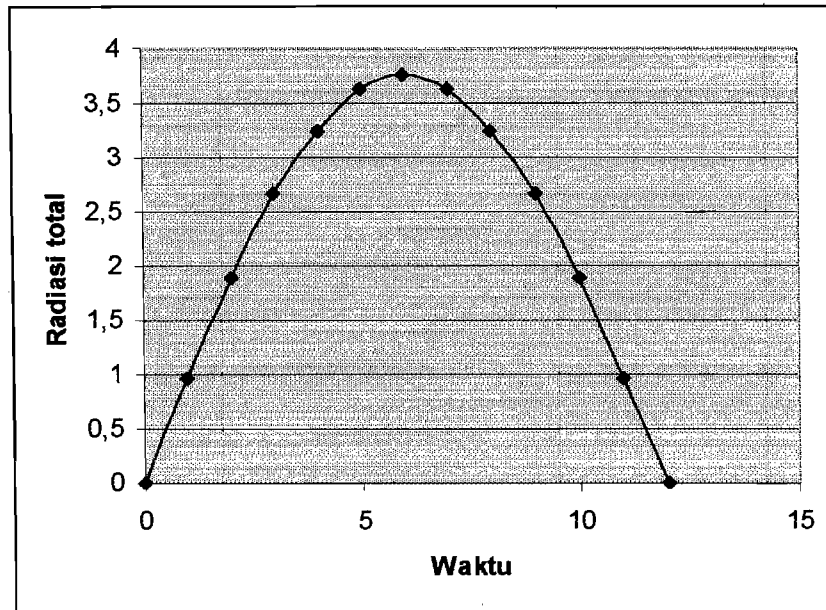
$$G_T = 3,76 \sin \frac{\pi\theta}{12} \text{ MJ / m}^2$$

dengan θ = jam setelah matahari terbit.

Sehingga didapat :

WAKTU	θ	G_T
06.00	0	0
07.00	1	0,97
08.00	2	1,88
09.00	3	2,66
10.00	4	3,25
11.00	5	3,63
12.00	6	3,76
13.00	7	3,63
14.00	8	3,25
15.00	9	2,66
16.00	10	1,88
17.00	11	0,97
18.00	12	0

Tabel 3.1. Radiasi total per jam



Gambar 3.1. Radiasi per jam rata-rata

Sehingga G_T rata-rata adalah :

$$= \frac{0 + 0,97 + 1,88 + 2,66 + 3,25 + 3,63 + 3,76 + 3,63 + 3,25 + 2,66 + 1,88 + 0,97 + 0}{12}$$

$$= 2,378 \text{ MJ} / \text{m}^2$$

Dengan :

$$\text{Luas netto kolektor (} A_c \text{)} = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Faktor efisiensi (} F' \text{)} = 0,95$$

$$\text{Pemancaran-penyerapan produk (} \tau \alpha \text{)} = 0,80$$

$$\text{Koefisien kerugian kolektor (} U_L \text{)} = 3,3 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

$$= 11,88 \text{ KJ} / \text{m}^2\text{K}$$

$$\text{Massa air dalam tangki (} m_s \text{)} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Panas jenis fluida (} C_s \text{)} = 4,175 \text{ KJ} / \text{kg}^\circ\text{K}$$

$$\text{Temperatur luar ruangan (} T_r \text{)} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur dalam ruangan (} T_a \text{)} = 27^\circ\text{C}$$

Koefisien kerugian tangki penyimpan (U_s) = 0,057 W / m²K

$$= 0,205 \text{ KJ/ m}^2\text{K}$$

Luas tangki penyimpan (A_s) = 1,05 m²

G_T rata-rata = 2,378 MJ / m²

$$= 2378 \text{ KJ / m}^2$$

3.1. Perhitungan dengan menggunakan fungsi sinus

Dengan memasukkan ke persamaan :

$$M_s c_s \cdot \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = A_c F' [(\tau \alpha) G_{T(\text{maks})} \sin \omega \theta - U_L (T_s - T_a)] - U_s A_s (T_s - T_r)$$

Diperoleh :

$$100 \cdot (4,175) \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 2 \cdot 0,95 [(0,8) \cdot 3760 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 11,88 (T_s - 27)] - 0,2025 \cdot 1,05 (T_s - 30)$$

$$417,5 \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 1,9 [3008 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 11,88 T_s + 320,76] - 0,2 T_s + 6,4$$

$$417,5 \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 5715,2 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 22,772 T_s + 615,84$$

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 13,69 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 0,06 T_s + 1,47$$

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) + 0,06 T_s = 13,69 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) + 1,47$$

dengan : $I = e^{0,06 \theta}$

didapat :

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) \cdot e^{0,06 \theta} + 0,06 T_s \cdot e^{0,06 \theta} = 13,69 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) + 1,47$$

$$T_s \cdot e^{0,06\theta} = 13,69 \int (e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)) d\theta + 1,47 \int (e^{0,06\theta}) d\theta + C$$

1. Untuk $\int (e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)) d\theta$

$$u = e^{0,06\theta} \qquad dv = \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)$$

$$du = 0,06 e^{0,06\theta} d\theta \qquad v = -\left(\frac{12}{\pi}\right) \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)$$

$$u \cdot v - \int v \cdot du = -\left(\frac{12}{\pi}\right) \cdot e^{0,06\theta} \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) + \left(\frac{12 \times 0,06}{\pi}\right) \int e^{0,06\theta} \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) d\theta$$

2. Untuk $\int e^{0,06\theta} \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) d\theta$

$$u = e^{0,06\theta} \qquad dv = \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)$$

$$du = 0,06 e^{0,06\theta} d\theta \qquad v = \left(\frac{12}{\pi}\right) \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)$$

$$u \cdot v - \int v \cdot du = \left(\frac{12}{\pi}\right) \cdot e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) - \left(\frac{12 \times 0,06}{\pi}\right) \int e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) d\theta$$

Dengan menggabungkan 1 dan 2 (substitusi) :

$$\int e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) d\theta = \left(\frac{12 \times 0,06}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{12}{\pi}\right) \times e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) - 0,06$$

$$\int \left(\frac{12}{\pi}\right) e^{0,06\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{12}\right) d\theta - \left(\frac{12}{\pi}\right) \cdot e^{0,06\theta} \cos\left(\frac{\pi\theta}{12}\right)$$

$$\int e^{0,06 \theta} \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) d\theta = e^{0,06 \theta} \left(\frac{0,06 \sin \frac{\pi \theta}{12} - \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi \theta}{12}}{0,06^2 + \left(\frac{\pi}{12} \right)^2} \right)$$

Sehingga :

$$T_s \cdot e^{0,06 \theta} = 13,69 \cdot e^{0,06 \theta} \left(\frac{0,06 \sin \frac{\pi \theta}{12} - \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi \theta}{12}}{0,06^2 + \left(\frac{\pi}{12} \right)^2} \right) + 24,5 \cdot e^{0,06 \theta} + C$$

Dibagi $e^{0,06 \theta}$

$$T_s = 11,41 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 49,75 \cos \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) + 24,5 + C \cdot e^{-0,06 \theta}$$

Untuk $T_s = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$ dan $\theta = 0$

$$27 = 0 - 49,75 + 24,5 + C$$

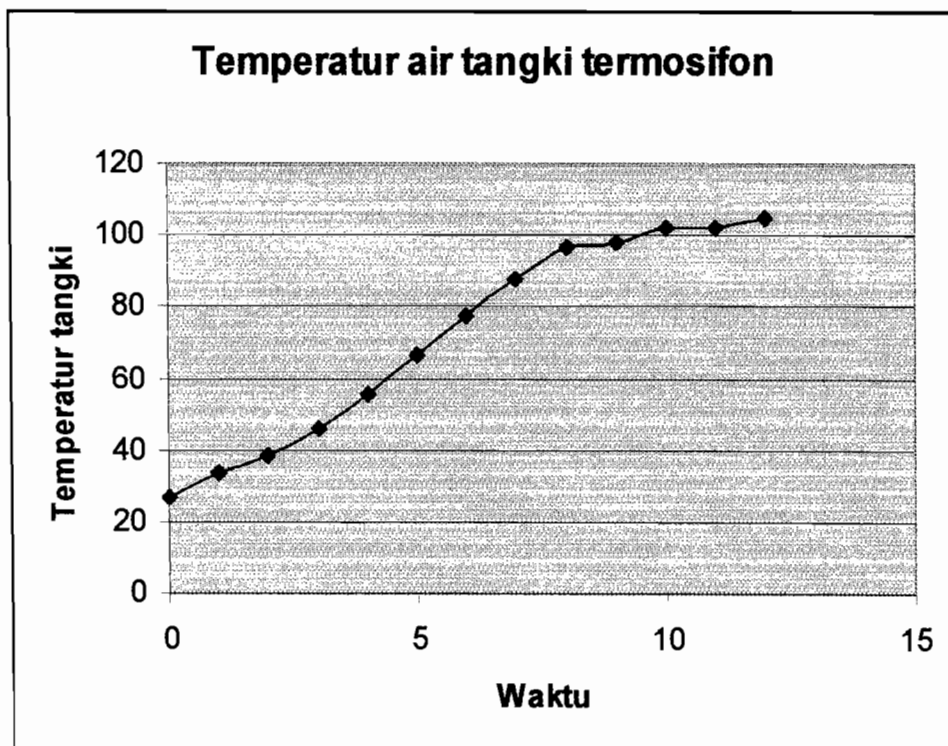
$$C = 52,25$$

$$T_s = 11,41 \sin \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) - 49,75 \cos \left(\frac{\pi \theta}{12} \right) + 24,5 + 52,25 \cdot e^{-0,06 \theta}$$

Sehingga didapat :

WAKTU	θ	T_s (°C)
06.00	0	27
07.00	1	33,78
08.00	2	38,64
09.00	3	46,20
10.00	4	55,80
11.00	5	66,53
12.00	6	77,53
13.00	7	87,90
14.00	8	96,46
15.00	9	98,18
16.00	10	101,90
17.00	11	102,40
18.00	12	104,85

Tabel 3.2. Temperatur air tangki per jam



Gambar 3.2. Temperatur air tangki termosifon per jam

Asumsi awal: $(U_L) = 4,0 \text{ W / m}^2\text{°K}$

1. Efisiensi sirip (F):

Dari persamaan (2-1) diperoleh :

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{U_L}{k\delta} \left(\frac{s-d}{2} \right)} \\
 &= \sqrt{\frac{4}{385 \times 5 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{0,07955 - 0,0125}{2} \right)} \\
 &= 0,15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\tanh 0,15}{0,15} \\
 &= 0,99
 \end{aligned}$$

2. Koefisien konveksi (h) :

Dari persamaan (2-19) diperoleh :

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$\begin{aligned}
 \text{vol} &= 0,03 \text{ liter / menit} \\
 &= 0,03 \text{ dm}^3 / \text{menit} \\
 &= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas pipa} &= \pi / 4 \cdot d^2 \\
 &= \pi / 4 \times (10,21 \cdot 10^{-3})^2 \\
 &= 8,1873 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\text{vol}}{A} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{8,1873 \cdot 10^{-5}} \\
 &= 6,11 \cdot 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$\text{Re} = \frac{6,11 \cdot 10^{-3} \times 10,21 \cdot 10^{-3} \times 994,95}{7,706 \times 10^{-4}}$$

$$= 80,54$$

$$\text{Re.Pr.} \frac{d_i}{L} = 80,54 \times 5,16 \times \frac{0,01021}{1,95}$$

$$= 2,175$$

$$\text{Nu} = 3,8$$

$$h = \frac{\text{Nu} \cdot k}{d_i}$$

$$= \frac{3,8 \cdot 0,614}{0,01021}$$

$$= 228,52 \text{ W/m}^2\text{C}$$

3. Faktor efisiensi (F') :

Dari persamaan (2-18) diperoleh :

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

$$F' = \frac{\frac{1}{4}}{0,07955 \left[\frac{1}{4[(0,07955 - 0,0125)0,99 + 0,0125]} + \frac{1}{0,17 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{228,52 \times 3,14 \times 0,01021} \right]}$$

$$= 0,83$$

4. Faktor pelepas panas (F_R):

Dari persamaan (2-20) diperoleh :

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

$$\frac{F_R}{0,83} = \frac{0,0015 \times 4174}{4 \times 0,83} \left[1 - \exp\left(-\frac{4 \times 0,83}{0,0015 \times 4174}\right) \right]$$

$$F_R = 0,77$$

5. Panas yang diserap kolektor (q_u) :

Dari persamaan (2-16) diperoleh :

$$Q = \frac{2,378 \cdot 10^6}{60 \times 60}$$

$$= 660 \text{ W/m}^2$$

$$q_u = F_R [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)]$$

$$= 0,77 [660 (0,8) - 4 (70 - 27)]$$

$$= 274,12 \text{ W}$$

6. Temperatur fluida ($T_{f,m}$) :

Dari persamaan (2-15) diperoleh :

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L F_R} \left[1 - \frac{F_R}{F'} \right]$$

$$T_{f,m} = 70 + \frac{274,12}{4 \times 0,77} \left[1 - \frac{0,77}{0,83} \right]$$

$$T_{f,m} = 73,12^\circ\text{C} = 346,12^\circ\text{K}$$

7. Temperatur pelat ($T_{p,m}$) :

Dari persamaan (2-13) diperoleh :

$$R_{p-f} = \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i \cdot n \cdot L}$$

$$R_{p-f} = \frac{1}{228,52 \times \pi \times 0,01021 \times 10 \times 1,95}$$

$$R_{p-f} = 0,0069$$

$$T_{p,m} - T_{f,m} = q_u \cdot R_{p-f}$$

$$T_{p,m} - 73,12 = 274,36 \cdot 0,0069$$

$$T_{p,m} = 75,01 \text{ } ^\circ\text{C} = 348,01 \text{ } ^\circ\text{K}$$

8. Kerugian panas total (U_L) :

Dari persamaan (2-12) diperoleh :

$$U_b = \frac{1}{R} = \frac{k}{t}$$

$$= \frac{0,043}{0,05}$$

$$= 0,86 \text{ W/m}^2$$

$$U_i = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^{0,03}} + \frac{1}{h_o} \right]^{-1} + \frac{\sigma (T_p + T_a) (T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\varepsilon_g} \right]^{-1} - N}$$

$$U_i = \left[\frac{1}{\frac{294}{34801} \left(\frac{34801 - 300}{1 + 0,34} \right)^{0,03}} + \frac{1}{24,7} \right]^{-1} + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (34801 + 300) (34801^2 + 300^2)}{[0,09 + 0,05(1 - 0,09)]^{-1} + \left[\frac{2 + 0,34 - 1}{0,94} \right]^{-1} - 1}$$

$$= 2,3 \text{ W / m}^2$$

$$\begin{aligned}
 U_L &= U_t + U_b \\
 &= 2,3 + 0,86 \\
 &= 3,3 \text{ W / m}^2
 \end{aligned}$$

U_L yang didapat jauh dari asumsi. Jadi kita harus menghitung ulang harga U_L .

Asumsi kedua $U_L = 3,3 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$

9. Efisiensi sirip (F):

Dari persamaan (2-1) diperoleh :

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{U_L}{k\delta} \left(\frac{s-d}{2} \right)} \\
 &= \sqrt{\frac{3,3}{385 \times 5 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{0,07955 - 0,0125}{2} \right)} \\
 &= 0,13 \\
 F &= \frac{\tanh 0,13}{0,13} \\
 &= 0,99
 \end{aligned}$$

10. Koefisien konveksi (h) :

Dari persamaan (2-19) diperoleh :

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$\text{vol} = 0,03 \text{ liter / menit}$$

$$= 0,03 \text{ dm}^3 / \text{menit}$$

$$= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$\text{Luas pipa} = \pi / 4 \cdot d^2$$

$$= \pi / 4 \times (10,21 \cdot 10^{-3})^2$$

$$= 8,1873 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{\text{vol}}{A} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{8,1873 \cdot 10^{-5}}$$

$$= 6,11 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Re} = \frac{6,11 \cdot 10^{-3} \times 10,21 \cdot 10^{-3} \times 994,95}{7,706 \times 10^{-4}}$$

$$= 80,54$$

$$\text{Re.Pr.} \frac{d_i}{L} = 80,54 \times 5,16 \times \frac{0,01021}{1,95}$$

$$= 2,175$$

$$\text{Nu} = 3,8$$

$$h = \frac{\text{Nu} \cdot k}{d_i}$$

$$= \frac{3,8 \cdot 0,614}{0,01021}$$

$$= 228,52 \text{ W/m}^2\text{C}$$

11. Faktor efisiensi (F') :

Dari persamaan (2-18) diperoleh :

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

$$F' = \frac{\frac{1}{3,3}}{0,07955 \left[\frac{1}{3,3[(0,07955 - 0,0125)0,99 + 0,0125]} \right] + \frac{1}{\frac{0,17.18.10^{-3}}{1.10^{-4}}} + \frac{1}{228,52 \times 3,14 \times 0,01021}}$$

$$= 0,88$$

12. Faktor pelepas panas (F_R):

Dari persamaan (2-20) diperoleh :

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

$$\frac{F_R}{0,88} = \frac{0,0015 \times 4174}{3,3 \times 0,88} \left[1 - \exp\left(-\frac{3,3 \times 0,88}{0,0015 \times 4174}\right) \right]$$

$$F_R = 0,80$$

13. Panas yang diserap kolektor (q_u) :

Dari persamaan (2-16) diperoleh :

$$Q = \frac{2,378.10^6}{60 \times 60} \frac{J}{m^2 dt}$$

$$= 660 \text{ W/m}^2$$

$$q_u = F_R [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)]$$

$$= 0,80 [660 (0,8) - 3,3 (70 - 27)]$$

$$= 308,88 \text{ W}$$

14. Temperatur fluida ($T_{f,m}$) :

Dari persamaan (2-15) diperoleh :

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L F_R} \left[1 - \frac{F_R}{F'} \right]$$

$$T_{f,m} = 70 + \frac{308,88}{3,3 \times 0,80} \left[1 - \frac{0,80}{0,88} \right]$$

$$T_{f,m} = 75,32 \text{ } ^\circ\text{C} = 348,32 \text{ } ^\circ\text{K}$$

15. Temperatur pelat ($T_{p,m}$) :

Dari persamaan (2-13) diperoleh :

$$R_{p-f} = \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i \cdot n \cdot L}$$

$$R_{p-f} = \frac{1}{228,52 \cdot (\pi) \cdot (0,01021) \cdot (10) \cdot (1,95)}$$

$$R_{p-f} = 0,00669$$

$$T_{p,m} - T_{f,m} = q_u \cdot R_{p-f}$$

$$T_{p,m} - 75,32 = 308,88 \cdot 0,00669$$

$$T_{p,m} = 77,38 \text{ } ^\circ\text{C} = 350,38 \text{ } ^\circ\text{K}$$

16. Kerugian panas total (U_L) :

Dari persamaan (2-12) diperoleh :

$$U_b = \frac{1}{R} = \frac{k}{t}$$

$$= \frac{0,043}{0,05}$$

$$= 0,86 \text{ W/m}^2$$

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^{0,03}} + \frac{1}{h_o} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\epsilon_p + 0,05N(1 - \epsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\epsilon_g} \right]^{-1} - N}$$

$$U_t = \left[\frac{1}{\frac{294}{350,38} \left(\frac{350,38 - 300}{1 + 0,34} \right)^{0,03}} + \frac{1}{24,7} \right]^{-1} + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (350,38 + 300)(350,38^2 + 300^2)}{[0,09 + 0,05(1 - 0,09)]^{-1} + \left[\frac{2 + 0,34 - 1}{0,94} \right]^{-1} - 1}$$

$$= 2,1 \text{ W / m}^2$$

$$U_L = U_t + U_b$$

$$= 2,1 + 0,86$$

$$= 3,0 \text{ W / m}^2$$

U_L yang didapat mendekati U_L asumsi. Jadi U_L yang dipilih $3,3 \text{ W / m}^2 \text{K}$

Mencari Temperatur Kaca

Asumsi awal $T_c = 313^\circ\text{K}$

$$T_c = T_p - \frac{U_t(T_p - T_a)}{h_i + h_r}$$

$$T_m = \frac{T_p + T_c}{2}$$

$$T_m = \frac{350,38 + 313}{2}$$

$$T_m = 331,69 \text{ }^\circ\text{K}$$

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

$$= \frac{137}{(331,69 + 200)^{1/3} \times 331,69^{1/2}}$$

$$= 0,92$$

$$\phi_2 = \frac{T_p - T_c}{50}$$

$$= \frac{350,38 - 313}{50}$$

$$= 0,74$$

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

$$= \frac{1428(331,69 + 200)^{2/3}}{331,69^2}$$

$$= 0,85$$

17. Koefisien konveksi dalam (h_i) : (untuk $\beta = 50^\circ$)

Dari persamaan (2-6) diperoleh :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \cdot \phi_2} = \text{hasil}(z \phi_2 \phi_3) \text{ lihat gambar 2.6}$$

$$z \phi_2 \phi_3 = 2,5 \times 0,74 \times 0,85$$

$$z \phi_2 \phi_3 = 1,57, \text{ dari gambar 2.6 didapat :}$$

$$h_i \phi_1 \phi_2 = 3,8$$

$$h_i = 3,8 \times 0,92 \times 0,74$$

$$h_i = 2,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

18. Koefisien radiasi dalam (h_{ri}) :

Dari persamaan (2-7) diperoleh :

$$h_{ri} = \frac{\sigma(T_p^4 - T_c^4)}{\left(\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1\right)(T_p - T_c)}$$

$$h_{ri} = \frac{5,67 \times 10^{-8} (350,38^4 - 313^4)}{\left(\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,94} - 1 \right) (350,38 - 313)}$$

$$h_{ri} = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

19. Temperatur kaca (T_C) :

Dari persamaan (2-17) diperoleh :

$$T_C = T_{p,m} - \frac{U_i (T_{p,m} - T_a)}{h_i + h_{ri}}$$

$$T_C = 350,38 - \frac{2,1(350,38 - 300)}{2,58 + 0,75}$$

$$T_C = 315 \text{ }^\circ\text{K}$$

T_c yang didapat mendekati T_C asumsi. Jadi T_C yang dipakai adalah 313 $^\circ\text{K}$.

20. Efisiensi termal kolektor (η) :

Dari persamaan (2-22) diperoleh :

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

$$F_R (\tau\alpha) = 0,80 \cdot (0,8) = 0,64$$

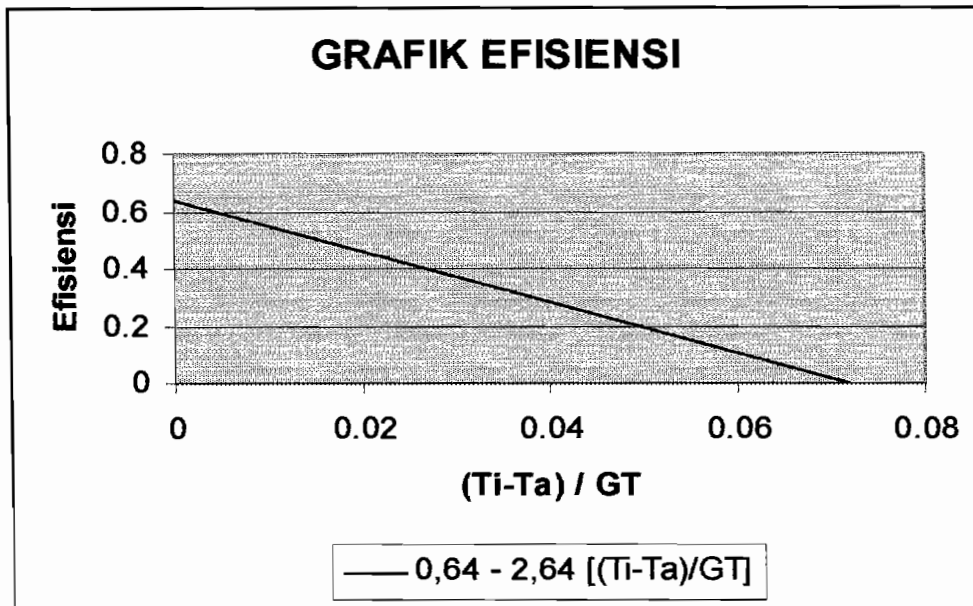
$$- F_R \cdot U_L = - 0,80 \cdot (3,3) = -2,64$$

Untuk temperatur air masuk (T_i) = 55,80 $^\circ\text{C}$

$$\left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right) = \left(\frac{55,80 - 27}{1044} \right) = 0,0247$$

$$\eta = 0,80 \cdot (0,8) - 0,80 \cdot (3,3) \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right)$$

$$\eta = 0,80 - 2,64 \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right)$$



Gambar 3.3. Grafik efisiensi dengan menggunakan fungsi sinus

3.2. Perhitungan dengan menggunakan G_T rata-rata

Dengan memasukkan ke persamaan :

$$M_s c_s \cdot \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = A_c F_p [(\tau \alpha) G_{T(\text{maks})} \sin \omega \theta - U_L (T_s - T_a)] - U_s A_s (T_s - T_r)$$

Diperoleh :

$$100 \cdot (4,175) \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 2 \cdot 0,95 [(0,8) \cdot 2378 - 11,88 (T_s - 27)] - 0,2025 \cdot 1,05 (T_s - 30)$$

$$417,5 \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = 1,9 [1902,4 - 11,88 T_s + 320,76] - 0,2 T_s + 6,4$$

$$417,5 \left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = - 22,77 T_s + 4230$$

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta} \right) = - 0,06 T_s + 10,13$$

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta}\right) + 0,06 T_s = 10,13$$

$$\left(\frac{dT_s}{d\theta}\right) \cdot e^{0,06\theta} + 0,06 T_s \cdot e^{0,06\theta} = 10,13$$

$$T_s \cdot e^{0,06\theta} = 10,13 \int e^{0,06\theta} d\theta + C$$

$$T_s \cdot e^{0,06\theta} = 168,8 \cdot e^{0,06\theta} + C$$

$$T_s = 168,8 + C \cdot e^{-0,06\theta}$$

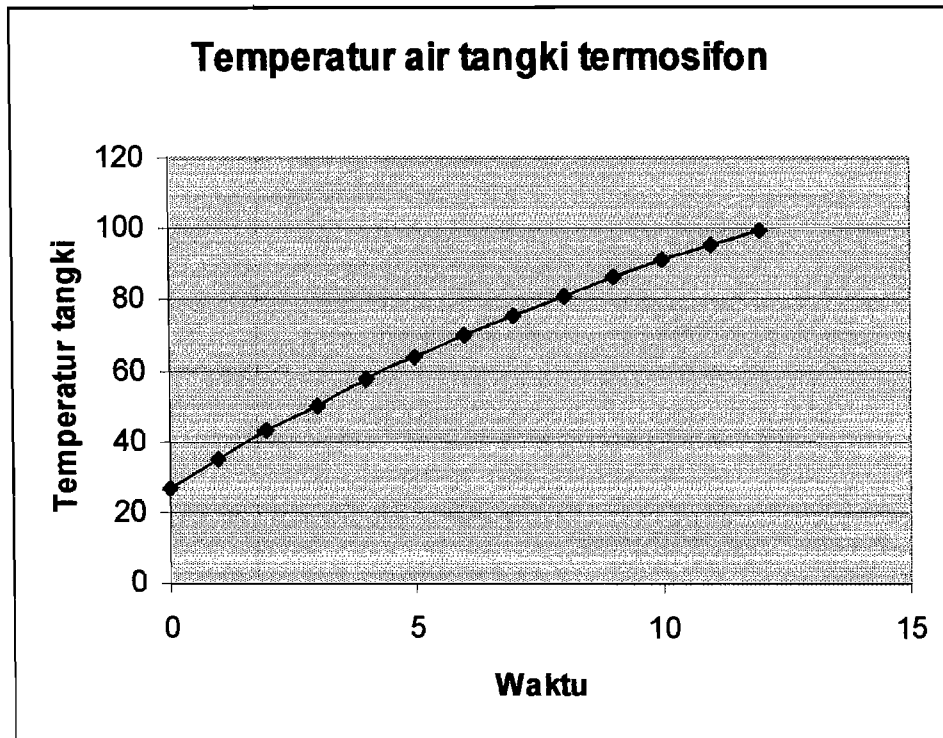
Misalkan temperatur awal air = 27 °C dan $\theta = 0$, didapat :

$$T_s = 168,8 - 141,8 \cdot e^{-0,06\theta}$$

Sehingga didapat :

WAKTU	θ	T_s (°C)
06.00	0	27
07.00	1	35,26
08.00	2	43,03
09.00	3	50,36
10.00	4	57,26
11.00	5	63,75
12.00	6	69,87
13.00	7	75,63
14.00	8	81,06
15.00	9	86,17
16.00	10	90,98
17.00	11	95,51
18.00	12	99,77

Tabel 3.3. Temperatur air tangki per jam



Gambar 3.4. Temperatur air tangki termosifon per jam

Asumsi awal: $(U_L) = 4,0 \text{ W / m}^2\text{°K}$

1. Efisiensi sirip (F):

Dari persamaan (2-1) diperoleh :

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{U_L}{k\delta} \left(\frac{s-d}{2} \right)} \\
 &= \sqrt{\frac{4}{385 \times 5 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{0,07955 - 0,0125}{2} \right)} \\
 &= 0,15 \\
 F &= \frac{\tanh 0,15}{0,15} \\
 &= 0,99
 \end{aligned}$$

2. Koefisien konveksi (h) :

Dari persamaan (2-19) diperoleh :

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$\text{vol} = 0,03 \text{ liter / menit}$$

$$= 0,03 \text{ dm}^3 / \text{menit}$$

$$= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$\text{Luas pipa} = \pi / 4 \cdot d^2$$

$$= \pi / 4 \times (10,21 \cdot 10^{-3})^2$$

$$= 8,1873 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{\text{vol}}{A} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{8,1873 \cdot 10^{-5}}$$

$$= 6,11 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Re} = \frac{6,11 \cdot 10^{-3} \times 10,21 \cdot 10^{-3} \times 994,95}{7,706 \times 10^{-4}}$$

$$= 80,54$$

$$\text{Re.Pr.} \frac{d_i}{L} = 80,54 \times 5,16 \times \frac{0,01021}{1,95}$$

$$= 2,175$$

$$\text{Nu} = 3,8$$

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$= \frac{3,8 \cdot 0,614}{0,01021}$$

$$= 228,52 \text{ W/m}^2\text{C}$$

3. Faktor efisiensi (F') :

Dari persamaan (2-18) diperoleh :

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

$$F' = \frac{\frac{1}{4}}{0,07955 \left[\frac{1}{4[(0,07955 - 0,0125)0,99 + 0,0125]} \right] + \frac{1}{0,17 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{228,52 \times 3,14 \times 0,01021}}}$$

$$= 0,83$$

4. Faktor pelepas panas (F_R):

Dari persamaan (2-20) diperoleh :

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

$$\frac{F_R}{0,83} = \frac{0,0015 \times 4174}{4 \times 0,83} \left[1 - \exp\left(-\frac{4 \times 0,83}{0,0015 \times 4174}\right) \right]$$

$$F_R = 0,77$$

5. Panas yang diserap kolektor (q_u):

Dari persamaan (2-16) diperoleh :

$$Q = \frac{2,378 \cdot 10^6}{60 \times 60}$$

$$= 660 \text{ W/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= F_R [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)] \\
 &= 0,77 [660 (0,8) - 4 (70-27)] \\
 &= 274,12 \text{ W}
 \end{aligned}$$

6. Temperatur fluida ($T_{f,m}$) :

Dari persamaan (2-15) diperoleh :

$$\begin{aligned}
 T_{f,m} &= T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L F_R} \left[1 - \frac{F_R}{F'} \right] \\
 T_{f,m} &= 68 + \frac{274,12}{4 \times 0,77} \left[1 - \frac{0,77}{0,83} \right] \\
 T_{f,m} &= 71,11^\circ\text{C} = 344,11^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

7. Temperatur pelat ($T_{p,m}$) :

Dari persamaan (2-13) diperoleh :

$$\begin{aligned}
 R_{p-f} &= \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i \cdot n \cdot L} \\
 R_{p-f} &= \frac{1}{228,52 \times \pi \times 0,01021 \times 10 \times 1,95} \\
 R_{p-f} &= 0,0069 \\
 T_{p,m} - T_{f,m} &= q_u \cdot R_{p-f} \\
 T_{p,m} - 71,11 &= 274,12 \cdot 0,0069 \\
 T_{p,m} &= 73^\circ\text{C} = 346^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

8. Kerugian panas total (U_L) :

Dari persamaan (2-12) diperoleh :

$$U_b = \frac{1}{R} = \frac{k}{t}$$

$$= \frac{0,043}{0,05}$$

$$= 0,86 \text{ W/m}^2$$

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^{0,03}} + \frac{1}{h_o} \right]^{-1} + \frac{\sigma (T_p + T_a) (T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\varepsilon_g} \right]^{-1} - N}$$

$$U_t = \left[\frac{1}{\frac{294}{346} \left(\frac{346 - 300}{1 + 0,34} \right)^{0,03}} + \frac{1}{24,7} \right]^{-1} + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (346 + 300) (346^2 + 300^2)}{[0,09 + 0,05(1 - 0,09)]^{-1} + \left[\frac{2 + 0,34 - 1}{0,94} \right]^{-1} - 1}$$

$$= 2,2 \text{ W / m}^2$$

$$U_L = U_t + U_b$$

$$= 2,2 + 0,86$$

$$= 3,3 \text{ W / m}^2$$

U_L yang didapat jauh dari asumsi awal. Jadi kita harus menghitung ulang

harga U_L

Asumsi kedua: $(U_L) = 3,3 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$

9. Efisiensi sirip (F):

Dari persamaan (2-1) diperoleh :

$$= \sqrt{\frac{U_L}{k\delta} \left(\frac{s-d}{2} \right)}$$

$$= \sqrt{\frac{3,3}{385 \times 5 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{0,07955 - 0,0125}{2} \right)}$$

$$= 0,13$$

$$F = \frac{\tanh 0,13}{0,13}$$

$$= 0,99$$

10. Koefisien konveksi (h) :

Dari persamaan (2-19) diperoleh :

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$vol = 0,03 \text{ liter / menit}$$

$$= 0,03 \text{ dm}^3 / \text{menit}$$

$$= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$\text{Luas pipa} = \pi / 4 \cdot d^2$$

$$= \pi / 4 \times (10,21 \cdot 10^{-3})^2$$

$$= 8,1873 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{vol}{A} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{8,1873 \cdot 10^{-5}}$$

$$= 6,11 \cdot 10^{-3}$$

$$Re = \frac{6,11 \cdot 10^{-3} \times 10,21 \cdot 10^{-3} \times 994,95}{7,706 \times 10^{-4}}$$

$$= 80,54$$

$$Re.Pr. \frac{d_i}{L} = 80,54 \times 5,16 \times \frac{0,01021}{1,95}$$

$$= 2,175$$

$$Nu = 3,8$$

$$h = \frac{Nu.k}{d_i}$$

$$= \frac{3,8.0,614}{0,01021}$$

$$= 228,52 \text{ W/m}^2\text{C}$$

11. Faktor efisiensi (F') :

Dari persamaan (2-18) diperoleh :

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

$$F' = \frac{\frac{1}{3,3}}{0,07955 \left[\frac{1}{3,3[(0,07955 - 0,0125)0,99 + 0,0125]} + \frac{1}{0,17.18.10^{-3}} + \frac{1}{228,52 \times 3,14 \times 0,01021} \right]}$$

$$= 0,88$$

12. Faktor pelepas panas (F_R):

Dari persamaan (2-20) diperoleh :

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

$$\frac{F_R}{0,88} = \frac{0,0015 \times 4174}{3,3 \times 0,88} \left[1 - \exp\left(-\frac{3,3 \times 0,88}{0,0015 \times 4174}\right) \right]$$

$$F_R = 0,80$$

13. Panas yang diserap kolektor (q_u) :

Dari persamaan (2-16) diperoleh :

$$Q = \frac{2,378 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2}{60 \times 60 \text{ dt}}$$

$$= 660 \text{ W/m}^2$$

$$q_u = F_R [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)]$$

$$= 0,80 [660 (0,8) - 3,3 (70-27)]$$

$$= 308,88 \text{ W}$$

14. Temperatur fluida ($T_{f,m}$) :

Dari persamaan (2-15) diperoleh :

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L F_R} \left[1 - \frac{F_R}{F'} \right]$$

$$T_{f,m} = 68 + \frac{308,88}{3,3 \times 0,80} \left[1 - \frac{0,80}{0,88} \right]$$

$$T_{f,m} = 73,26^\circ\text{C} = 346,26^\circ\text{K}$$

15. Temperatur pelat ($T_{p,m}$) :

Dari persamaan (2-13) diperoleh :

$$R_{p-f} = \frac{1}{h \cdot \pi \cdot d_i \cdot n \cdot L}$$

$$R_{p-f} = \frac{1}{228,52 \cdot (\pi) \cdot (0,01021) \cdot (10) \cdot (1,95)}$$

$$R_{p-f} = 0,0069$$

$$T_{p,m} - T_{f,m} = q_u \cdot R_{p-f}$$

$$T_{p,m} - 73,26 = 308,88 \cdot 0,0069$$

$$T_{p,m} = 75,39^\circ\text{C} = 348,39^\circ\text{K}$$

16. Kerugian panas total (U_L):

Dari persamaan (2-12) diperoleh :

$$\begin{aligned} U_b &= \frac{1}{R} = \frac{k}{t} \\ &= \frac{0,043}{0,05} \\ &= 0,86 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^{0,03}} + \frac{1}{h_o} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\epsilon_p + 0,05N(1 - \epsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\epsilon_g} \right]^{-1} - N}$$

$$U_t = \left[\frac{1}{\frac{294}{34839} \left(\frac{34839 - 303}{1 + 0,34} \right)^{0,03}} + \frac{1}{24,7} \right]^{-1} + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (34839 + 303)(34839^2 + 303^2)}{[0,09 + 0,05(1 - 0,09)]^{-1} + \left[\frac{2 + 0,34 - 1}{0,94} \right]^{-1} - 1}$$

$$= 2,1 \text{ W / m}^2$$

$$U_L = U_t + U_b$$

$$= 2,1 + 0,86$$

$$= 3 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

U_L yang didapat mendekati U_L asumsi. Jadi U_L yang dipilih $3,3 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$

Mencari Temperatur Kaca

Asumsi awal $T_c = 313^\circ\text{K}$

$$T_c = T_p - \frac{U_t(T_p - T_a)}{h_i + h_r}$$

$$T_m = \frac{T_p + T_c}{2}$$

$$T_m = \frac{348,39 + 313}{2}$$

$$T_m = 330,69 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \frac{137}{(T_m + 200)^{1/3} \times T_m^{1/2}} \\ &= \frac{137}{(330,69 + 200)^{1/3} \times 330,69^{1/2}} \\ &= 0,93\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_2 &= \frac{T_p - T_c}{50} \\ &= \frac{348,39 - 313}{50} \\ &= 0,70\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_3 &= \frac{1428(T_m + 200)^{2/3}}{T_m^2} \\ &= \frac{1428(330,69 + 200)^{2/3}}{330,69^2} \\ &= 0,85\end{aligned}$$

17. Koefisien konveksi dalam (h_i) : (untuk $\beta = 50^\circ$)

Dari persamaan (2-6) diperoleh :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \cdot \phi_2} = \text{hasil}(z \phi_2 \phi_3) \text{ lihat gambar 2.6}$$

$z \phi_2 \phi_3 = 1,49$, dari gambar 2.6 didapat :

$$h_i \phi_1 \phi_2 = 3,7$$

$$h_i = 3,7 \times 0,93 \times 0,70 = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

18. Koefisien radiasi dalam (h_{ri}) :

Dari persamaan (2-7) diperoleh :

$$h_{ri} = \frac{\sigma(T_p^4 - T_c^4)}{\left(\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1\right)(T_p - T_c)}$$

$$h_{ri} = \frac{5,67 \times 10^{-8}(348,39^4 - 313^4)}{\left(\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,94} - 1\right)(348,39 - 313)}$$

$$h_{ri} = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

19. Temperatur kaca (T_C) :

Dari persamaan (2-17) diperoleh :

$$T_C = T_{p,m} - \frac{U_i(T_{p,m} - T_a)}{h_i + h_{ri}}$$

$$T_C = 348,39 - \frac{2,1(348,39 - 300)}{2,40 + 0,74}$$

$$T_C = 324,90 \text{ }^\circ\text{K}$$

T_c yang didapat jauh dari T_C asumsi. Jadi kita harus menghitung ulang harga

T_C .

Asumsi kedua $T_C = 324,90^\circ\text{K}$

$$T_C = T_p - \frac{U_i(T_p - T_a)}{h_i + h_{ri}}$$

$$T_m = \frac{T_p + T_C}{2}$$

$$T_m = \frac{348,39 + 324,90}{2}$$

$$T_m = 336,6 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \frac{137}{(T_m + 200)^{1/3} \times T_m^{1/2}} \\ &= \frac{137}{(336,6 + 200)^{1/3} \times 336,6^{1/2}} \\ &= 0,90\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_2 &= \frac{T_p - T_c}{50} \\ &= \frac{348,39 - 324,90}{50} \\ &= 0,47\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_3 &= \frac{1428(T_m + 200)^{2/3}}{T_m^2} \\ &= \frac{1428(336,6 + 200)^{2/3}}{336,6^2} \\ &= 0,83\end{aligned}$$

20. Koefisien konveksi dalam (h_i) : (untuk $\beta = 50^\circ$)

Dari persamaan (2-6) diperoleh :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \cdot \phi_2} = \text{hasil}(z\phi_2\phi_3) \text{ lihat gambar 2.6}$$

$$z\phi_2\phi_3 = 0,97, \text{ dari gambar 2.6 didapat :}$$

$$h_i \phi_1 \phi_2 = 3,1$$

$$h_i = 3,1 \times 0,90 \times 0,47$$

$$h_i = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

21. Koefisien radiasi dalam (h_{ri}) :

Dari persamaan (2-7) diperoleh :

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

$$h_{ri} = \frac{5,67 \times 10^{-8} (348,39^4 - 324,90^4)}{\left(\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,94} - 1 \right) (348,39 - 324,90)}$$

$$h_{ri} = 0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$$

22. Temperatur kaca (T_C) :

Dari persamaan (2-17) diperoleh :

$$T_C = T_{p,m} - \frac{U_t (T_{p,m} - T_a)}{h_i + h_{ri}}$$

$$T_C = 348,39 - \frac{2,1(348,39 - 300)}{1,3 + 0,79}$$

$$T_C = 315 \text{ }^\circ\text{K}$$

Asumsi ketiga $T_C = 315^\circ\text{K}$

$$T_C = T_p - \frac{U_t (T_p - T_a)}{h_i + h_{ri}}$$

$$T_m = \frac{T_p + T_C}{2}$$

$$T_m = \frac{348,39 + 315}{2}$$

$$T_m = 331,69 \text{ }^\circ\text{K}$$

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

$$= \frac{137}{(331,69 + 200)^{1/3} \times 331,69^{1/2}}$$

$$= 0,93$$

$$\phi_2 = \frac{T_p - T_c}{50}$$

$$= \frac{348,39 - 315}{50}$$

$$= 0,70$$

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

$$= \frac{1428(331,69 + 200)^{2/3}}{331,69^2}$$

$$= 0,85$$

23. Koefisien konveksi dalam (h_i) : (untuk $\beta = 50^\circ$)

Dari persamaan (2-6) diperoleh :

$$\frac{h_i}{\phi_1 \cdot \phi_2} = \text{hasil}(z\phi_2\phi_3) \text{ lihat gambar 2.6}$$

$$z\phi_2\phi_3 = 1,49, \quad h_i\phi_1\phi_2 = 3,7, \quad \text{didapat dari gambar 2.6}$$

$$h_i = 3,7 \times 0,93 \times 0,70 = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

24. Koefisien radiasi dalam (h_{ri}) :

Dari persamaan (2-7) diperoleh :

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

$$h_{ri} = \frac{5,67 \times 10^{-8}(348,39^4 - 315^4)}{\left(\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,94} - 1\right)(348,39 - 315)}$$

$$h_{i1} = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

25. Temperatur kaca (T_C) :

Dari persamaan (2-17) diperoleh :

$$T_C = T_{p,m} - \frac{U_i(T_{p,m} - T_a)}{h_i + h_{i1}}$$

$$T_C = 348,39 - \frac{2,1(348,39 - 300)}{2,4 + 0,75}$$

$$T_C = 318 \text{ }^\circ\text{K}$$

T_c yang didapat mendekati T_c asumsi. Jadi T_c yang dipilih adalah : 318°K

23. Efisiensi termal kolektor (η) :

Dari persamaan (2-22) diperoleh :

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

$$F_R (\tau\alpha) = 0,80 \cdot (0,8) = 0,64$$

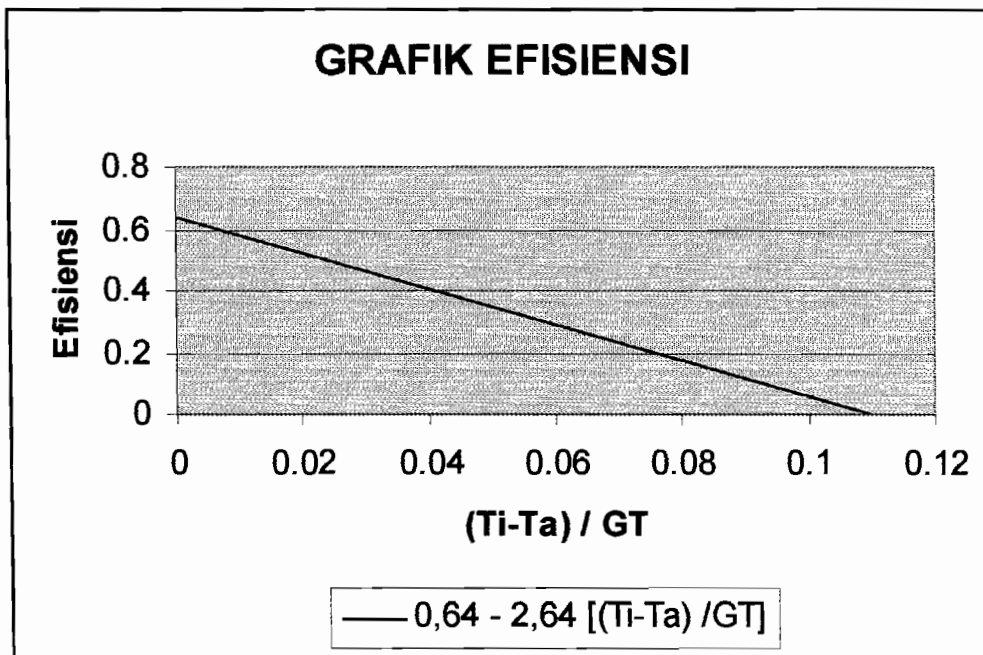
$$- F_R \cdot U_L = - 0,80 \cdot (3,3) = - 2,64$$

Untuk temperatur air masuk (T_i) rata-rata = 70 °C

$$\left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right) = \left(\frac{70 - 27}{660,5} \right) = 0,06$$

$$\eta = 0,80 \cdot (0,8) - 0,80 \cdot (3,3) \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right)$$

$$\eta = 0,64 - 2,64 \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right)$$



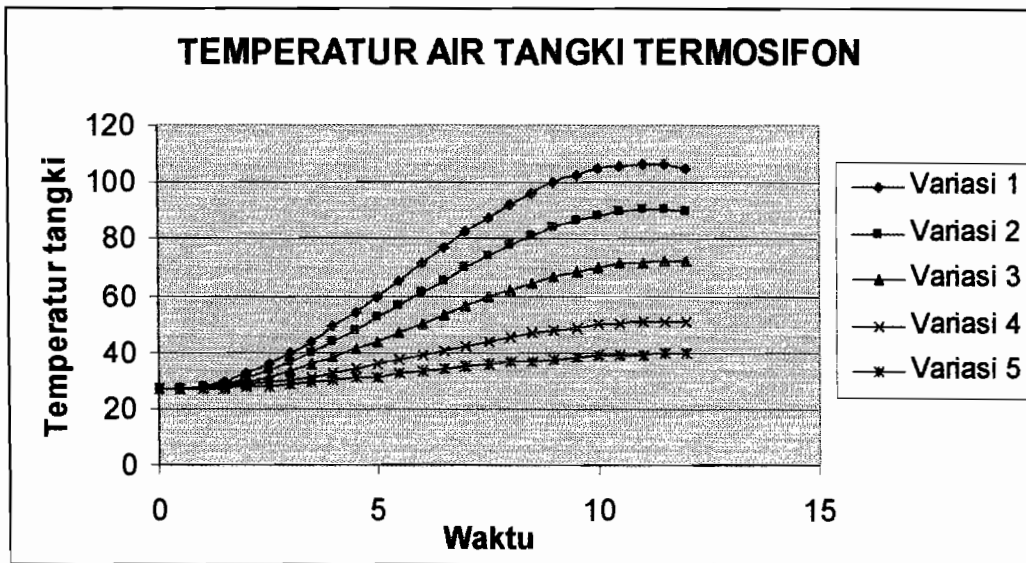
Gambar 3.5. Grafik efisiensi dengan menggunakan G_T rata-rata

3.3. Perhitungan dengan perbedaan harga luas kolektor (A_c) :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	100	100	100	100
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	1,5	1	0,5	0,25
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3760	3760	3760	3760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	27	27	27	27	27
T_r [°C]	30	30	30	30	30
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [°C]	27	27	27	27	27
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
0.5	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
1.0	27.89	27.67	27.45	27.22	27.11
1.5	29.64	28.99	28.33	27.67	27.34
2.0	32.19	30.91	29.62	28.32	27.66
2.5	35.47	33.40	31.30	29.16	28.09
3.0	39.41	36.39	33.32	30.19	28.61
3.5	43.91	39.83	35.66	31.38	29.21
4.0	48.88	43.64	38.25	32.71	29.88
4.5	54.21	47.75	41.06	34.15	30.61
5.0	59.79	52.06	44.03	35.68	31.39
5.5	65.51	56.51	47.10	37.27	32.20
6.0	71.25	60.99	50.22	38.90	33.03
6.5	76.88	65.43	53.32	40.53	33.86
7.0	82.31	69.73	56.35	42.13	34.69
7.5	87.41	73.81	59.26	43.68	35.49
8.0	92.09	77.59	61.97	45.14	36.25
8.5	96.24	81.00	64.46	46.50	36.95
9.0	99.78	83.97	66.66	47.72	37.60
9.5	102.64	86.43	68.53	48.79	38.16
10.0	104.74	88.33	70.04	49.67	38.65
10.5	106.04	89.64	71.16	50.37	39.03
11.0	106.50	90.32	71.86	50.86	39.32
11.5	106.11	90.35	72.13	51.14	39.49
12.0	104.84	89.72	71.96	51.19	39.56



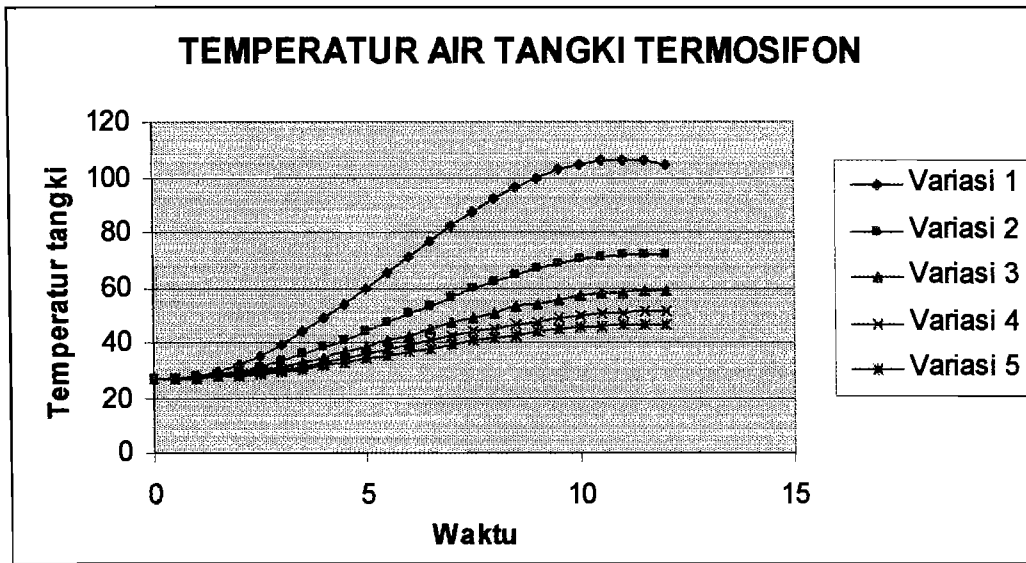
Gambar 3.6. Temperatur air tangki dengan perbedaan luasan kolektor

3.4. Perhitungan dengan perbedaan harga kapasitas tangki (m_s) :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	200	300	400	500
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	2	2	2	2
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3760	3760	3760	3760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	27	27	27	27	27
T_r [°C]	30	30	30	30	30
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [° C]	27	27	27	27	27
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
0.5	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
1.0	27.89	27.45	27.30	27.22	27.18
1.5	29.64	28.33	27.89	27.67	27.53
2.0	32.19	29.62	28.75	28.32	28.05
2.5	35.47	31.30	29.88	29.16	28.73
3.0	39.41	33.32	31.24	30.19	29.56
3.5	43.91	35.65	32.81	31.38	30.51
4.0	48.88	38.25	34.57	32.71	31.58
4.5	54.21	41.06	36.48	34.15	32.74
5.0	59.79	44.03	38.50	35.68	33.97
5.5	65.51	47.11	40.60	37.28	35.26
6.0	71.25	50.23	42.74	38.90	36.57
6.5	76.88	53.33	44.88	40.53	37.89
7.0	82.31	56.37	46.98	42.14	39.18
7.5	87.41	59.27	49.00	43.69	40.44
8.0	92.09	61.99	50.91	45.15	41.63
8.5	96.24	64.48	52.67	46.51	42.74
9.0	99.78	66.68	54.24	47.74	43.74
9.5	102.64	68.56	55.61	48.80	44.61
10.0	104.74	70.08	56.74	49.70	45.35
10.5	106.04	71.20	57.61	50.40	45.94
11.0	106.50	71.91	58.20	50.89	46.36
11.5	106.11	72.18	58.51	51.17	46.60
12.0	104.84	72.01	58.52	51.23	46.68



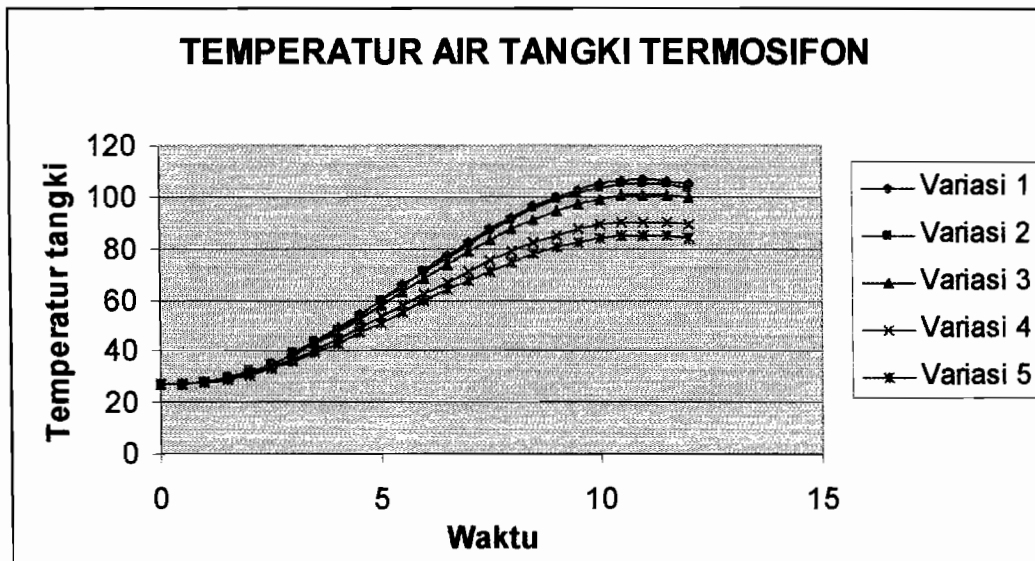
Gambar 3.7. Temperatur air tangki dengan perbedaan kapasitas tangki

3.5. Perhitungan dengan perbedaan harga radiasi masuk (G_T) :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	100	100	100	100
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	2	2	2	2
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3700	3500	3000	2760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	27	27	27	27	27
T_r [°C]	30	30	30	30	30
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [°C]	27	27	27	27	27
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
0.5	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
1.0	27.89	27.88	27.83	27.71	27.66
1.5	29.64	29.60	29.46	29.11	28.94
2.0	32.19	32.11	31.83	31.14	30.81
2.5	35.47	35.34	34.89	33.76	33.22
3.0	39.41	39.21	38.55	36.90	36.11
3.5	43.91	43.64	42.74	40.49	39.41
4.0	48.88	48.53	47.37	44.46	43.06
4.5	54.21	53.78	52.33	48.71	46.98
5.0	59.79	59.27	57.53	53.17	51.07
5.5	65.51	64.90	62.85	57.73	55.27
6.0	71.25	70.54	68.19	62.30	59.48
6.5	76.88	76.09	73.43	66.80	63.62
7.0	82.31	81.43	78.49	71.13	67.60
7.5	87.41	86.45	83.23	75.20	71.35
8.0	92.09	91.05	87.59	78.93	74.78
8.5	96.24	95.13	91.45	82.25	77.83
9.0	99.78	98.62	94.75	85.07	80.43
9.5	102.64	101.43	97.41	87.35	82.52
10.0	104.74	103.50	99.36	89.03	84.07
10.5	106.04	104.78	100.58	90.07	85.02
11.0	106.50	105.23	101.01	90.44	85.36
11.5	106.11	104.84	100.64	90.12	85.07
12.0	104.84	103.60	99.46	89.11	84.14



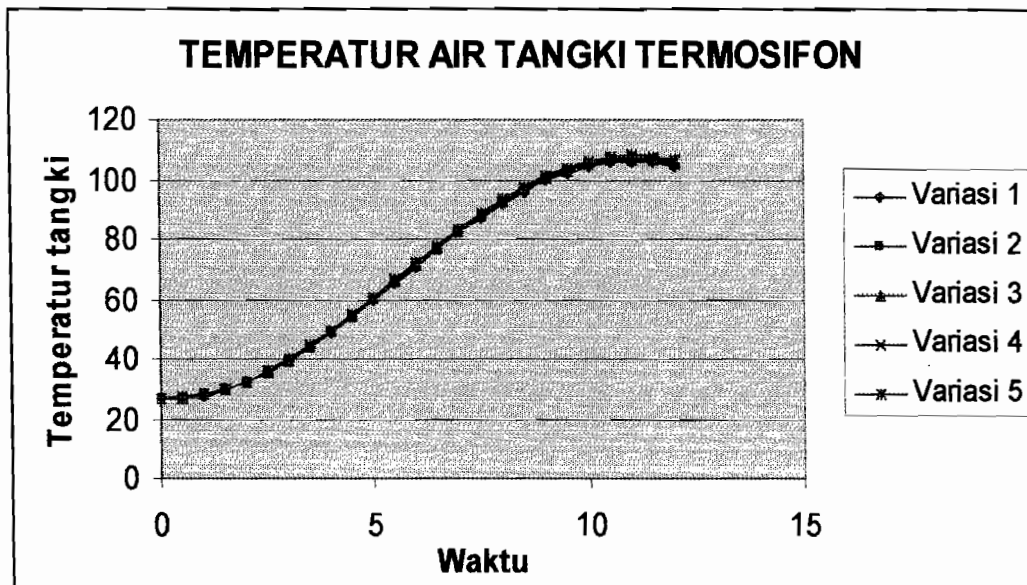
Gambar 3.8. Temperatur air tangki dengan perbedaan harga radiasi masuk

3.6. Perhitungan dengan perbedaan harga T_a :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	100	100	100	100
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	2	2	2	2
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3760	3760	3760	3760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	26	27	28	29	30
T_r [°C]	30	30	30	30	30
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [° C]	27	27	27	27	27
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
0.5	26.97	27.00	27.03	27.05	27.08
1.0	27.84	27.89	27.95	28.00	28.05
1.5	29.56	29.64	29.72	29.80	29.88
2.0	32.09	32.19	32.29	32.40	32.50
2.5	35.34	35.47	35.60	35.73	35.86
3.0	39.26	39.41	39.56	39.71	39.86
3.5	43.74	43.91	44.08	44.26	44.43
4.0	48.68	48.88	49.08	49.27	49.47
4.5	53.99	54.21	54.43	54.65	54.87
5.0	59.55	59.79	60.03	60.27	60.51
5.5	65.25	65.51	65.77	66.03	66.29
6.0	70.97	71.25	71.53	71.81	72.09
6.5	76.58	76.88	77.18	77.48	77.78
7.0	81.99	82.31	82.63	82.95	83.26
7.5	87.08	87.41	87.75	88.08	88.42
8.0	91.73	92.09	92.44	92.80	93.15
8.5	95.87	96.24	96.61	96.98	97.35
9.0	99.39	99.78	100.17	100.56	100.95
9.5	102.23	102.64	103.04	103.45	103.85
10.0	104.32	104.74	105.16	105.58	106.00
10.5	105.60	106.04	106.48	106.91	107.35
11.0	106.05	106.50	106.95	107.41	107.86
11.5	105.64	106.11	106.57	107.04	107.50
12.0	104.36	104.84	105.32	105.80	106.28



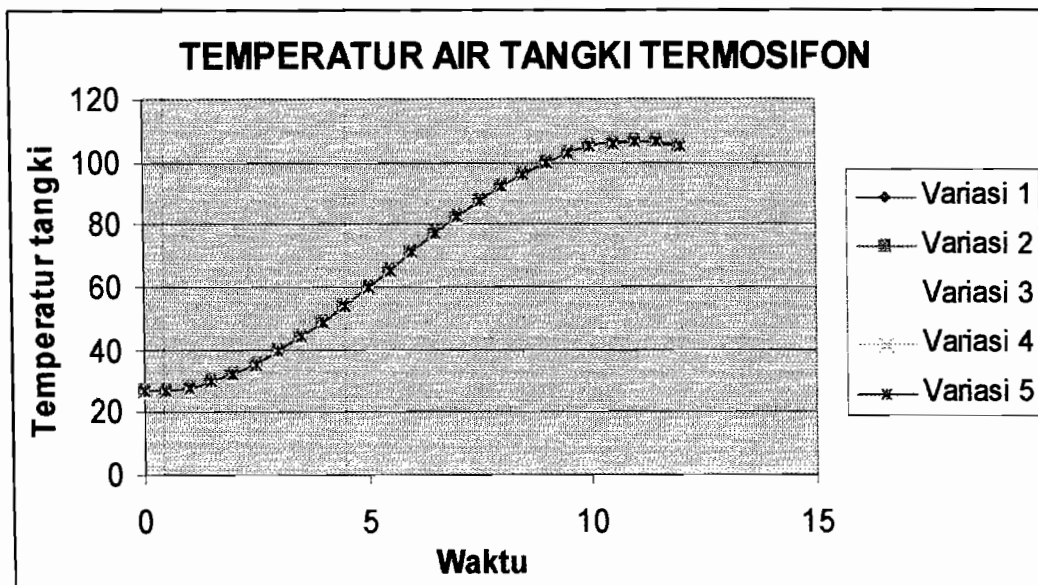
Gambar 3.9. Temperatur air tangki dengan perbedaan temperatur luar ruangan

3.7. Perhitungan dengan perbedaan harga T_r :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	100	100	100	100
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	2	2	2	2
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3760	3760	3760	3760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	27	27	27	27	27
T_r [°C]	30	35	37	40	45
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [°C]	27	27	27	27	27
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
0.5	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
1.0	27.89	27.90	27.90	27.90	27.90
1.5	29.64	29.65	29.65	29.65	29.65
2.0	32.19	32.20	32.20	32.20	32.21
2.5	35.47	35.48	35.48	35.48	35.49
3.0	39.41	39.42	39.42	39.42	39.43
3.5	43.91	43.92	43.92	43.93	43.94
4.0	48.88	48.89	48.89	48.90	48.91
4.5	54.21	54.22	54.23	54.23	54.24
5.0	59.79	59.80	59.81	59.82	59.83
5.5	65.51	65.52	65.53	65.53	65.55
6.0	71.25	71.26	71.26	71.27	71.29
6.5	76.88	76.90	76.90	76.91	76.93
7.0	82.31	82.32	82.33	82.34	82.35
7.5	87.41	87.43	87.43	87.44	87.46
8.0	92.09	92.10	92.11	92.12	92.14
8.5	96.24	96.26	96.26	96.27	96.29
9.0	99.78	99.80	99.81	99.82	99.84
9.5	102.64	102.65	102.66	102.67	102.69
10.0	104.74	104.76	104.77	104.78	104.80
10.5	106.04	106.06	106.07	106.08	106.10
11.0	106.50	106.52	106.53	106.55	106.57
11.5	106.11	106.13	106.14	106.15	106.17
12.0	104.84	104.86	104.87	104.89	104.91



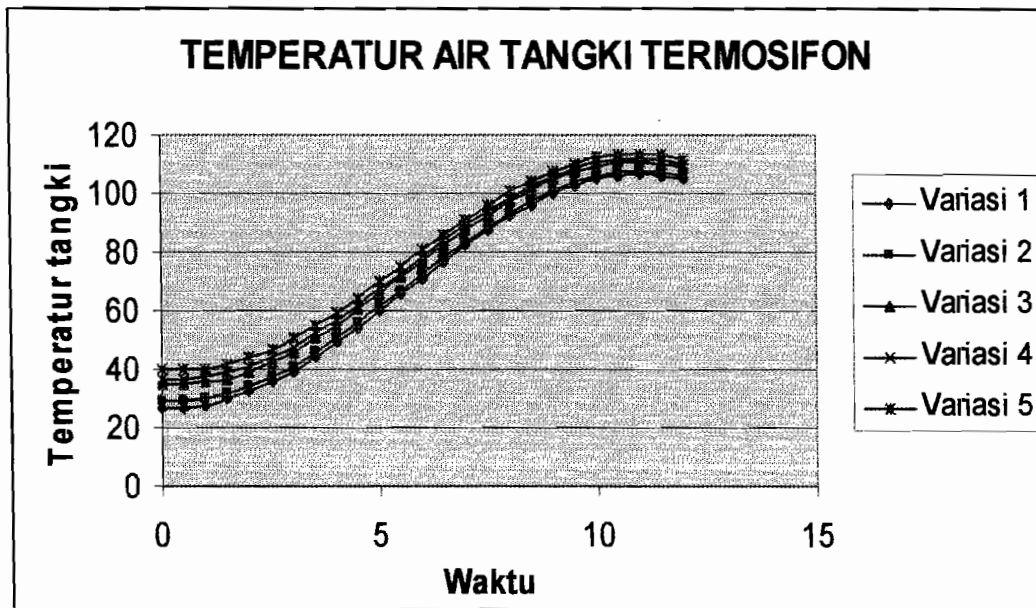
Gambar 3.10. Temperatur air tangki dengan perbedaan temperatur ruangan

3.8. Perhitungan dengan perbedaan harga awal temperatur tangki (T_s) :

Input variabel(satuan)	Variasi1	Variasi2	Variasi3	Variasi4	Variasi5
m_s [kg]	100	100	100	100	100
C_s [kJ/(kg.K)]	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
A_c [m ²]	2	2	2	2	2
F'	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$(\tau\alpha)$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$G_{T(max)}$ [kJ/m ²]	3760	3760	3760	3760	3760
U_L [kJ/(m ² .K)]	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
U_s [kJ/(m ² .K)]	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
A_s [m ²]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T_a [°C]	27	27	27	27	27
T_r [°C]	30	30	30	30	30
Harga awal					
θ [jam]	0	0	0	0	0
T_s [°C]	27	29	35	37	40
h [increment]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Hasil Perhitungan Numerik Dengan Metode Euler :

θ	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
0.0	27.00	29.00	35.00	37.00	40.00
0.5	27.00	28.95	34.78	36.73	39.65
1.0	27.89	29.79	35.46	37.36	40.20
1.5	29.64	31.48	37.01	38.85	41.61
2.0	32.19	33.98	39.35	41.14	43.83
2.5	35.47	37.21	42.44	44.18	46.79
3.0	39.41	41.10	46.18	47.88	50.42
3.5	43.91	45.56	50.50	52.15	54.62
4.0	48.88	50.48	55.29	56.89	59.30
4.5	54.21	55.77	60.45	62.01	64.35
5.0	59.79	61.31	65.86	67.38	69.65
5.5	65.51	66.99	71.41	72.89	75.10
6.0	71.25	72.68	76.99	78.42	80.57
6.5	76.88	78.28	82.47	83.86	85.96
7.0	82.31	83.67	87.74	89.10	91.13
7.5	87.41	88.73	92.69	94.01	96.00
8.0	92.09	93.37	97.23	98.51	100.44
8.5	96.24	97.49	101.24	102.49	104.36
9.0	99.78	101.00	104.64	105.86	107.68
9.5	102.64	103.82	107.36	108.55	110.32
10.0	104.74	105.89	109.34	110.49	112.21
10.5	106.04	107.16	110.51	111.63	113.31
11.0	106.50	107.59	110.86	111.94	113.58
11.5	106.11	107.16	110.34	111.40	112.99
12.0	104.84	105.87	108.96	109.99	111.53



Gambar 3.11. Temperatur air tangki dengan perbedaan harga awal temperatur tangki

3.9. Mencari laju aliran massa untuk termosifon :

Asumsi pertama : $m = 2,5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$

1. Faktor pelepas panas (F_R)

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

$$\frac{F_R}{0,88} = \frac{0,00125 \times 4185}{3,3 \times 0,88} \left[1 - \exp - \left(\frac{3,3 \times 0,88}{0,00125 \times 4174} \right) \right]$$

$$F_R = 0,72$$

2. Temperatur fluida masuk rata-rata (T_i) = 70°C

$$\begin{aligned} 3. G_T &= \frac{2,378 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2}{60 \times 60 \text{ dt}} \\ &= 660 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= F_R \cdot A [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)] \\
 &= 0,72 \times 2 [660 (0,8) - 3,3 (70-27)] \\
 &= 555,98 \text{ W}
 \end{aligned}$$

4. Temperatur fluida keluar rata-rata (T_o)

$$\begin{aligned}
 Q_u &= m \cdot C_p (T_o - T_i) \\
 555,98 &= 2,5 \cdot 10^{-3} \times 4185 (T_o - 70) \\
 T_o &= 123,14 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$5. \quad hF = \frac{f \cdot l \cdot v^2}{2g \cdot d} + \sum \frac{k \cdot v^2}{2g}$$

$$f = \frac{64}{RE} = \frac{64}{80,54}$$

$$= 0,79$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (10,21 \times 10^{-3})^2$$

$$= 8,19 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{979,70}$$

$$= 0,03$$

$$hF = \left(\frac{0,79 \times 1,95 \times (0,03)^2}{2 \times 9,8 \times 0,01021} \right) + \left(\frac{385 \times (0,03)^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$= 0,012$$

$$6. \quad hT = \frac{1}{2}(\delta_i - \delta_o) \left[2(H_3 - H_1) - (H_2 - H_1) - \frac{(H_3 - H_5)^2}{(H_6 - H_5)} \right]$$

$$\delta_i = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} T_i - 4,05 \times 10^{-6} T_i$$

$$\delta_i = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} (70) - 4,05 \times 10^{-6} (70)$$

$$= 0,994$$

$$\delta_o = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} T_o - 4,05 \times 10^{-6} T_o$$

$$\delta_o = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} (105,6) - 4,05 \times 10^{-6} (105,6)$$

$$= 0,997$$

$$hT = \frac{1}{2}(0,994 - 0,997) \left[2(0,25 - 0,1) - (2,38 - 0,1) - \frac{(0,25 - 2,63)^2}{(3,19 - 2,63)} \right]$$

$$= 0,018$$

Asumsi kedua : $m = 3 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$

7. Faktor pelepas panas (F_R)

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

$$\frac{F_R}{0,88} = \frac{0,0015 \times 4185}{3,3 \times 0,88} \left[1 - \exp - \left(\frac{3,3 \times 0,88}{0,0015 \times 4174} \right) \right]$$

$$F_R = 0,80$$

8. Temperatur fluida masuk rata-rata (T_i) = 70°C

$$9. \quad G_T = \frac{2,378 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2}{60 \times 60 \text{ dt}}$$

$$= 660 \text{ W/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= F_R \cdot A [Q (\tau \alpha) - U_L (T_c - T_a)] \\
 &= 0,80 \times 2 [660 (0,8) - 3,3 (70-27)] \\
 &= 617,76 \text{ W}
 \end{aligned}$$

10. Temperatur fluida keluar rata-rata (T_o)

$$\begin{aligned}
 Q_u &= m \cdot C_p (T_o - T_i) \\
 617,76 &= 3 \cdot 10^{-3} \times 4185 (T_o - 70) \\
 T_o &= 119,20 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$11. \quad hF = \frac{f \cdot l \cdot v^2}{2g \cdot d} + \sum \frac{k \cdot v^2}{2g}$$

$$f = \frac{64}{RE} = \frac{64}{80,54}$$

$$= 0,79$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (10,21 \times 10^{-3})^2$$

$$= 8,19 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{3 \cdot 10^{-3}}{979,70}$$

$$= 0,04$$

$$hF = \left(\frac{0,79 \times 1,95 \times (0,04)^2}{2 \times 9,8 \times 0,01021} \right) + \left(\frac{385 \times (0,04)^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$= 0,004$$

$$12. \quad hT = \frac{1}{2}(\delta_i - \delta_o) \left[2(H_3 - H_1) - (H_2 - H_1) - \frac{(H_3 - H_5)^2}{(H_6 - H_5)} \right]$$

$$\delta_i = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} T_i - 4,05 \times 10^{-6} T_i$$

$$\delta_i = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} (70) - 4,05 \times 10^{-6} (70)$$

$$= 0,994$$

$$\delta_o = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} T_o - 4,05 \times 10^{-6} T_o$$

$$\delta_o = 1,00026 - 3,906 \times 10^{-5} (105,3) - 4,05 \times 10^{-6} (105,3)$$

$$= 0,995$$

$$hT = \frac{1}{2}(0,994 - 0,995) \left[2(0,25 - 0,1) - (2,38 - 0,1) - \frac{(0,25 - 2,63)^2}{(3,19 - 2,63)} \right]$$

$$= 0,003$$

Jadi laju aliran massa yang dipakai adalah : $3,0 \times 10^{-3}$ kg/s

3.10. Evaluasi Prestasi dari Sistem Pemanas Surya Aktif

Mencari parameter X dan Y

1. Dari persamaan (2-33) diperoleh :

$$X = A_c F_R U_L (100^\circ\text{C} - T_a) \frac{\Delta T}{L}$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 100 \text{ kg} \times 4186 \times (70 - 27)$$

$$= 18 \cdot 10^6 \text{ J perhari}$$

$$L = 558 \cdot 10^6 \text{ J perbulan}$$

$$X = 2 \times 0,80 \times 3,3 (100 - 27) \frac{2,678 \times 10^6}{5,58 \times 10^8}$$

$$X = 1,84$$

2. Dari persamaan (2-34) diperoleh :

$$Y = A_c F_R (\tau\alpha)_n \frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} H_T \frac{N}{L}$$

$$Y = 2 \times 0,80 \times 0,8 \times 0,94 \times 14,06 \cdot 10^6 \cdot x \left(\frac{31}{5,58 \times 10^8} \right)$$

$$Y = 0,94$$

Dari grafik 2-3 didapat fraksi f adalah 0,75. Dengan perkataan lain, 75 persen dari beban pemanas dalam tiap bulan dipenuhi oleh sistem surya.

3.11. Ekonomi

Nilai sekarang dari biaya modal dan biaya perawatan

dengan :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 5 persen

Pemakaian sistem = 10 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari

$$= 0,018 \text{ GJ} \times 365$$

$$= 6,57 \text{ GJ} / \text{tahun}$$

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\begin{aligned} \text{Biaya per GJ} &= \frac{0,0495 \times 1000}{3,6} \\ &= 13,75 \text{ dolar / GJ} \end{aligned}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar / GJ} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{10} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \\ &= 564,0187 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{10} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \\ &= 83,33 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$\begin{aligned} &= 564,0187 \text{ dolar} - 83,33 \text{ dolar} \\ &= 480,6887 \text{ dolar} \\ &= \text{Rp } 4.806.885 \end{aligned}$$

Asumsi kedua :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 10 persen

Pemakaian sistem = 10 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari

$$= 0,018 \text{ GJ} \times 365$$

$$= 6,57 \text{ GJ} / \text{tahun}$$

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\text{Biaya per GJ} = \frac{0,0495 \times 1000}{3,6}$$

$$= 13,75 \text{ dolar} / \text{GJ}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar} / \text{GJ}$$

$$= 67,75 \text{ dolar}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$PWF = \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i}$$

$$= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,1}{1+0,08} \right)^{10} \right] \frac{1}{0,08-0,1}$$

$$= 677,5 \text{ dolar}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$PWF = \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i}$$

$$= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{10} \right] \frac{1}{0,08-0,05}$$

$$= 83,33 \text{ dolar}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$= 677,5 \text{ dolar} - 83,33 \text{ dolar}$$

$$= 594,17 \text{ dolar}$$

$$= \text{Rp } 5.941.700$$

Asumsi ketiga :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 5 persen

Pemakaian sistem = 15 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari

$$= 0,018 \text{ GJ} \times 365$$

$$= 6,57 \text{ GJ} / \text{tahun}$$

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\begin{aligned} \text{Biaya per GJ} &= \frac{0,0495 \times 1000}{3,6} \\ &= 13,75 \text{ dolar / GJ} \end{aligned}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar / GJ} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{15} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \\ &= 677,5 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{15} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \\ &= 100 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$\begin{aligned} &= 677,5 \text{ dolar} - 100 \text{ dolar} \\ &= 577,5 \text{ dolar} \\ &= \text{Rp } 5.775.000 \end{aligned}$$

Asumsi keempat :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 5 persen

Pemakaian sistem = 20 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari
 = 0,018 GJ x 365
 = 6,57 GJ / tahun

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\begin{aligned} \text{Biaya per GJ} &= \frac{0,0495 \times 1000}{3,6} \\ &= 13,75 \text{ dolar / GJ} \end{aligned}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar / GJ} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{20} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \end{aligned}$$

$$= 903,33 \text{ dolar}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$PWF = \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i}$$

$$= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{20} \right] \frac{1}{0,08-0,05}$$

$$= 133,33 \text{ dolar}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$= 903,33 \text{ dolar} - 133,33 \text{ dolar}$$

$$= 770 \text{ dolar}$$

$$= \text{Rp } 7.700.000$$

Asumsi kelima :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 10 persen

Pemakaian sistem = 15 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari

$$= 0,018 \text{ GJ} \times 365$$

$$= 6,57 \text{ GJ} / \text{tahun}$$

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\begin{aligned} \text{Biaya per GJ} &= \frac{0,0495 \times 1000}{3,6} \\ &= 13,75 \text{ dolar / GJ} \end{aligned}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar / GJ} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,1}{1+0,08} \right)^{15} \right] \frac{1}{0,08-0,1} \\ &= 1016,25 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{15} \right] \frac{1}{0,08-0,05} \\ &= 100 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$\begin{aligned} &= 1016,25 \text{ dolar} - 100 \text{ dolar} \\ &= 916,25 \text{ dolar} \\ &= \text{Rp } 9.162.500 \end{aligned}$$

Asumsi keenam :

Harga per kWh = 0,0495 dolar

Penghematan per tahun = 75 persen

Bunga diskon = 8 persen

Laju inflasi = 5 persen

Harga sewa listrik naik = 10 persen

Pemakaian sistem = 20 tahun

Biaya perawatan tahun pertama = 10 dolar

Beban listrik = 0,018 GJ / hari
 = 0,018 GJ x 365
 = 6,57 GJ / tahun

Kurs 1 dolar = Rp 10.000

$$\begin{aligned} \text{Biaya per GJ} &= \frac{0,0495 \times 1000}{3,6} \\ &= 13,75 \text{ dolar / GJ} \end{aligned}$$

Penghematan bahan bakar tahun pertama :

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 6,57 \times 13,75 \text{ dolar / GJ} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \end{aligned}$$

Nilai sekarang dari penghematan bahan bakar :

$$\begin{aligned} PWF &= \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i} \\ &= 67,75 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,1}{1+0,08} \right)^{20} \right] \frac{1}{0,08-0,1} \end{aligned}$$

$$= 1355 \text{ dolar}$$

Nilai sekarang dari biaya perawatan :

$$PWF = \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \frac{1}{d-i}$$

$$= 10 \text{ dolar} \left[1 - \left(\frac{1+0,05}{1+0,08} \right)^{20} \right] \frac{1}{0,08-0,05}$$

$$= 133,33 \text{ dolar}$$

Dengan demikian sistem itu memerlukan biaya modal sebesar :

$$= 1355 \text{ dolar} - 133,33 \text{ dolar}$$

$$= 1221,67 \text{ dolar}$$

$$= \text{Rp } 12.216.700$$

BAB IV

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dari perhitungan diatas, saya menggunakan beberapa variabel yang berbeda-beda seperti luasan tangki, luas kolektor dan temperatur dalam dan luar ruangan. Tujuan dari pemakaian variabel yang berbeda-beda untuk mengetahui harga temperatur air tangki yang didapat akibat perbedaan variabel tersebut.

Besarnya temperatur air panas yang keluar dari kolektor yang akan disimpan dalam tangki penyimpan panas dipengaruhi oleh :

- 4.1.1. Keadaan cuaca mempengaruhi energi matahari yang datang ke permukaan bumi. Semakin cerah cuacanya maka semakin banyak energi matahari yang diserap kolektor, sehingga T_s yang didapat semakin besar.
- 4.1.2. Kemiringan sudut pelat kolektor.

Semakin besar sudut kemiringan dari pelat kolektor maka semakin besar energi matahari yang dapat diserap pelat kolektor, sehingga T_s yang didapat semakin besar. Tetapi ada kemungkinan disuatu daerah, semakin besar sudut kemiringan dari pelat kolektor maka semakin berkurang energi matahari yang dapat diserap pelat kolektor, sehingga T_s yang didapat semakin kecil. Hal ini tergantung dari

sudut deklinasi (yang tergantung dari hari yang bersangkutan), posisi (garis lintang) dari daerah yang bersangkutan dan sudut jam.

4.1.3. Luas penampang pelat kolektor (A_C)

Semakin luas penampang pelat kolektor maka semakin besar panas yang diserap oleh kolektor, sehingga T_s yang didapat semakin besar.

4.1.4. Massa air dalam tangki (m_s)

Semakin besar massa air dalam tangki maka T_s yang didapat semakin kecil.

4.1.5. Temperatur lingkungan dan temperatur luar lingkungan disini tidak terlalu berpengaruh apabila perbedaan dari temperatur tidak terlalu signifikan.

4.2. Saran

Perhitungan yang didapat disini dipandang dari segi ekonomi ternyata lebih mahal daripada penggunaan energi listrik. Hal ini disebabkan karena penggunaan air panas yang dipakai sehari-hari relatif sedikit sehingga penggunaan energi listrik lebih hemat. Perancangan ini dikatakan efisien dan hemat apabila jumlah penggunaan air panas dalam jumlah yang banyak. Jadi sistem ini tidak cocok terpasang untuk penggunaan air panas dalam jumlah sedikit.

4.3. Penutup

Tujuan dari perancangan ini diharapkan mampu untuk menggantikan penggunaan energi listrik untuk penggunaan pemanas air untuk kebutuhan sehari-

hari. Penggunaan energi listrik mempunyai kecenderungan meningkat sehingga dituntut untuk mencari alternatif untuk menggantikan penggunaan energi listrik. Energi dari matahari ini dijadikan alternatif untuk menggantikan energi listrik dalam penggunaan pemanas air. Dalam usaha penghematan energi dan penyediaan energi ramah lingkungan, pemanfaatan energi surya mendapatkan perhatian yang lebih serius sehingga kita dituntut untuk merancang dan membuat peralatan-peralatan yang dapat menggantikan dan juga menghemat biaya dari energi listrik dalam penggunaannya.

Demikian perancangan ini, kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan, mulai dari awal sampai terselesaikannya rancangan ini, penyusun mengucapkan terima kasih.

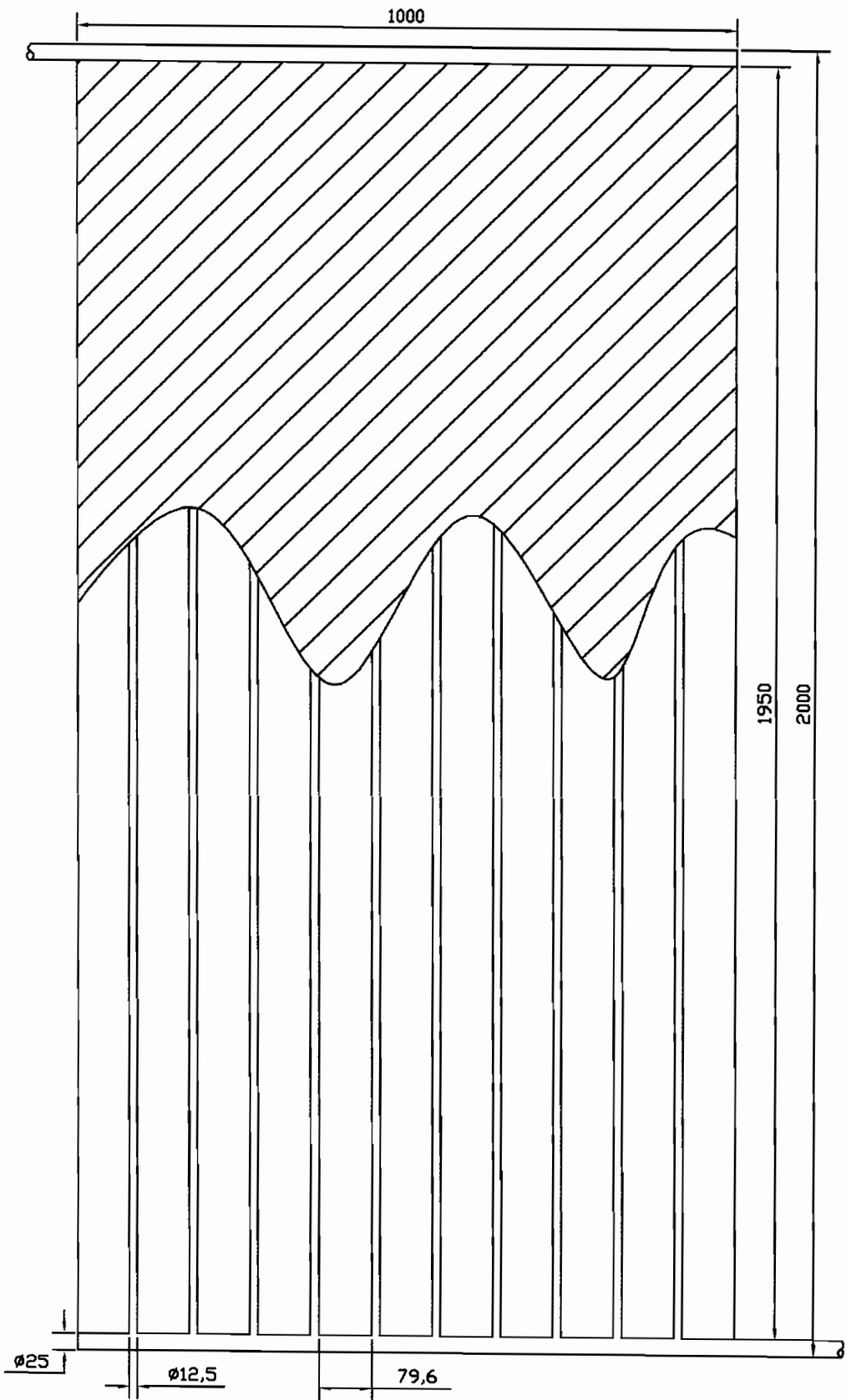
DAFTAR PUSTAKA

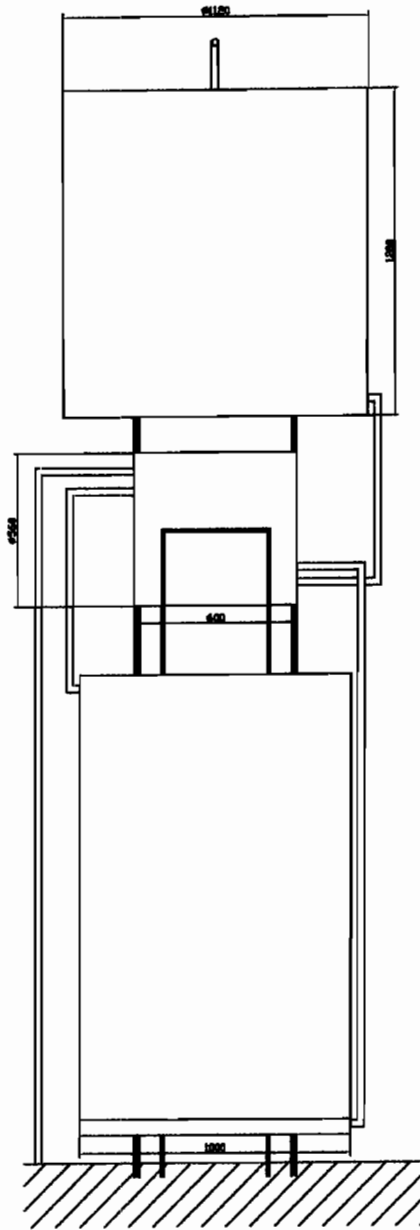
Jansen.T.J, *Teknologi Rekayasa Surya*, Cetakan pertama, Alih bahasa Arismunandar. W, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1995


Lundre, Peter J, *Solar Thermal Engineering*, Penerbit John Wiley and Son Inc, Canada, 1980

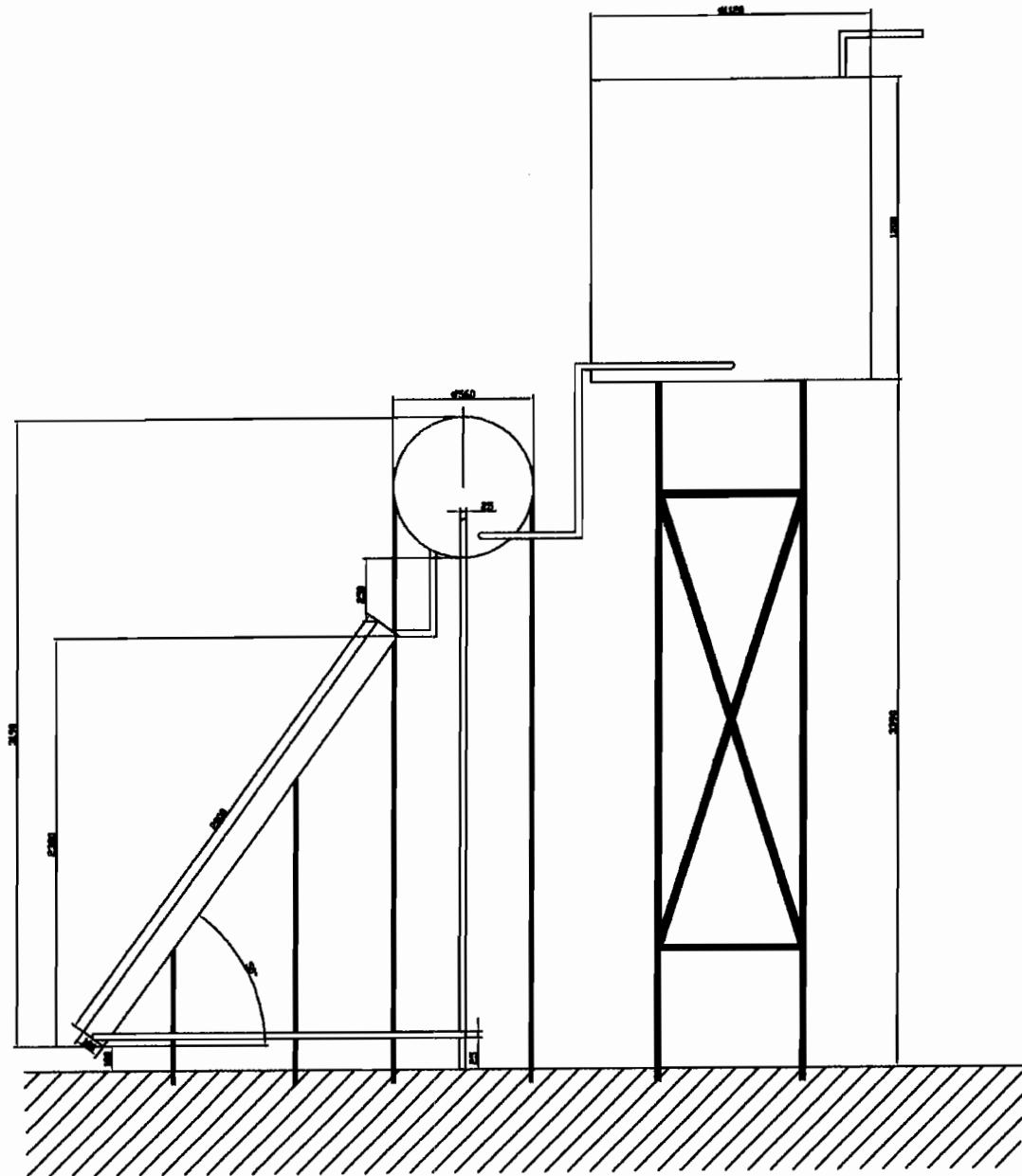
Sato.G.T, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*, Cetakan kesepuluh, Alih bahasa Sugiarto Hartanto.N, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2003


LAMPIRAN

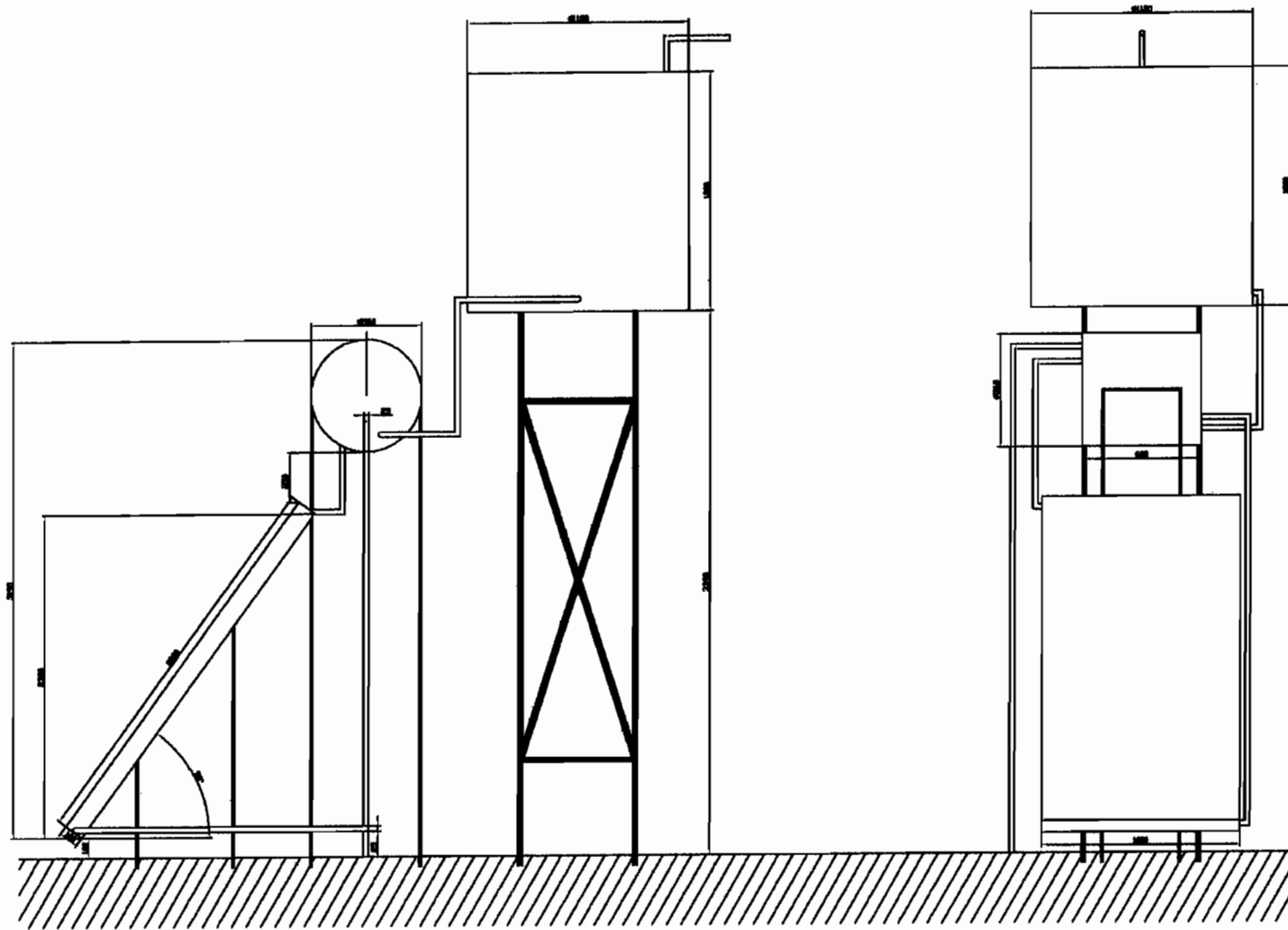




	SKALA : 1:50	DIBAHAR : Gd. Bos Horris P. RET. :	
	SATUAN : mm	MM : 99.5814.14E	
	TANGGAL :	DIPERIKSA : F. Rudi Sembodo	
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS SANATA DHARMA		PEMANAS AIR TENAGA SURYA	Lembar I A4



	SKALA : 1:50	DISAMBAR : Gd. Bode Harrie P	RET. :
	SATUAN : mm	NO : 99.5214.142	
	TANGGAL :	DIPERIKSA : K. Daud Sembel	
TINGKAT DESAIN UNIVERSITAS SAMATA DIARMA	PEMANAS AIR TENAGA SURYA	Lambar I	A4





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

No: 466 /FT .USD/TM/ Oktober/2004

NAMA : Gede Bagus Harrie Purnama W
NIM : 995214142
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Pemanas Air Tenaga Surya untuk Rumah Tangga

Tanggal dimulai : 27 September 2004
Pembimbing I : Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.
Pembimbing II : -

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1				
2				
3				
4				
5				
5				
7				
3				
7				
0				



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 319

NAMA Mhs. : GEDE BAGUS HERRIE PURNAMA

NIM : 995214142

JUDUL :
" *Pemanas Air Tenaga Surya untuk Rumah Tangga* "

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

1. Penjelasan tentang variasi variable yg dipilih
2. Gambar teknik dibuat
3. Gambar & grafik tidak dibedakan (penomoran)
4. lihat masalah