

**PENGARUH DIAMETER PIPA PENYERAP TERHADAP EFISIENSI
KOLEKTOR PEMANAS AIR SURYA PLAT DATAR**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Guna memperoleh Gelar Diploma III
Pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

ISWADI M.BASIR 06 35 059

MASKUR 06 35 060

PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2009

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Proposal tugas akhir dengan judul **Pengaruh Diameter Pipa Penyerap Terhadap Efisiensi Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar** Oleh Iswadi M. Basir (06 35 059), Maskur (06 35 060) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar 20 November 2009



HALAMAN PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari Jumat 20 November 2009, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa: Iswadi M. Basir (06 35 059) & Maskur (05 35 060) dengan judul Tugas Akhir (TA):

“PENGARUH DIAMETER PIPA PENYERAP TERHADAP EFISIENSI KOLEKTOR PEMANAS AIR SURYA PLAT DATAR”



Makassar 20 November 2009

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

- | | |
|------------------------|---------------|
| 1. Ir. Abdi Wibowo.MT. | Ketua |
| 2. Ir. Laode Musa MT | Sekretaris |
| 3. Drs. Jumadi T. M.PD | Anggota I |
| 4. Musrady M. S.ST | Anggota II |
| 5. Jamal ST. MT | Pembimbing I |
| 6. Ir. Firman.MT | Pembimbing II |

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

KATA PENGANTAR

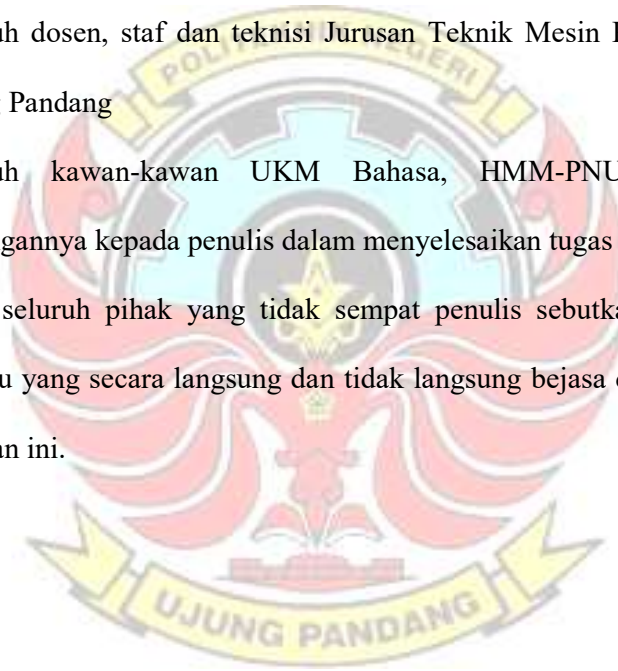
Alhamdulillah, puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan petunjuk, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir penelitian kami yang berjudul “pengaruh diameter pipa penyerap terhadap efisiensi kolektor pemanas air surya plat datar” .

Kami melaksanakan serta menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat dalam proses penyelesaian studi Program Diploma Tiga pada Jurusan Teknik Mesin dengan Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang

Dalam kesempatan ini, kami ingin mengucapkan Banyak Terima Kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Maha Pemurah lagi Maha Penyayang yang selalu memberikan kekuatan serta petunjuk kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kepada Kedua Orang Tua kami Tercinta, saudara-saudara serta seluruh keluarga kami yang telah memberikan banyak dukungan dan bantuan baik berupa moril, material serta doa yang setulus hati sehingga penulis berhasil menyelesaikan studi di Politeknik Negeri Ujung Pandang
3. Bapak Dr. Pirman A.P, M.Si, selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
4. Bapak Ir. Muhammad Anshar M.Si selaku Pembantu Direktur I Politeknik Negeri Ujung Pandang

5. Bapak Muh. Tekad S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Poiteknik Negeri Ujung Pandang
6. Bapak Jamal S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Poiteknik Negeri Ujung Pandang serta selaku Pembimbing I
7. Bapak Ir. Firman M.T, selaku Pembimbing II
8. Bapak Apollo S.T, selaku Wali Kelas III-C angkatan 2006 P.S Teknik Konversi Energi
9. Seluruh dosen, staf dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang
10. Seluruh kawan-kawan UKM Bahasa, HMM-PNUP atas semua dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
11. Serta seluruh pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya satu persatu yang secara langsung dan tidak langsung berjasa dalam pembuatan lapoean ini.



Dalam penyusunan laporan akhir ini, penulis menyadari masih terdapat berbagai kekurangan yang jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati kami mengharapkan saran, kritik serta perbaikan yang bersifat membangun untuk memberikan sentuhan penyempurnaan pada tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat serta nilai tambah bagi kita semua, Amin

Makassar, November 2009

(Penulis)



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman pengesahan	ii
Halaman penerimaan	iii
Kata pengantar.....	iv
Daftar isi	vii
Daftar tabel	ix
Daftar gambar	x
Daftar lampiran	xi
Daftar symbol.....	xii
Abstrak.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1. Latar Belakang.....	1
2. Rumusan Masalah.....	3
3. Batasan Masalah.....	3
4. Tujuan Penelitian.....	3
5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
1. Teori perpindahan panas.....	5
2. Proses Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya.....	13
3. Penelitian Mengenai Diameter Pipa dan Kolektor Surya Plat Datar.....	14
4. Analisis Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar.....	16

BAB III METODE PENELITIAN

1. Tempat Dan Waktu Penelitian.....	18
2. Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3. Metode Penelitian Pengaruh Diameter Pipa Penyerap Terhadap Efisiensi Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar.....	20
4. Prosedur Penelitian Pengaruh Diameter Pipa Penyerap Terhadap Efisiensi Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar.....	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisa Data.....	23
2. Pembahasan.....	27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan.....	31
2. Saran-saran.....	31

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Pengamatan untuk Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 1/2 inch, Minggu 1 November 2009

Tabel 2 Hasil Pengamatan untuk Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 1/2 inch, Senin 2 November 2009

Tabel 3 Hasil Pengamatan untuk Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Kolektor Surya Plat Datar dengan Diameter Pipa 1/2 inch, Senin 2 November 2009

Tabel 4 Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch

Tabel 5 Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch

Tabel 6 Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch dan Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1 Bagan Yang Menunjukkan Arah Aliran Kalor
- Gambar 2 Sifat-Sifat Radiasi Datang
- Gambar 3 (a) Spekular $\phi_1 - \phi_2$ dan (b) Refleksi Baur
- Gambar 4 Model Yang Digunakan Untuk Menurunkan Hukum Kirchoff
- Gambar 5 Kolektor Dan Susunan Paralelnya
- Gambar 6 Skema rangkaian penelitian pengaruh diameter pipa penyerap terhadap efisiensi kolektor pemanas air surya plat datar
- Gambar 7 Grafik antara m_w terhadap Q_u untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch
- Gambar 8 Grafik antara m_w terhadap Q_u untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch
- Gambar 9 Grafik antara m_w terhadap η_c untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch
- Gambar 10 Grafik antara m_w terhadap η_c untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data – Data Hasil Pengamatan

Lampiran B Data – Data Hasil Analisa Data

Lampiran C Grafik Karakteristik Daya Yang Diserap Kolektor & Efisiensi
Kolektor

Lampiran D Sifat – Sifat Fisik Air (SI)

Lampiran E Foto-foto Alat dan Kegiatan



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
A	: Luas Kolektor	m^2
C _p	: Panas Spesifik air	J/kg. ⁰ C
G _{bT}	: Intensitas radiasi pada bidang miring	W/m ²
l	: Lebar kolektor	m
m _w	: Laju aliran massa	kg/s
P	: Panjang kolektor	m
Q	: Debit air yang melewati pipa	cc/m ³
Q _L	: Daya yang hilang pada kolektor	Watt
Q _s	: Daya yang diterima oleh kolektor	Watt
Q _u	: Daya yang diserap oleh kolektor	Watt
T _i	: Temperatur Air Masuk Kolektor	⁰ C
T _o	: Temperatur Air Keluar Kolektor	⁰ C
T _u	: Temperatur Udara	⁰ C
T _{fr}	: Temperatur Rata-Rata	⁰ C
ρ	: Massa Jenis Air	kg/m ³
η	: Efisiensi	%

ABSTRAK

Kolektor surya non konsentrator dengan menggunakan plat datar merupakan kolektor surya pemanas air dengan menggunakan plat datar yang terbuat dari alumunium untuk menyerap energi matahari yang kemudian diserap oleh pipa penyerap (pipa absorber) secara konduksi untuk memanaskan air yang mengalir di dalam pipa tersebut

Pengujian ini menggunakan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa penyerap $\frac{3}{8}$ inch dan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch dimana dalam pengujian menggunakan metode efisiensi sesaat dengan membandingkan efisiensi yang dihasilkan kolektor surya plat datar dengan diameter $\frac{3}{8}$ inch dengan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

Dalam penelitian ini diperoleh efisiensi maximum sebesar 43,19% untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch lebih kecil dibandingkan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch dengan efisiensi maximum sebesar 49,40%. Pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch efisiensi minimum diperoleh 12,88% lebih kecil dibandingkan dengan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch dengan efisiensi minimum diperoleh 13,67%

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Letak negara Indonesia yang berada pada kawasan tropis memiliki kelebihan yakni intensitas sinar matahari yang cukup besar sepanjang tahun, apalagi ditambah dengan pemanasan global menyebabkan negara Indonesia menjadi salah satu negara dengan intensitas harian radiasi matahari yang tinggi yakni sekitar rata-rata 4.8 kWh/m² dengan energi matahari yang tersedia adalah sebesar 81.000 TerraWatt (sumber: Arismunandar 1995.).

Kebutuhan energi semakin meningkat dengan adanya kemajuan teknologi. Sumber energi yang banyak dipakai sampai saat ini adalah sumber yang dapat habis yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi. Karena kebutuhan energi meningkat maka usaha manusia untuk mengeksploitasi sumber energi di atas turut meningkat, sementara persediaan sumber energi terbatas, maka sumber energi lain mulai dicari seperti energi matahari, energi gelombang, energi angin, energi pasang surut, dll. Energi matahari yang disediakan Tuhan untuk umat manusia khususnya yang tinggal di daerah tropis, sangatlah berlimpah. Selain berlimpah dan tidak habis pakai, energi matahari juga tidak menimbulkan polusi. Namun demikian masih diperlukan peralatan seperti *solar cell* (sel surya) untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik atau *solar collector* (kolektor surya) untuk menjadi energi panas.

Kolektor surya akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas yang berguna untuk memanaskan air di

dalam pipa-pipa kolektor, sehingga suhu air akan meningkat. Secara umum jumlah energi panas yang diperoleh kolektor surya dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu kolektor konsentrasi dan non konsentrasi.

Kolektor non konsentrasi seperti kolektor surya pelat datar merupakan kolektor yang luas bidang penyerapan sama dengan bidang penyinaran, sedangkan kolektor konsentrasi seperti kolektor trapesium, semisilindris merupakan kolektor yang luas penyerapan tidak sama dengan luas penyinaran.

Pada kolektor surya plat datar, sebagian besar energi matahari ditransmisi oleh kaca penutup ke plat yang biasanya dicat hitam. Plat ini disinggungkan dengan pipa yang berisi fluida yang akan dipanasi. Ada 3 konfigurasi penyusunan pipa pada plat yang umum dipakai yaitu (1) pipa ditempelkan di bawah plat, (2) pipa ditempelkan di atas plat, (3) pipa ditempelkan di antara plat. Plat kolektor yang menerima panas akan menghantarkan panas ke fluida dalam pipa.

Penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh diameter pipa penyerap terhadap efisiensi kolektor pemanas air surya plat datar diharapkan dapat memberikan manfaat umumnya untuk memenuhi kebutuhan air non konsumsi dan khususnya mengembangkan iptek pada Laboratorium Sistem Energi khususnya lab energi alternative dalam hal ini SOLAR WATER HEATER. Analisis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perbandingan efisiensi suatu kolektor pemanas air surya plat datar dengan diameter pipa $3/8$ inch dan kolektor pemanas air surya plat datar dengan diameter pipa $1/2$ inch.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas antara lain:

- a. Bagaimana nilai efisiensi unit kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch dan $\frac{1}{2}$ inch
- b. Bagaimana perbandingan nilai efisiensi unit kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{8}$ inch

3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Pengujian untuk mengetahui nilai efisiensi kolektor, dimana dalam pengujian ini menggunakan peralatan kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch dan $\frac{1}{2}$ inch
- b. Perhitungan perbandingan nilai efisiensi antara kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch dan kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

4. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mendapatkan nilai efisiensi unit kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch dan unit kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch
- b. Untuk mendapatkan perbandingan nilai efisiensi antara kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch dan kolektor pelat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini di harapkan:

- a. Mengetahui kinerja dari unit kolektor pemanas air tenaga surya antara:
 - Kolektor pelat datar dengan diameter pipa $3/8$ inch
 - Kolektor pelat datar dengan diameter pipa $1/2$ inch
- b. Sebagai salah satu sarana pembelajaran bagi mahasiswa tentang kolektor surya
- c. Dapat digunakan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan air panas non konsumsi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Teori Perpindahan Panas

Menurut Kreith (1985:4), perpindahan panas adalah “Perpindahan energi dari satu daerah ke daerah lain sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu antara kedua daerah tersebut”. Dengan kata lain bahwa perpindahan panas adalah peristiwa berpindahnya energi dari suatu benda atau material ke benda yang lain, yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu diantara kedua benda atau material tersebut.

Hal serupa juga diuraikan oleh Holman (1994 :1) yaitu “ Perpindahan kalor atau alih bahan (heat transfer) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material”.

Setelah melihat kedua pernyataan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila dua sistem yang memiliki gradien suhu atau perbedaan suhu disinggungkan, sehingga dalam sistem tersebut akan terjadi proses perpindahan panas dari sistem yang bersuhu tinggi ke suhu rendah. Proses transfer energi panas/kalor seperti ini dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas.

Pada umumnya, perpindahan panas dikenal atas 3 (tiga) jenis, yaitu: konduksi (hantaran), konveksi (rambatan), dan radiasi (pancaran).

a. Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi Menurut Kreith (1985:4) menyatakan bahwa “Proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-

medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung”. Berdasarkan pengertian tersebut, nampak bahwa laju perpindahan panas sebanding dengan gradien suhu normal. Menurut Holman (1994:2) menyatakan bahwa “Energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal”. Hal tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Dimana :

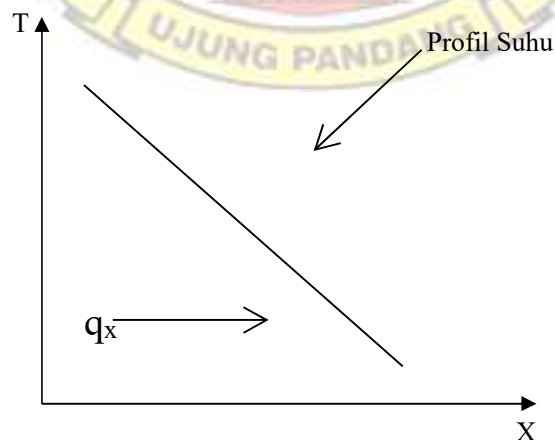
q = Laju perpindahan panas (w)

A = Luas penampang dimana panas mengalir (m²)

dT/dx = Gradien suhu pada penampang, atau laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas x

k = Konduktivitas thermal bahan (w/m°C)

Daya hantar termal adalah suatu karakteristik dari bahan, dan perbandingan k/L disebut hantaran (konduktansi).



Gambar 1. Bagan yang menunjukkan arah aliran kalor (Sumber: Holman 1994)

Pada proses konduksi, terjadi pergerakan molekul pada suatu zat (padat, cair, atau gas), karena adanya pergerakan molekul yang semakin cepat, maka suhu pada zat tersebut akan semakin tinggi. Jika pada daerah yang berdekatan memiliki pergerakan molekul yang relatif lambat dengan kata lain suhunya lebih rendah maka, akan terjadi pemindahan energi dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Menurut Kreith (1985:5) menyatakan bahwa “Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik (elastic impact) atau dengan pembauran (difussion) elektron-elektron yang bergerak secara lebih cepat dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah”.

b. Perpindahan Panas Konveksi

Sebagaimana telah ketahui bahwa plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila di taruh pada tempat yang udaranya bergerak dibandingkan apabila disimpan di udara tenang. Hal ini disebut peristiwa konveksi, sedangkan definisi konveksi itu sendiri adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas. Hal tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q = h \cdot A \cdot (\Delta T) \quad (2)$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas secara konveksi

h = Koefisien perpindahan panas secara konveksi (w/m²°C)

A = Luas penampang (m²)

ΔT = Perubahan atau perbendaan suhu ($^{\circ}\text{C};^{\circ}\text{F}$)

Persamaan laju perpindahan kalor secara konveksi telah dipaparkan oleh Newton pada tahun 1701, juga berasal dari pengamatan gejala fisika. Di sini laju perpindahan panas dihubungkan dengan beda suhu secara menyeluruh, dan luas permukaan (A). Besaran h disebut koefisien konveksi. Koefisien perpindahan kalor dari persamaan di atas mempunyai harga yang tidak tetap. Hal ini disebabkan karena proses konveksi adalah fenomena yang sangat rumit. Harga yang pas pada h dalam sebuah sistem tergantung pada geometri permukaannya.

Pada proses perpindahan panas konveksi dikenal ada dua yaitu, jika suatu plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat itu. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah (*natural convection*) atau konveksi bebas.

Untuk membedakannya dari konveksi paksa (*forced convection*) yang terjadi apabila udara tersebut dihembuskan di atas plat itu dengan kipas.

c. Perpindahan Panas Radiasi

Proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju pada benda yang bersuhu rendah dan kedua benda tersebut terpisah pada ruang yang sama, walaupun didalam ruang tersebut hampa udara. Energi yang berpindah dengan cara tersebut diistilahkan dengan Panas Radiasi, hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \delta A (T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

Dimana :

δ = Konstanta Stefan-Boltzman $5,669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ k}^4$

A = Luas penampang

T = Temperatur

Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Apabila gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energinya diserap di dekat permukaan benda tersebut

Perpindahan panas dari radiasi total benda hitam yang sempurna sebanding dengan pangkat empat dari temperatur benda tersebut.

d. Radiasi Termal

Radiasi termal ialah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya. Dalam bab ini, mula-mula akan diuraikan sifat dan keadaan radiasi termal itu, ciri-cirinya, dan sifat-sifat yang dapat digunakan untuk menjelaskan bahan-bahan sejauh yang menyangkut radiasi termal. Kemudian, akan di tinjau perpindahan radiasi melalui ruang. Dan akhirnya, akan di analisis masalah menyeluruh yang menyangkut perpindahan-kalor melalui radiasi, termasuk pengaruh sifat-sifat bahan dan susunan geometri benda terhadap energi total yang dapat dipertukarkan.

e. Intensitas Radiasi pada bidang miring

Komponen radiasi pada suatu permukaan miring, yaitu komponen sorotan I_{BT} diperoleh dengan mengubah radiasi sorotan pada permukaan horizontal menjadi masuk normal dengan menggunakan sudut zenit, dan kemudian mendapatkan komponen pada permukaan miring dengan menggunakan sudut

masuk. Radiasi sorotan I_{bT} pada permukaan miring dapat dihitung dari radiasi sorotan (terukur) I pada sebuah permukaan horizontal (Wiranto Arismunandar, 1985).

$$I_{bT} = I \frac{\sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos(\phi - \beta) \cos \omega}{\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega} \quad (4)$$

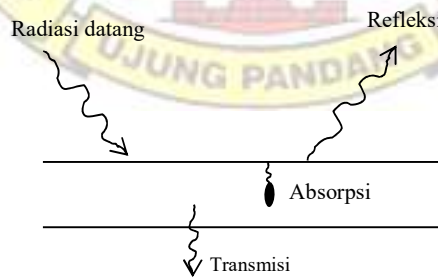
f. Sifat-sifat Radiasi

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu di pantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dan sebagian lagi diteruskan (transmisi), seperti digambarkan pada gambar 3. Fraksi yang dipantulkan kita namakan reflektivitas ρ , fraksi yang diserap absorptivitas α , dan fraksi yang diteruskan transmisivitas τ . Maka,

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (5)$$

Kebanyakan benda padat tidak meneruskan radiasi termal, sehingga untuk kebanyakan soal-soal terapan, transmisivitas dapat dianggap nol. Sehingga,

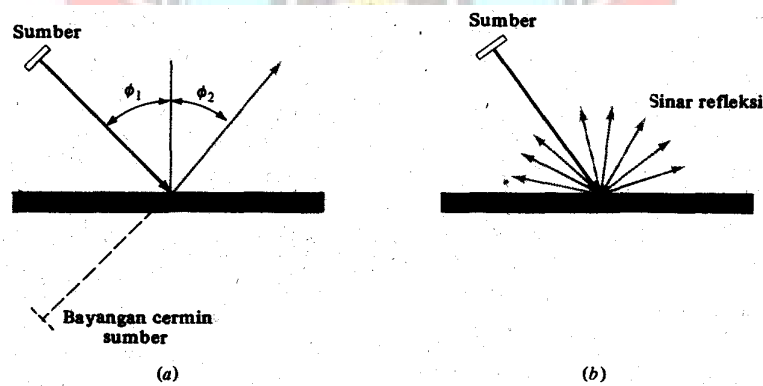
$$\rho + \alpha = 1 \quad (6)$$



Gambar 2. Sifat-sifat radiasi datang

Ada dua fenomena refleksi yang dapat diamati bila radiasi menimpa suatu permukaan. Jika sudut jatuhnya sama dengan sudut refleksi, maka dikatakan refleksi itu spekular (specular). Di lain pihak, apabila berkas yang jatuh itu

tersebar secara merata ke segala arah sesudah refleksi, maka refleksi itu disebut baur (diffuse). Kedua jenis refleksi ini digambarkan dalam gambar 4. Perhatikan bahwa refleksi spekular memberikan bayangan cermin dari sumber itu kepada pengamat. Tetapi tidak ada permukaan sebenarnya yang hanya spekular atau baur. Sebuah cermin biasa tentu bersifat spekular untuk cahaya tampak tetapi belum tentu bersifat spekular untuk keseluruhan rentang panjang gelombang radiasi termal. Biasanya, permukaan yang kasar lebih menunjukkan sifat baur daripada permukaan yang diupam mengkilap. Demikian pula, permukaan yang diupam lebih spekular daripada permukaan kasar. Pengaruh kekasaran permukaan terhadap sifat-sifat radiasi-termal bahan merupakan masalah yang meminta perhatian serius dan masih menjadi bahan penelitian.



Gambar 3. (a) Spekular $\phi_1 - \phi_2$ dan (b) refleksi baur

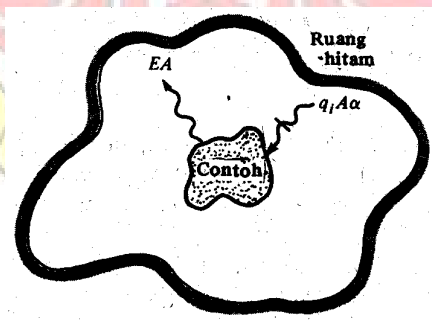
Daya emisi (emissive power) E suatu benda ialah energi yang dipancarkan benda itu per satuan luas per satuan waktu. Untuk mendapatkan hubungan antara daya emisi suatu benda dengan sifat-sifat bahan yang disebutkan di atas, kita dapat melakukan eksperimen dalam pikiran. Andaikan kita mempunyai suatu ruang tertutup yang terbuat dari benda hitam sempurna, yaitu yang menyerap

seluruh radiasi yang menimpanya, seperti terlihat pada gambar 5. Ruang itu juga akan memancarkan radiasi menurut hukum T^4 . Umpamakan fluks radiasi yang diterima oleh suatu bidang dalam ruang itu ialah q_i W/m². Sekarang, umpamakan ada suatu benda yang ditempatkan di dalam ruang itu, dan dibiarkan mencapai keseimbangan suhu. Pada keseimbangan, energi yang diserap benda itu mesti sama dengan energi yang dipancarkan; sebab, jika tidak, tentu ada energi yang mengalir masuk atau keluar benda itu dan menyebabkan suhunya naik atau turun. Pada keseimbangan dapat kita tulis :

$$E \cdot A = q_i \cdot A \cdot \alpha \quad (7)$$

Jika sekarang benda di dalam ruang itu kita ganti dengan benda-hitam yang bentuk dan ukurannya sama, dan benda-hitam itu kita biarkan mencapai keseimbangan, dengan ruang itu pada suhu yang sama, maka :

$$E_b \cdot A = q_i \cdot A \cdot (1) \quad (8)$$



Gambar 4. Model yang digunakan untuk menurunkan hukum Kirchoff

Karena absorptivitas benda, hitam ialah satu. Jika persamaan (10) dibagi dengan maka persamaan (11) akan di peroleh :

$$\frac{E}{E_b} = \alpha \quad (9)$$

dan kita dapat bahwa, perbandingan daya emisi suatu benda dengan daya, emisi benda hitam pada suhu yang sama ialah sama dengan absorptivitas benda, itu. Perbandingan itu disebut emisivitas ε benda :

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b} \quad (10)$$

Sehingga $\varepsilon = \alpha$ (11)

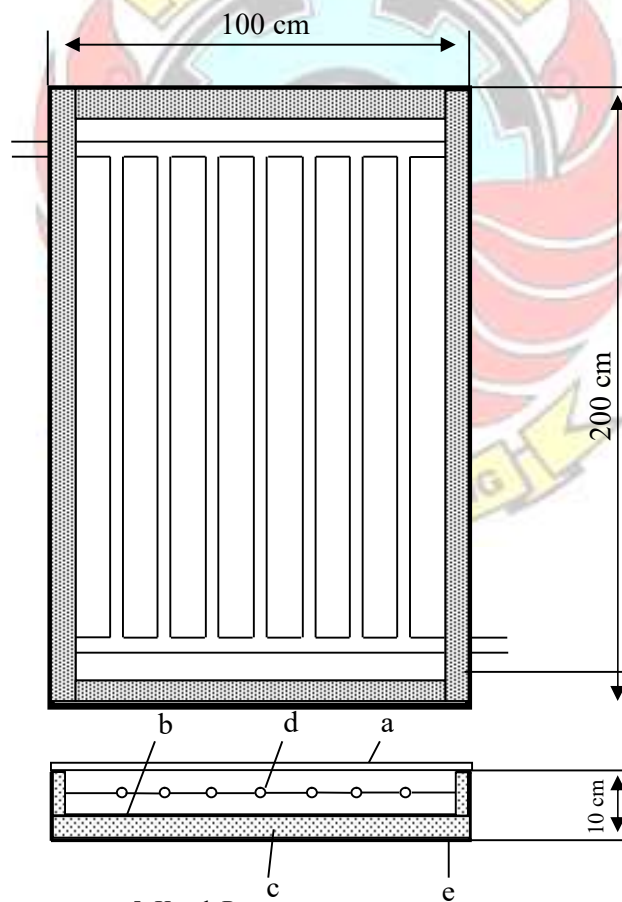
Persamaan diatas disebut identitas Kirchhoff. Di sini perlu di ingatkan bahwa, emisivitas dan absorptivitas yang di bahas di atas ialah sifat-sifat total benda itu, artinya, merupakan tingkah laku integral bahan itu untuk keseluruhan panjang-gelombang. Benda-benda nyata memancarkan radiasi lebih sedikit dari permukaan hitam sempurna, sebagaimana diukur dari emisivitas bahan. Pada kenyataannya, emisivitas bahan berubah menurut suhu dan panjang-gelombang radiasi.

2. Proses Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya

Menurut Howel (1982), ada tiga mekanisme dasar untuk menganalisis perpindahan panas pada kolektor, yaitu mekanisme konduksi, konveksi dan radiasi. Suatu gambaran mengenai tiga cara perpindahan panas dalam sebuah alat pemanas surya dapat dijelaskan sebagai berikut: panas mengalir secara konduksi pada kolektor surya berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang kemudian diteruskan ke fluida yang berada di dalam pipa-pipa kolektor secara konveksi. Plat penyerap yang panas ini akan melepaskan panas ke plat datar dan kaca penutup dengan cara konveksi dan radiasi

3. Penelitian Mengenai Diameter Pipa dan Kolektor Surya Plat Datar

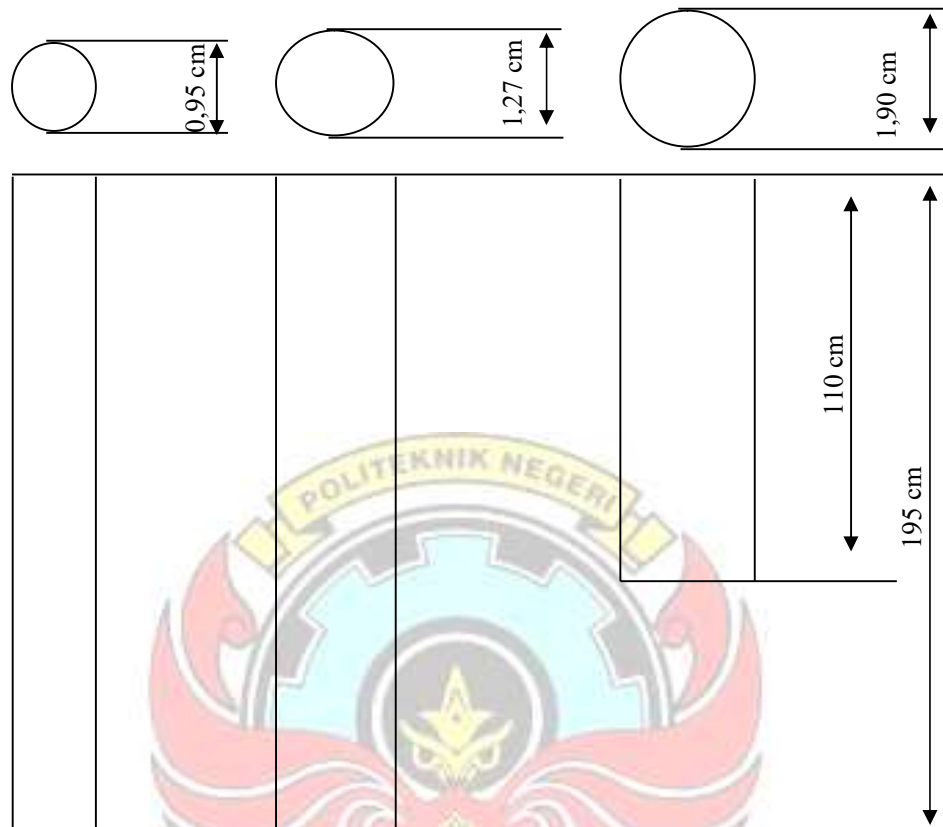
Penelitian ini memberikan gambaran proses penyerapan energi matahari pada kolektor surya plat datar dan diameter pipa yang digunakan. Kolektor surya berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang kemudian diteruskan ke fluida yang berada di dalam pipa-pipa kolektor. Pada kolektor surya ini diletakkan 7 buah pipa tembaga pada jarak yang sama dimana pipa-pipa itu berhubungan dengan header bagian atas dan bawah. Plat penyerap dari kolektor surya ini terbuat dari plat aluminium stanlis.



Keterangan :
a. Kaca penutup
b. Plat Penyerap Panas
c. Isolator

5. Kotak Penyangga

d. Pipa Sirkulasi Fuida



Gambar 5. Dimensi kolektor dan pipa

4. Analisis Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar

a. Laju Energi Panas yang Masuk

Laju energi panas yang masuk pada kolektor termal energi surya (kJ) dipengaruhi oleh I_{bT} jumlah intensitas radiasi matahari pada permukaan miring (Watt/m^2), luas plat (A_p) penyerap kolektor termal (m^2), dan waktu (t) selama penyinaran dinyatakan dengan persamaan :

$$Q_{in} = I_{bT} \cdot A_p. \quad (12)$$

b. Laju Energi Panas yang Digunakan

Laju energi panas yang keluar dari kolektor termal energi surya dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_{abs} = m_a \cdot C_p \cdot (T_0 - T_1) \quad (13)$$

Dimana : m_a = massa sistem (air) (kg)

C_p = kapasitas panas spesifik air ($\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$)

T_{out} = temperatur fluida keluar kolektor ($^\circ\text{C}$)

T_{in} = temperatur fluida masuk kolektor ($^\circ\text{C}$)

c. Laju Energi Panas yang Hilang

Tidak semua energi panas yang masuk dapat dipakai seluruhnya sebab ada faktor kerugian panas pada kolektor termal. Kerugian panas ini terjadi pada bagian atas kolektor panas surya yang disebut kerugian panas bagian atas dan pada bagian bawah kolektor panas surya disebut kerugian

panas bagian bawah. Dimana jumlah dari kedua kerugian panas merupakan kerugian panas total.

$$Q_L = Q_{in} - Q_{abs} \quad (14)$$

d. Efisiensi Kolektor Surya

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk menentukan performansi dari kolektor. Oleh karena pipa penyerap mempunyai distribusi temperatur yang tidak merata, maka persamaan efisiensi biasanya dinyatakan sebagai fungsi dari fluida masuk yang relatif lebih mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan operasinya.

Definisi dari efisiensi kolektor surya yaitu perbandingan antara energi yang digunakan dengan jumlah energi surya yang diterima pada waktu tertentu oleh kolektor surya. Untuk mencari nilai efisiensi kolektor, maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{abs}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (15)$$

Dimana: η = efisiensi kolektor, (%)

Q_{abs} = Energi yang digunakan oleh sistem, (kJ)

Q_{in} = Energi yang masuk pada kolektor, (kJ)

BAB III

METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bertempat di laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

b. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 1 November 2009 dan 2 November 2009. Waktu penelitian Dimulai dari pukul 11.00 wita s/d 14.00 wita

2. Alat dan Bahan Penelitian

b. Alat

➤ Peralatam Utama

- 1 unit kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa ½ inch
- 1 unit kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

➤ Peralatan Bantu

- Pompa Sirkulasi
Berfungsi untuk memompa air dari box penampungan ke system
- Bak Penampungan
Berfungsi untuk menampung air yang bersikulasi pada system
- Kabel Roll

Berfungsi sebagai kabel power supply dalam hal ini sebagai sumber tegangan pada pompa sirkulasi

➤ Peralatan Ukur yang dipergunakan

- Termometer Batang

Berfungsi mengukur temperatur fluida input dan fluida output

- Piranometer

Berfungsi untuk mengukur Intensitas radiasi matahari

- Gelas Ukur

Berfungsi mengukur laju aliran fluida.

- Stopwatch

Berfungsi mengukur waktu.

c. Bahan Rangkaian Penelitian

- Isolasi, berfungsi untuk mengurangi agar panas yang diserap kolektor tidak terbuang
- Lem dan Plester Pipa, berfungsi untuk perekat pada pipa
- Lem Silikon, berfungsi untuk perekat kaca pada kolektor
- Pipa Sirkulasi 3/8 inch dan 1/2 inch, berfungsi sebagai penyalur aliran fluida
- Elbow, berfungsi sebagai sambungan pada pipa
- Keran, berfungsi untuk mengatur fluida output.

3. Metode Penelitian Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Pemanas Air Surya Plat Datar

Metode penelitian pengaruh diameter pipa terhadap pemanas air surya plat datar, dilakukan dengan cara menggunakan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch dan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch yang diuji secara bersamaan dan mendapatkan perlakuan yang sama pula. Dengan menggunakan metode ini kita akan mengetahui efisiensi pada plat datar apakah berpengaruh dengan diameter pipa yang digunakan.

Pengambilan data dilakukan pada siang hari dengan harapan data intensitas radiasi matahari yang jatuh pada permukaan kolektor dapat diasumsikan sebagai sinar datang yang tegak lurus terhadap permukaan kolektor

4. Prosedur Penelitian Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Pemanas Air Surya Plat Datar

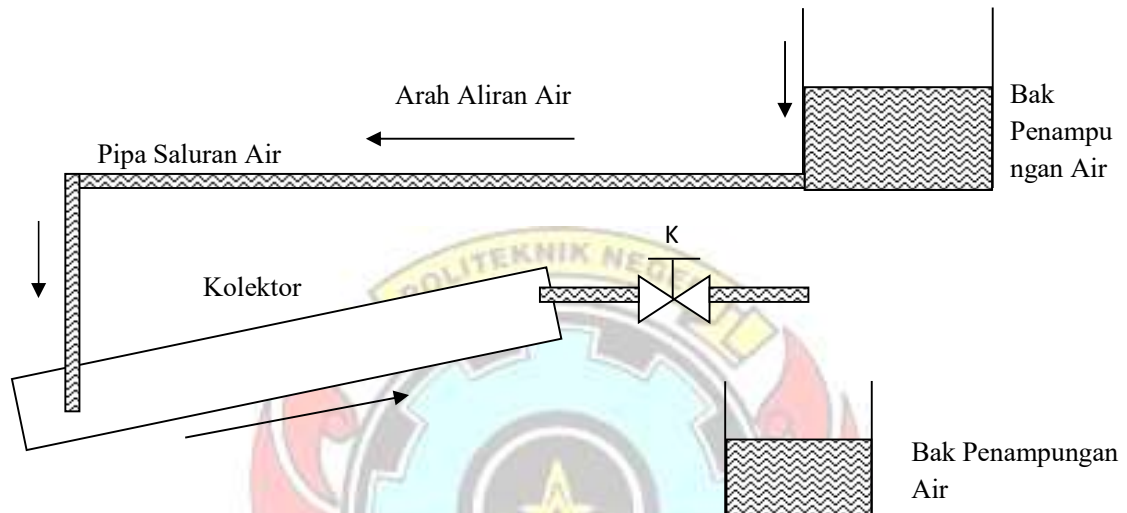
Di dalam penelitian ini prosedur pengamatan dan pengukuran data dilakukan dengan langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Kolektor dihadapkan pada sumbu utara-selatan dengan sudut kemiringan kolektor dengan sudut yang sama dengan posisi lintang tempat pengujian dan diarahkan ke utara
- b. Penelitian dilakukan mulai jam 09.00 s/d 15.00 Kemudian melakukan pengamatan dan pengukuran variable sebagai berikut:
- c. Menggunakan kolektor plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch dan kolektor plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch yang diuji secara bersamaan.

- d. Mencatat intensitas radiasi matahari rata-rata selama pengamatan dan waktu standar (pencatatan/pengambilan data dilakukan setelah dipastikan fluida input pada pipa masukan kolektor telah sampai mengalir keluar pada pipa keluaran atau minimal 5 menit awal pengaliran fluida masuk kolektor
- e. Mencatat temperature masukan dan keluaran kolektor
- f. Hasil-hasil pengamatan, pengukuran serta grafik disajikan dalam lampiran data pengujian kolektor



Adapun skema (instalasi) system penelitian dapat diliha pada gambar berikut ini :



Gambar 6. Skema rangkaian penelitian pengaruh diameter pipa penyerap terhadap efisiensi kolektor pemanas air surya plat datar

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisa Data

Untuk mendapatkan hasil efisiensi maka melakukan data menggunakan data pada Tabel 1 percobaan A dengan bukaan katup I dengan kolektor surya plat datar degan diameter pipa 3/8 inch dan kolektor surya plat datar degan diameter pipa 1/2 inch sebagai acuan analisa, yaitu pada hari Minggu 1 November dengan nilai – nilai parameter yang diketahui sebagai berikut:

- a. Kolektor surya plat datar degan diameter pipa 3/8 inch

Diketahui:

- Intensitas matahari : 929,33 W/m²
- Waktu pengamatan : 11.14 WITA
- Laju aliran fluida masuk kolektor (Q_{fi}) : 2,06 . 10⁻⁶ m³/s
- Temperature udara sekeliling (T_a) : 35 °C
- Temperatur Fluida masuk kolektor : 30 °C
- Temperatur Fluida keluar kolektor : 58,37 °C
- Luasan Apparature : 2 m²

Penyelesaian :

- Temperature air rata-rata (T_{fr})

$$T_{fr} = (T_{fo} + T_{fi}) / 2$$

$$T_{fr} = (58,37 + 30) / 2 = 41,18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Massa jenis air (ρ_w)

Berdasarkan tabel sifat air pada $T_{fr} = 41,18 \text{ }^{\circ}\text{C}$

diperoleh : $\rho_w = 990,54 \text{ kg/m}^3$

- Panas jenis air (Cp_w)

Berdasarkan tabel sifat air pada $T_{fr} = 41,18 \text{ }^{\circ}\text{C}$

diperoleh : $Cp_w = 4178,84 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$

- Laju aliran Massa fluida masuk kolektor (\dot{m}_w)

$$\dot{m}_w = Q_{fi} \cdot \rho_w$$

$$= 2,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 990,54 \text{ kg/m}^3 = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

- Beda temperature air (ΔT_w)

$$\Delta T_w = T_{fo} - T_{fi}$$

$$\Delta T_w = 58,37 - 30 = 28,37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Daya yang diserap oleh kolektor (Q_u)

$$Q_u = \dot{m}_w \cdot Cp_w \cdot \Delta T_w$$

$$= 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} \cdot 4178,84 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C} \cdot 28,37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 241,50 \text{ W}$$

- Daya yang diterima oleh kolektor (Q_s)

$$Q_s = G_{bT} \cdot A_a$$

$$Q_s = 929,33 \text{ W/m}^2 \cdot 2 \text{ m}^2 = 1858,66 \text{ W}$$

- Efisiensi actual sesaat kolektor (η_c)

$$\eta_c = (q_u / q_s) \times 100\%$$

$$= (241,50 / 1858,66) \times 100\%$$

$$\eta_c = 12,99 \%$$

b. Kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch

Diketahui :

- Intensitas matahari : 929,33 W/m²
- Waktu pengamatan : 11.14 WITA
- Laju aliran fluida masuk kolektor (Q_{fi}) : $2,06 \cdot 10^{-6}$ m³/s
- Temperature udara sekeliling (T_a) : 35 °C
- Temperatur Fluida masuk kolektor : 30 °C
- Temperatur Fluida keluar kolektor : 71,70 °C
- Luasan Apparature : 2 m²

Penyelesaian :

- Temperature air rata-rata (T_{fr})

$$T_{fr} = (T_{fo} + T_{fi}) / 2$$

$$T_{fr} = (71,70 + 30) / 2 = 50,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Massa jenis air (ρ_w)

Berdasarkan tabel sifat air pada $T_{fr} = 50,85 \text{ } ^\circ\text{C}$

diperoleh : $\rho_w = 987,68 \text{ kg/m}^3$

- Panas jenis air (Cp_w)

Berdasarkan tabel sifat air pada $T_{fr} = 50,85 \text{ } ^\circ\text{C}$

diperoleh : $Cp_w = 4180,34 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

- Laju aliran Massa fluida masuk kolektor (\dot{m}_w)

$$\dot{m}_w = Q_{fi} \cdot \rho_w$$

$$= 2,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 987,68 \text{ kg/m}^3 = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

- Beda temperature air (ΔT_w)

$$\Delta T_w = T_{fo} - T_{fi}$$

$$\Delta T_w = 71,70 - 30 = 41,70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

➤ Daya yang diserap oleh kolektor (Q_u)

$$Q_u = \dot{m}_w \cdot C_{p_w} \cdot \Delta T_w$$

$$= 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} \cdot 4180,34 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \cdot 41,70^\circ\text{C}$$

$$= 354,12\text{W}$$

➤ Daya yang diterima oleh kolektor (Q_s)

$$Q_s = G_{bT} \cdot A_a$$

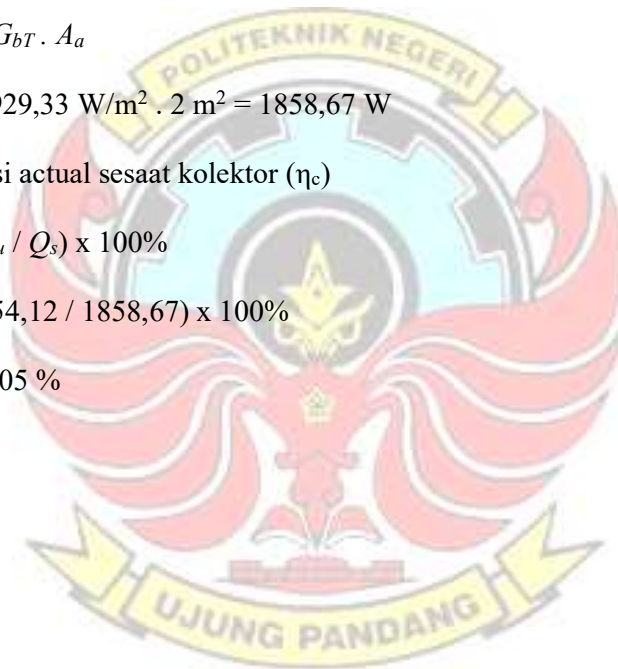
$$Q_s = 929,33 \text{ W/m}^2 \cdot 2 \text{ m}^2 = 1858,67 \text{ W}$$

➤ Efisiensi actual sesaat kolektor (η_c)

$$\eta_c = (Q_u / Q_s) \times 100\%$$

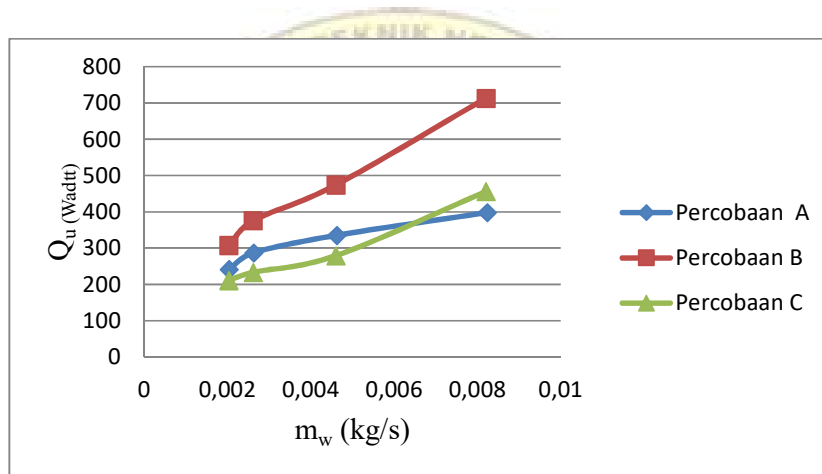
$$= (354,12 / 1858,67) \times 100\%$$

$$\eta_c = 19,05 \%$$



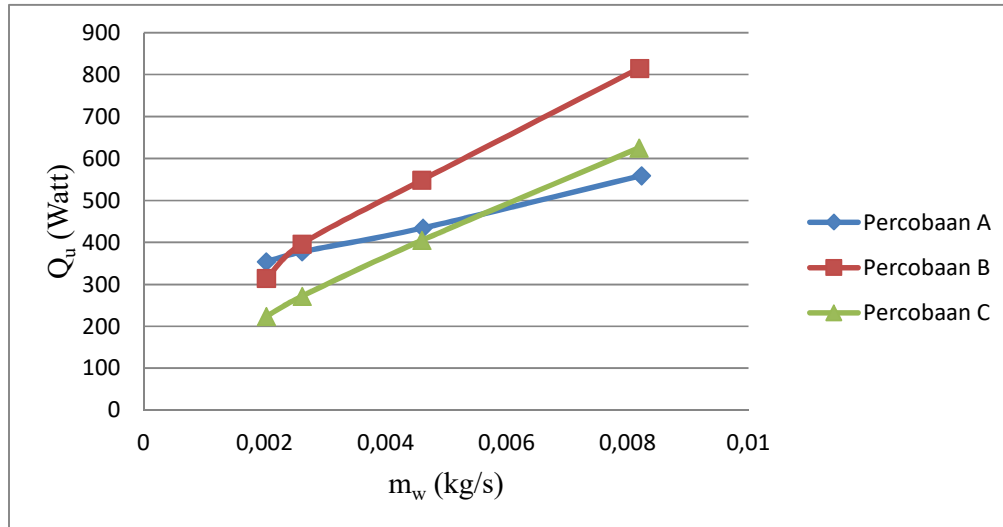
2. Pembahasan

Dari hasil analisa data pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch dapat dilihat bahwa semakin besar laju aliran pada setiap bukaan katup maka semakin besar pula daya yang dihasilkan kolektor, hal ini dapat dilihat pada gambar 7. Daya yang diserap oleh kolektor rata-rata 315,41 Watt untuk temperature fluida masuk 30⁰C, 467,64 Watt untuk temperature fluida masuk 35⁰C dan 294,68 Watt untuk temperature fluida masuk 40⁰C



Gambar 7 Grafik antara m_w terhadap Q_u untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

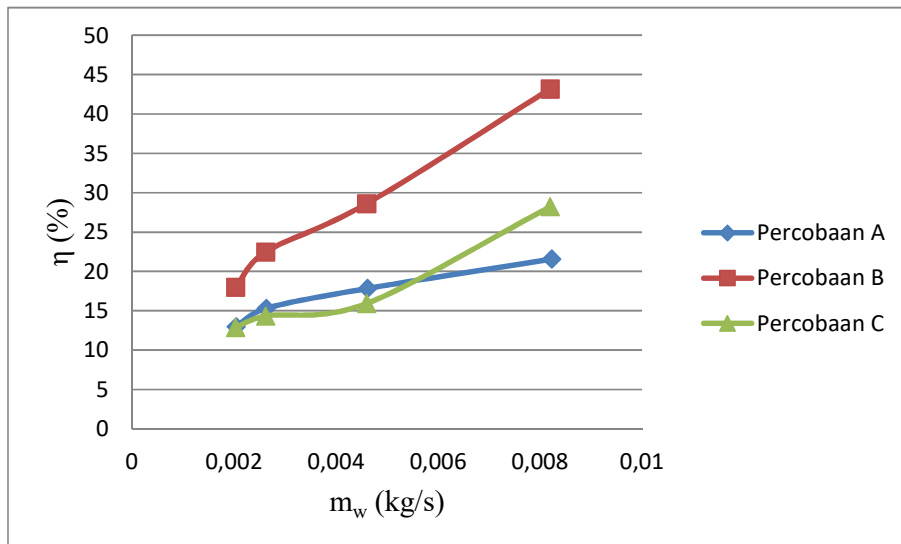
Pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch diperoleh hubungan yang sama dengan diameter pipa 3/8 inch yaitu semakin besar laju aliran pada setiap bukaan katup maka semakin besar pula daya yang dihasilkan kolektor, hal ini dapat dilihat pada gambar 8. Daya yang diserap oleh kolektor rata-rata 431,34 Watt untuk temperature 30⁰C, 518,80 Watt untuk temperature fluida masuk 35⁰C dan 381,40 Watt untuk temperature fluida masuk 40⁰C.



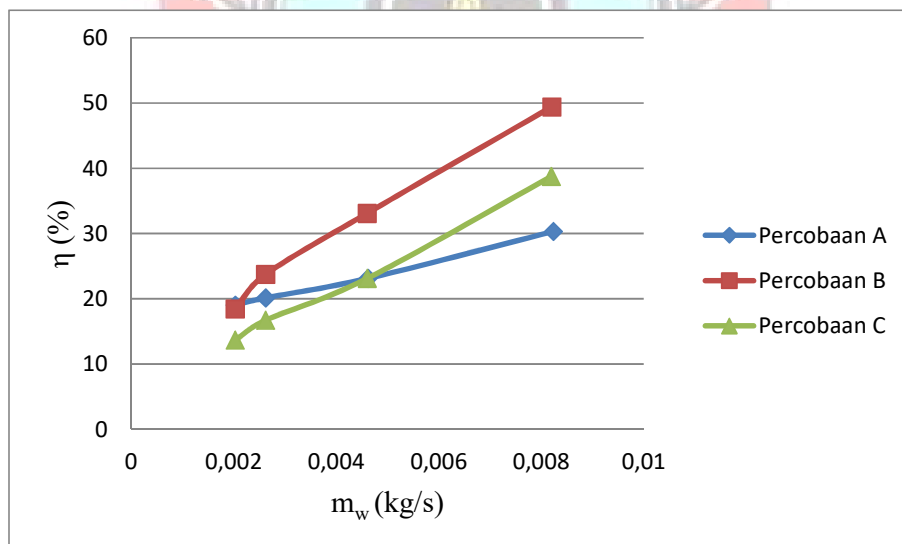
Gambar 8 Grafik antara m_w terhadap Q_u untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

Dari hasil analisa data pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch diperoleh pula hasil bahwa semakin besar laju aliran pada setiap bukaan katup maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan kolektor, hal ini dapat dilihat pada gambar 9. Efisiensi yang dihasilkan oleh kolektor rata-rata 16,93% untuk temperature fluida masuk 30°C , 28,07% untuk temperature fluida masuk 35°C dan 17,85% untuk temperature fluida masuk 40°C

Pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch diperoleh hubungan yang sama dengan diameter pipa $\frac{3}{8}$ inch yaitu semakin besar laju aliran pada setiap bukaan katup maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan kolektor, hal ini dapat dilihat pada gambar 10. Efisiensi yang dihasilkan oleh kolektor rata-rata 23,16% untuk temperature 30°C , 31,16% untuk temperature fluida masuk 35°C dan 23,06% untuk temperature fluida masuk 40°C .



Gambar 9 Grafik antara m_w terhadap η_c untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 10 Grafik antara m_w terhadap η_c untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch

Pada analisa data diperoleh hasil untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch nilai efisiensi maximum sebesar 43,19% dan efisiensi minimum sebesar 12,88% dengan efisiensi rata-rata 20,95%

Pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch diperoleh nilai efisiensi maximum sebesar 49,40% dan efisiensi minimum sebesar 13,67% dengan efisiensi rata-rata 25,79% .

Dari analisa data diperoleh bahwa kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch diperoleh efisiensi maximum sebesar 43,19% lebih kecil dibandingkan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch dengan efisiensi maximum sebesar 49,40%. Pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch efisiensi minimum diperoleh 12,88% lebih kecil dibandingkan dengan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch dengan efisiensi minimum diperoleh 13,67% begitu pula efisiensi rata-rata dimana kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch dengan efisiensi rata-rata sebesar 20,95% lebih kecil dibandingkan dengan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch dengan efisiensi rata-rata sebesar 25,79%

Dari seluruh pengujian diperoleh bahwa efisiensi kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch lebih besar dari pada kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch, hal ini disebabkan karena kolektor surya plat datar dengan diameter pipa ½ inch memiliki luas penampang penyerapan lebih besar dibandingkan dengan kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan dari tabel hasil analisa data dan pembahasan kami mendapatkan disimpulkan sebagai berikut:

- a. Nilai efisiensi rata-rata untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch diperoleh 20,95%, sedangkan untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch diperoleh 25,79%
- b. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa efisiensi (η) pipa absorber dengan diameter pipa 1/2 inch lebih besar dibandingkan pipa absorber dengan diameter pipa 3/8 inch.

2. Saran

- a. Perlu dilakukan pengujian untuk diameter pipa absorber yang lain
- b. Agar penelitian sebagai bahan perbandingan kolektor non konsentrasi dan kolektor konsentrasi

DAFTAR PUSTAKA

- Charter, William W.S. and Pryor, T.L. 1981. *Solar Energy and Introduction to the Principles and Applications*. Australia: Beatrice Publishing
- Duffie, John A. and Beckman, William A. 1980. *Solar Engineering of Thermal Process*. New York: John Wiley & Sons
- Hardi. 2005. *Redesain Kolektor Surya Pelat Datar Seri-Paralel Pada Laboratorium Teknik Konversi Energi*, Tugas Akhir Program Diploma Tiga. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Holman, J.P. 1887. *Perpindahan Kalor*. Diterjemahkan oleh E. Jasjfi. Jakarta Erlangga
- Howel, John R. 1982. *Solar Thermal Energy System Analysis and Design*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Jansen, Ted. J. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Diterjemahkan oleh Wiranto Arismunandar. Jakarta: PT: Pradnya Paramita.
- Maridjo. 1992. *Penuntun Praktikum Mesin-mesin Konversi Energi*. Bandung: PEDC
- Shukratme, S.P. 1984. *Solar Energy Principle of Thermal Collection and Storage*. New Delhi: Tata McGraw-Hill
- Streeter, L. Victor. 1995. *Mekanika fluida*. Diterjemahkan oleh E. Benjamin. Jakarta: Erlangga
- Wahyudin, 1994. *Evaluasi Performansi Sistem Pemanas Air Energi Surya Konveksi Paksa Seri Paralel Di Laboratorium Teknik Energi*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.



LAMPIRAN A

(Data-Data Hasil Pengamatan)

LAMPIRAN A1

Tabel 1. Hasil Pengamatan

Hari/ tanggal : Minggu, 1 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Bukaan Katub	T _{1in} (°C)	T _{2in} (°C)	T _{1out} (°C)	T _{2out} (°C)	G (W/m ²)	T _{ud} (°C)	t (det)	Vol (cc)	Waktu
A	I	30	30	58,8	71,2	926	35	48,62	100	11.14
				58,7	73,9	931				11.15
				57,6	70	931				11.16
	II	30	30	57,2	64,6	941	35	37,7	100	11.21
				55,4	64,2	936				11.22
				55,8	64,5	935				11.23
	III	30	30	47,8	52,4	939	35	21,49	100	11.28
				47,8	52,4	940				11.29
				46,5	52,8	939				11.30
	IV	30	30	41,1	46,2	929	35	12,07	100	11.35
				41,7	46,2	919				11.36
				41,9	46,4	919				11.37
B	I	35	35	72,7	73,1	864	35	48,62	100	12.45
				71	72,5	862				12.46
				70	70,6	859				12.47
	II	35	35	68	71,5	836	35	37,7	100	12.52
				69,5	71,1	837				12.53
				70,5	71,2	836				12.54
	III	35	35	60,4	62,8	830	35	21,49	100	12.59
				59,8	63,8	830				13.00
				58,7	64	830				13.01
	IV	35	35	57,7	59,4	826	35	12,07	100	13.20
				55,9	58,4	825				13.21
				53,8	58,6	825				13.22
C	I	40	40	63,8	65,6	819	35	48,62	100	13.34
				64,8	67,4	818				13.35
				65,9	66,1	818				13.36
	II	40	40	60,4	63,8	814	35	37,7	100	13.43
				61,1	64,8	814				13.44
				62,4	65,9	813				13.45
	III	40	40	54,8	62,1	810	35	21,49	100	14.03
				54,1	60,4	909				14.04
				54,6	60,7	908				14.05
	IV	40	40	54	59,7	807	35	12,07	100	14.10
				53,4	60,5	807				14.11
				52,5	54,6	807				12.12

Keterangan : 1 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 Inch

2 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 Inch

LAMPIRAN A2

Tabel 2. Hasil Pengamatan

Hari/ tanggal : Minggu, 2 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Bukaan Katub	T _{1in} (°C)	T _{2in} (°C)	T _{1out} (°C)	T _{2out} (°C)	G (W/m ²)	T _{ud} (°C)	t (det)	Vol (cc)	Waktu
A	I	30	30	64,5	66,5	834	32	48,62	100	10.04
				64,6	65,3	836				10.05
				64,5	64,2	840				10.06
	II	30	30	60,9	62,2	845	31	37,7	100	10.14
				58,7	61,5	847				10.15
				59,4	60,3	851				10.16
	III	30	30	54,8	56,8	868	31	21,49	100	10.29
				53,3	56,2	867				10.30
				52,1	54,5	868				10.31
	IV	30	30	43,7	44,9	885	33	12,07	100	10.40
				43,7	45,9	886				10.41
				43	44,8	888				10.42
B	I	35	35	60,4	61,5	907	33	48,62	100	10.53
				60,8	62,2	911				10.54
				61,5	61,8	915				10.55
	II	35	35	56,5	59,2	923	32	37,7	100	11.04
				55,3	57,2	925				11.05
				54,1	58	929				11.06
	III	35	35	50	55,2	938	32	21,49	100	11.11
				51,8	52,2	939				11.12
				52,7	52	940				11.13
	IV	35	35	49,5	51,5	947	32	12,07	100	11.20
				48,2	50,8	946				11.21
				48,4	52,2	950				11.22
C	I	40	40	64,8	65,6	950	32	48,62	100	11.36
				64,2	65	951				11.37
				65,6	66,9	952				11.38
	II	40	40	60	62,9	947	33	37,7	100	11.45
				61,9	63,2	947				11.46
				61,3	62	945				11.47
	III	40	40	57,2	60,8	937	32	21,49	100	11.50
				58,1	61	936				11.51
				59,1	59,5	936				11.52
	IV	40	40	54,3	55	929	34	12,07	100	11.57
				53,1	56,9	929				11.58
				54,9	56,2	926				11.59

Keterangan : 1 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 Inch
 2 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 Inch

LAMPIRAN A3

Tabel 3. Hasil Pengamatan

Hari/ tanggal : Minggu, 2 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Bukaan Katub	T _{1in} (°C)	T _{2in} (°C)	T _{1out} (°C)	T _{2out} (°C)	G (W/m ²)	T _{ud} (°C)	t (det)	Vol (cc)	Waktu
A	I	30	30	55,7	57,2	831	35	48,62	100	13.24
				56,2	59,7	830				13.25
				57,9	58,9	830				13.26
	II	30	30	53,3	56,5	828	31	37,7	100	13.28
				55,3	58,9	824				13.29
				53,2	57,9	823				13.30
	III	30	30	48,5	51,3	820	33	21,49	100	13.39
				48,8	50,1	821				13.40
				49,3	50,1	821				13.41
	IV	30	30	43	47	818	33	12,07	100	13.45
				43	48	818				13.46
				42,9	47,7	818				13.47
B	I	35	35	57,3	59,3	815	33	48,62	100	14.02
				58,2	60,7	814				14.03
				59,2	59,9	812				14.04
	II	35	35	55,9	57,3	805	33	37,7	100	14.11
				55,7	58,4	805				14.12
				56,2	58,1	803				14.13
	III	35	35	50,5	51,9	801	32	21,49	100	14.18
				50,2	52,1	800				14.19
				49,3	52,3	799				14.20
	IV	35	35	46,1	47,8	796	32	12,07	100	14.29
				46,1	48,9	796				14.30
				45,9	49,6	796				14.31
C	I	40	40	59,9	63,2	780	34	48,62	100	14.46
				60,2	61,9	780				14.47
				61,4	63,4	780				14.48
	II	40	40	57,3	59,5	779	35	37,7	100	15.04
				57,6	58,9	779				15.05
				56,3	58,9	778				15.06
	III	40	40	53,4	54,3	775	36	21,49	100	15.10
				52,3	55,1	775				15.11
				53,3	54,7	771				15.12
	IV	40	40	50,2	51,8	770	35	12,07	100	15.20
				51,2	52,2	768				15.21
				52,8	51,9	765				15.22

Keterangan : 1 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 Inch
 2 kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 Inch



LAMPIRAN B

(Data-Data Hasil Perhitungan)

LAMPIRAN B1

Tabel 4. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch

Hari/ tanggal : Minggu 1 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} ($^{\circ}$ C)	T_{fo} ($^{\circ}$ C)	T_{fr} ($^{\circ}$ C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{p_w} (J/kg $^{\circ}$ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w ($^{\circ}$ C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	58,37	44,18	990,54	4178,84	0,00204	2,06E-06	28,37	241,50	1858,67	12,99
	II	30	56,13	43,07	991,01	4178,61	0,00263	2,65E-06	26,13	287,05	1874,67	15,31
	III	30	47,37	38,68	992,77	4178,00	0,00462	4,65E-06	17,37	335,20	1878,67	17,84
	IV	30	41,57	35,78	993,82	4178,00	0,00823	8,29E-06	11,57	397,90	1844,67	21,57
B	I	35	71,23	53,12	986,57	4181,25	0,00203	2,06E-06	36,23	307,42	1708,00	18,00
	II	35	69,33	52,17	987,04	4180,87	0,00262	2,65E-06	34,33	375,82	1672,67	22,47
	III	35	59,63	47,32	989,23	4179,46	0,00460	4,65E-06	24,63	473,92	1657,33	28,60
	IV	35	55,80	45,40	990,03	4179,08	0,00820	8,29E-06	20,80	712,99	1650,67	43,19
C	I	40	64,83	52,42	986,92	4180,97	0,00203	2,06E-06	24,83	210,75	1636,67	12,88
	II	40	61,30	50,65	987,78	4180,26	0,00262	2,65E-06	21,30	233,29	1627,33	14,34
	III	40	54,50	47,25	989,26	4179,45	0,00460	4,65E-06	14,50	278,97	1751,33	15,93
	IV	40	53,30	46,65	989,51	4179,33	0,00820	8,29E-06	13,30	455,69	1614,00	28,23

LAMPIRAN B2**Tabel 5. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch****Hari/ tanggal : Minggu 1 November 2009****Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} ($^{\circ}$ C)	T_{fo} ($^{\circ}$ C)	T_{fr} ($^{\circ}$ C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{pw} (J/kg $^{\circ}$ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w ($^{\circ}$ C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	71,70	50,85	987,68	4180,34	0,00203	2,06E-06	41,70	354,12	1858,67	19,05
	II	30	64,43	47,22	989,27	4179,44	0,00262	2,65E-06	34,43	377,63	1874,67	20,14
	III	30	52,53	41,27	991,77	4178,25	0,00462	4,65E-06	22,53	434,50	1878,67	23,13
	IV	30	46,27	38,13	992,97	4178,00	0,00823	8,29E-06	16,27	559,11	1844,67	30,31
B	I	35	72,07	53,53	986,37	4181,41	0,00203	2,06E-06	37,07	314,44	1708,00	18,41
	II	35	71,27	53,13	986,56	4181,25	0,00262	2,65E-06	36,27	396,82	1672,67	23,72
	III	35	63,53	49,27	988,41	4179,85	0,00460	4,65E-06	28,53	548,55	1657,33	33,10
	IV	35	58,80	46,90	989,40	4179,38	0,00820	8,29E-06	23,80	815,37	1650,67	49,40
C	I	40	66,37	53,18	986,54	4181,27	0,00203	2,06E-06	26,37	223,70	1636,67	13,67
	II	40	64,83	52,42	986,92	4180,97	0,00262	2,65E-06	24,83	271,80	1627,33	16,70
	III	40	61,07	50,53	987,84	4180,21	0,00460	4,65E-06	21,07	404,80	1751,33	23,11
	IV	40	58,27	49,13	988,46	4179,83	0,00819	8,29E-06	18,27	625,28	1614,00	38,74

LAMPIRAN B3

Tabel 6. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch

Hari/ tanggal : Minggu 2 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} (°C)	T_{fo} (°C)	T_{fr} (°C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{p_w} (J/kg ⁰ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w (°C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	64,53	47,27	989,25	4179,45	0,00203	2,06E-06	34,53	293,66	1673,33	17,55
	II	30	59,67	44,83	990,27	4178,97	0,00263	2,65E-06	29,67	325,65	1695,33	19,21
	III	30	53,40	41,70	991,59	4178,34	0,00461	4,65E-06	23,40	451,14	1735,33	26,00
	IV	30	43,47	36,73	993,48	4178,00	0,00823	8,29E-06	13,47	463,10	1772,67	26,12
B	I	35	60,90	47,95	988,96	4179,59	0,00203	2,06E-06	25,90	220,19	1827,33	12,05
	II	35	55,30	45,15	990,14	4179,03	0,00263	2,65E-06	20,30	222,81	1851,33	12,03
	III	35	51,50	43,25	990,94	4178,65	0,00461	4,65E-06	16,50	317,93	1882,67	16,89
	IV	35	48,70	41,85	991,52	4178,37	0,00821	8,29E-06	13,70	470,24	1895,33	24,81
C	I	40	64,87	52,43	986,91	4180,97	0,00203	2,06E-06	24,87	211,04	1902,00	11,10
	II	40	61,07	50,53	987,84	4180,21	0,00262	2,65E-06	21,07	230,75	1892,67	12,19
	III	40	58,13	49,07	988,49	4179,81	0,00460	4,65E-06	18,13	348,64	1872,67	18,62
	IV	40	54,10	47,05	989,34	4179,41	0,00820	8,29E-06	14,10	483,03	1856,00	26,03

LAMPIRAN B4**Tabel 7. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch****Hari/ tanggal : Minggu 2 November 2009****Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} ($^{\circ}$ C)	T_{fo} ($^{\circ}$ C)	T_{fr} ($^{\circ}$ C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{pw} (J/kg $^{\circ}$ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w ($^{\circ}$ C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	65,33	47,67	989,08	4179,53	0,00203	2,06E-06	35,33	300,42	1673,33	17,95
	II	30	61,33	45,67	989,92	4179,13	0,00263	2,65E-06	31,33	343,84	1695,33	20,28
	III	30	55,83	42,92	991,08	4178,58	0,00461	4,65E-06	25,83	497,83	1735,33	28,69
	IV	30	45,20	37,60	993,16	4178,00	0,00823	8,29E-06	15,20	522,55	1772,67	29,48
B	I	35	61,83	48,42	988,77	4179,68	0,00203	2,06E-06	26,83	228,08	1827,33	12,48
	II	35	58,13	46,57	989,54	4179,31	0,00262	2,65E-06	23,13	253,77	1851,33	13,71
	III	35	53,13	44,07	990,59	4178,81	0,00461	4,65E-06	18,13	349,29	1882,67	18,55
	IV	35	51,50	43,25	990,94	4178,65	0,00821	8,29E-06	16,50	566,05	1895,33	29,87
C	I	40	65,83	52,92	986,67	4181,17	0,00203	2,06E-06	25,83	219,20	1902,00	11,52
	II	40	62,70	51,35	987,44	4180,54	0,00262	2,65E-06	22,70	248,56	1892,67	13,13
	III	40	60,43	50,22	987,99	4180,09	0,00460	4,65E-06	20,43	392,68	1872,67	20,97
	IV	40	56,03	48,02	988,93	4179,60	0,00819	8,29E-06	16,03	549,06	1856,00	29,58

LAMPIRAN B5

Tabel 8. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 3/8 inch

Hari/ tanggal : Minggu 2 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} (°C)	T_{fo} (°C)	T_{fr} (°C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{p_w} (J/kg ⁰ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w (°C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	56,60	43,30	990,91	4178,66	0,00204	2,06E-06	26,60	226,54	1660,67	13,64
	II	30	53,93	41,97	991,47	4178,39	0,00263	2,65E-06	23,93	263,00	1650,00	15,94
	III	30	48,87	39,43	992,50	4178,00	0,00462	4,65E-06	18,87	364,05	1641,33	22,18
	IV	30	42,97	36,48	993,57	4178,00	0,00823	8,29E-06	12,97	445,95	1636,00	27,26
B	I	35	58,23	46,62	989,52	4179,32	0,00204	2,06E-06	23,23	197,62	1622,67	12,18
	II	35	55,93	45,47	990,00	4179,09	0,00263	2,65E-06	20,93	229,73	1608,67	14,28
	III	35	50,00	42,50	991,25	4178,50	0,00461	4,65E-06	15,00	289,11	1598,00	18,09
	IV	35	46,03	40,52	992,08	4178,10	0,00822	8,29E-06	11,03	378,90	1592,00	23,80
C	I	40	60,50	50,25	987,98	4180,10	0,00203	2,06E-06	20,50	174,13	1560,00	11,16
	II	40	57,07	48,53	988,72	4179,71	0,00262	2,65E-06	17,07	187,08	1557,33	12,01
	III	40	53,00	46,50	989,57	4179,30	0,00460	4,65E-06	13,00	250,18	1547,33	16,17
	IV	40	51,40	45,70	989,91	4179,14	0,00820	8,29E-06	11,40	390,73	1535,33	25,45

LAMPIRAN B6

Tabel 9. Hasil Perhitungan untuk Kolektor Surya Plat Datar Dengan Diameter Pipa 1/2 inch

Hari/ tanggal : Minggu 2 November 2009

Lokasi Pengamatan : Lab. Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Percobaan	Posisi Bukaan katup	T_{fi} (°C)	T_{fo} (°C)	T_{fr} (°C)	ρ_w (kg/m ³)	C_{pw} (J/kg ⁰ K)	\dot{m} (kg/s)	Q_{fi} (m ³ /s)	ΔT_w (°C)	Q_u (Watt)	Q_s (Watt)	η_c (%)
A	I	30	58,60	44,30	990,49	4178,86	0,00204	2,06E-06	28,60	243,48	1660,67	14,66
	II	30	57,77	43,88	990,67	4178,78	0,00263	2,65E-06	27,77	304,90	1650,00	18,48
	III	30	50,50	40,25	992,20	4178,05	0,00462	4,65E-06	20,50	395,45	1641,33	24,09
	IV	30	47,57	38,78	992,74	4178,00	0,00822	8,29E-06	17,57	603,65	1636,00	36,90
B	I	35	59,97	47,48	989,16	4179,50	0,00203	2,06E-06	24,97	212,29	1622,67	13,08
	II	35	57,93	46,47	989,58	4179,29	0,00262	2,65E-06	22,93	251,58	1608,67	15,64
	III	35	52,10	43,55	990,81	4178,71	0,00461	4,65E-06	17,10	329,45	1598,00	20,62
	IV	35	48,77	41,88	991,51	4178,38	0,00821	8,29E-06	13,77	472,53	1592,00	29,68
C	I	40	62,83	51,42	987,41	4180,57	0,00203	2,06E-06	22,83	193,86	1560,00	12,43
	II	40	59,10	49,55	988,29	4179,91	0,00262	2,65E-06	19,10	209,29	1557,33	13,44
	III	40	54,70	47,35	989,21	4179,47	0,00460	4,65E-06	14,70	282,81	1547,33	18,28
	IV	40	51,97	45,98	989,79	4179,20	0,00820	8,29E-06	11,97	410,11	1535,33	26,71

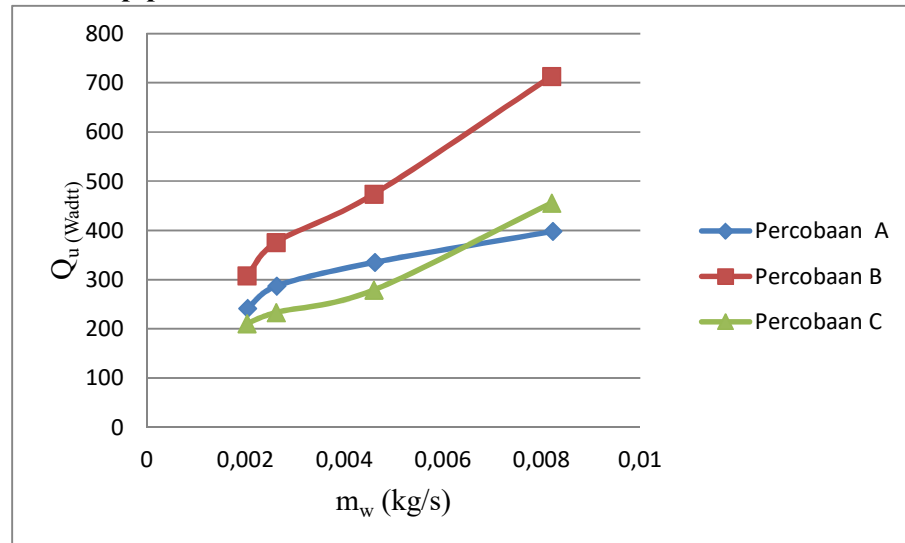
The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. It features a central gear with a yellow star on top, set against a red and white background. The gear is surrounded by a yellow banner at the top with the text "POLITEKNIK NEGERI" and another yellow banner at the bottom with the text "UJUNG PANDANG".

LAMPIRAN C

**(Grafik Karakter Daya Yang Diserap
Kolektor & Efisiensi)**

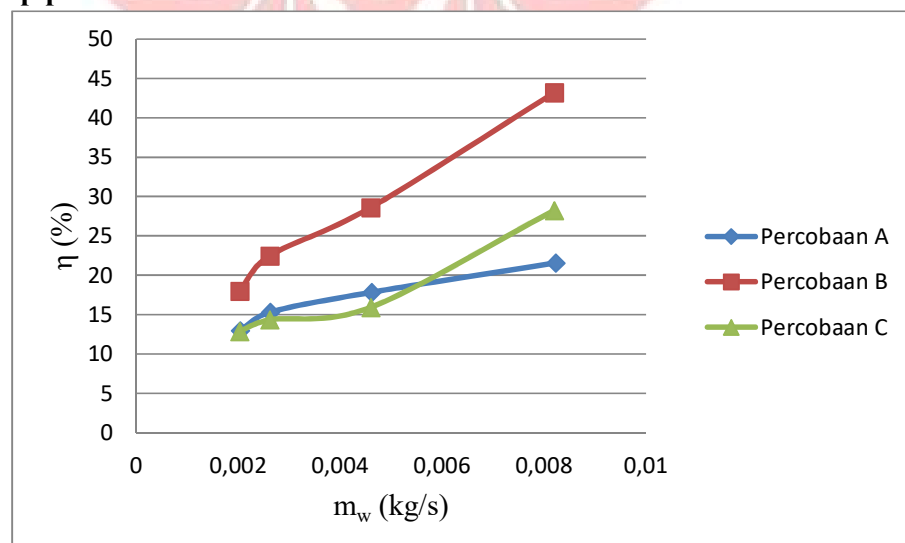
LAMPIRAN C1

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 1 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

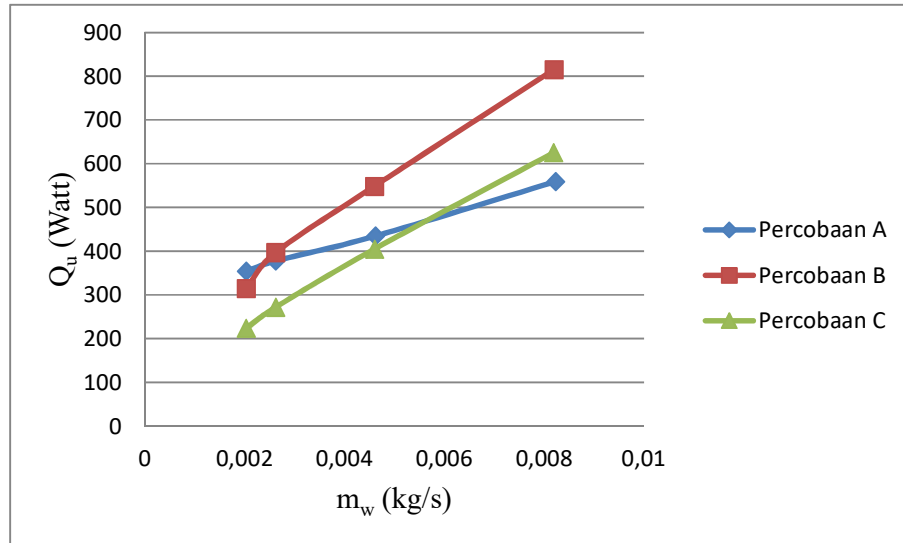
Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 2 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

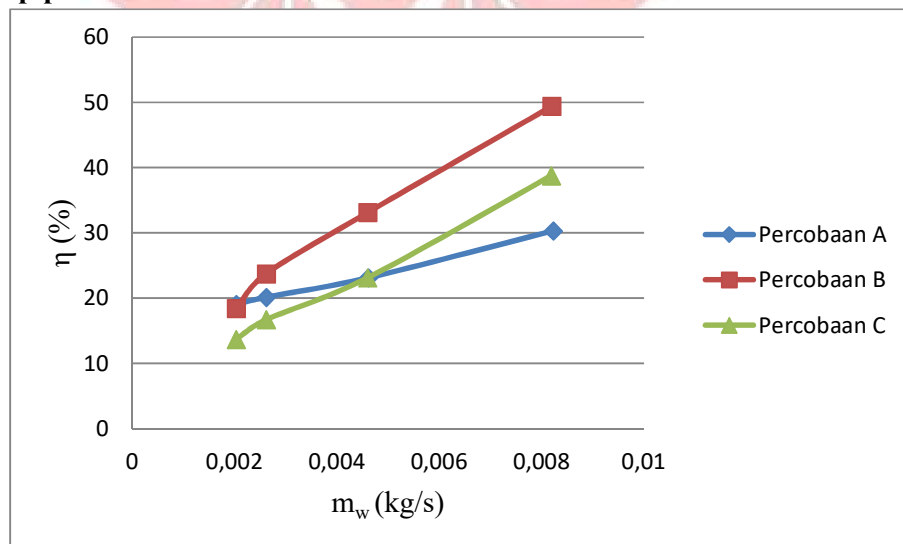
LAMPIRAN C2

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 3 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch

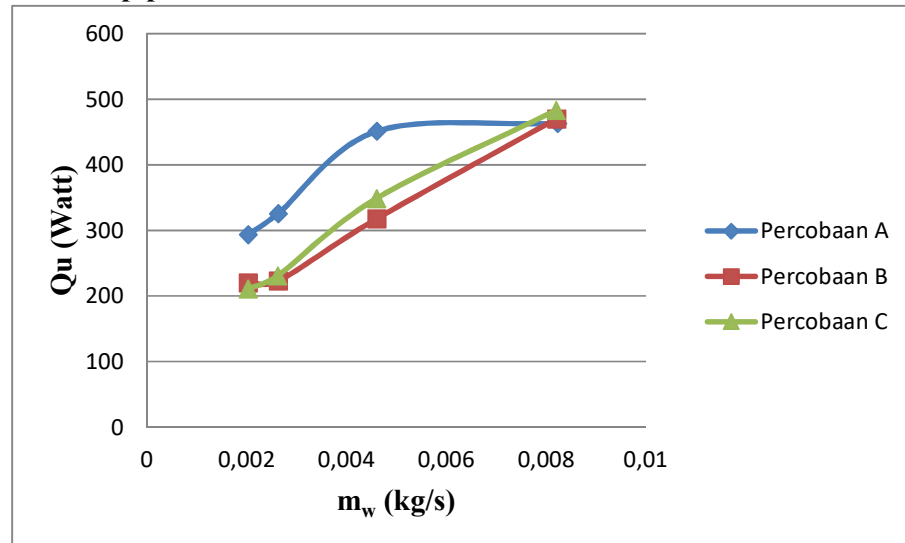
Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 4 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch

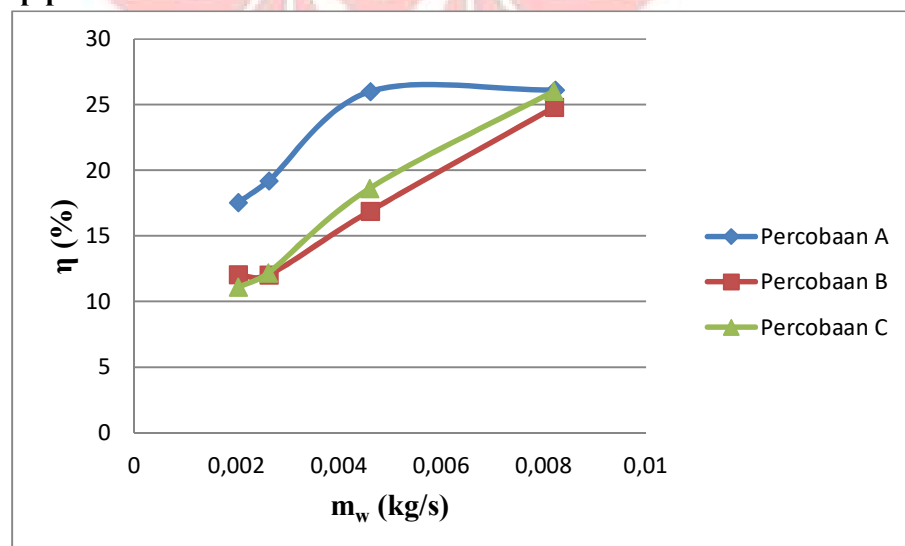
LAMPIRAN C3

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 5 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

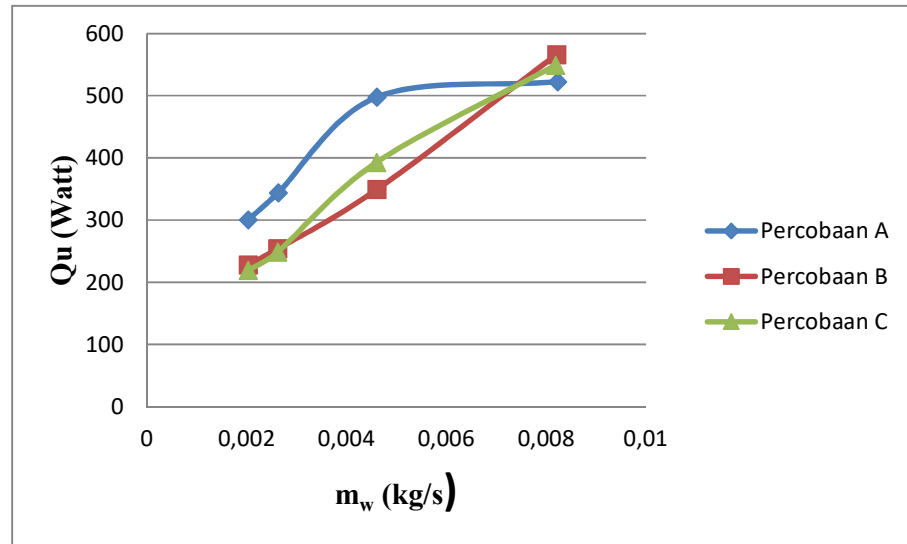
Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 6 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

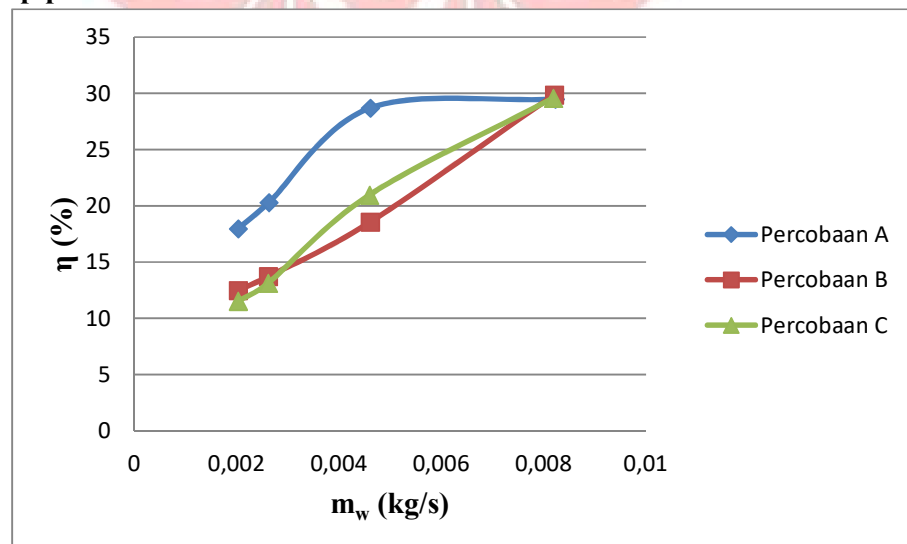
LAMPIRAN C4

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 7 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

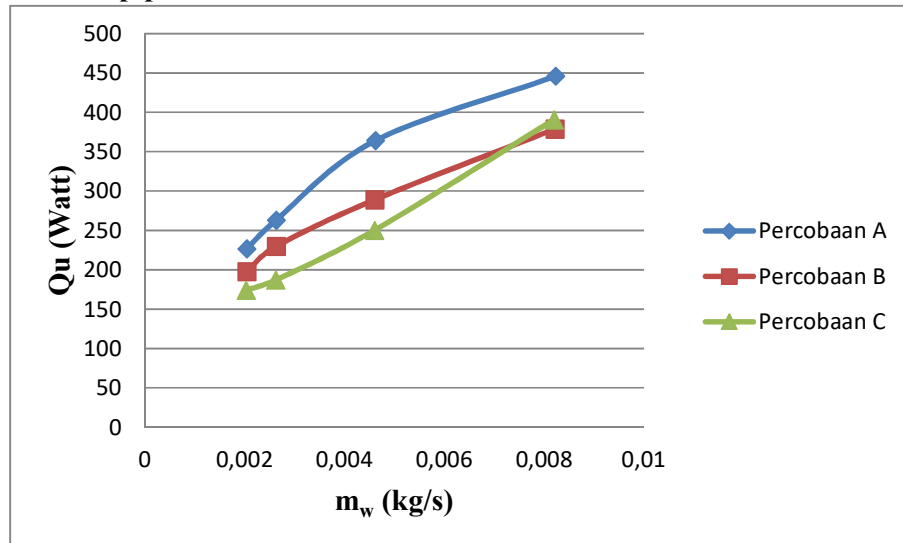
Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 8 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch

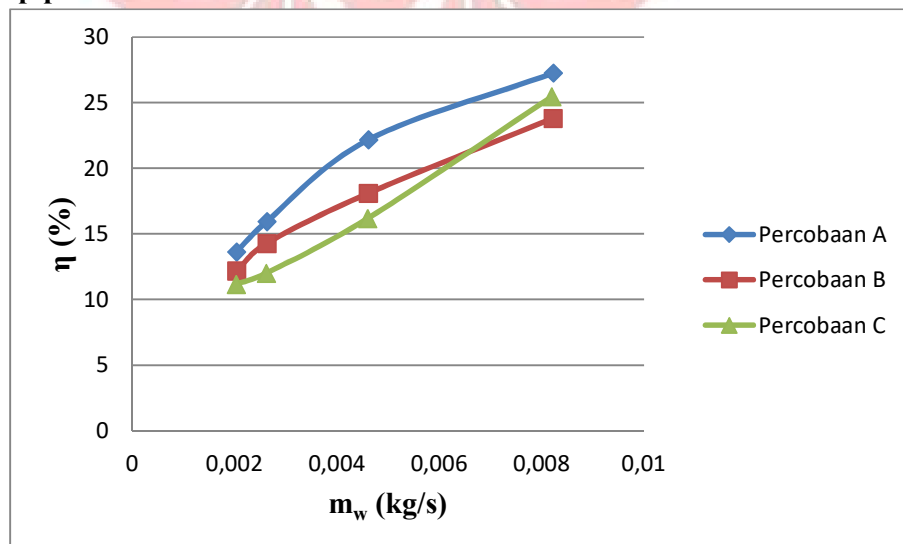
LAMPIRAN C5

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 9 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

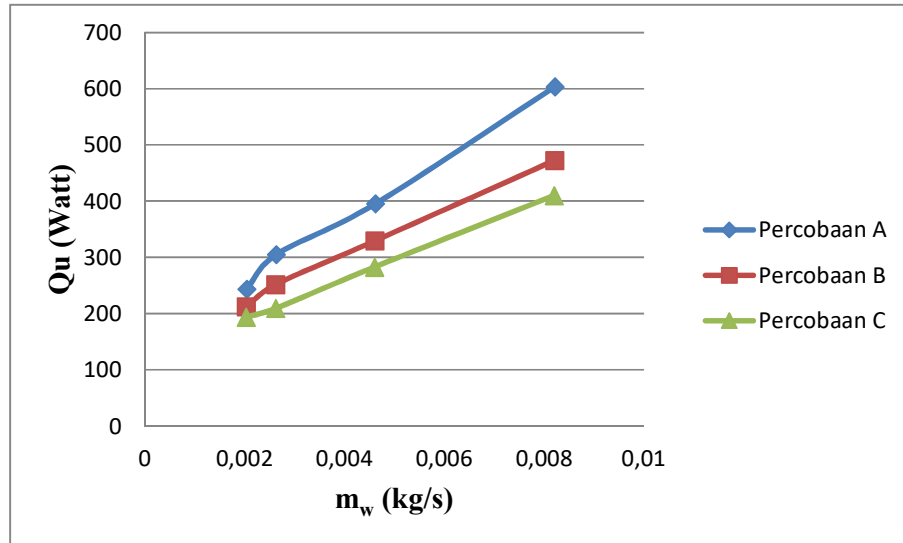
Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 3/8 inch



Gambar 10 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 3/8 inch

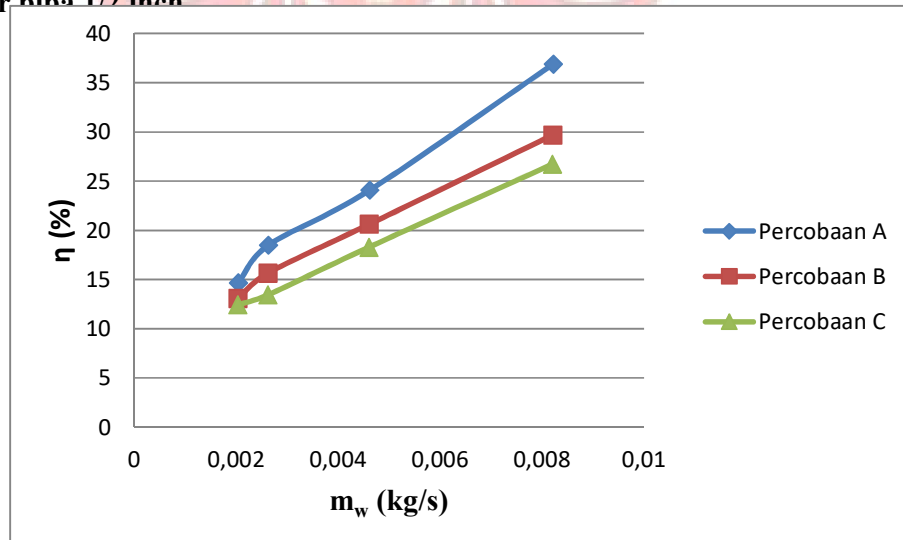
LAMPIRAN C6

Karakteristik daya yang diserap kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 11 Grafik antara Q_u terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch

Karakteristik efisiensi kolektor untuk kolektor surya plat datar dengan diameter pipa 1/2 inch



Gambar 12 Grafik antara η_c terhadap m_w untuk Kolektor Pemanasa Air Surya Plat Datar dengan diameter pipa 1/2 inch



LAMPIRAN D
(Sifat-Sifat Fisik Air Dalam Satuan SI)

LAMPIRAN D1

Tabel 10 Sifat-Sifat Fisik Air Dalam Satuan SI

No	T	ρ	Cp
	$^{\circ}\text{C}$	(kg/m^3)	($\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{K}$)
1	0	999.9	4,217
2	5	1,000.0	4,202
3	10	999.7	4,192
4	15	999.1	4,186
5	20	998.2	4,182
6	25	997.1	4,179
7	30	995.7	4,178
8	35	994.1	4,178
9	40	992.3	4,178
10	50	988.1	4,180
11	60	983.2	4,184
12	70	977.8	4,189
13	80	971.8	4,196
14	90	965.3	4,205
15	100	958.4	4,216

Sumber : *Mekanika Fluida, Streeter, 1995*)

LAMPIRAN E

(Foto-Foto Alat Dan Kegiatan Penelitian)





Foto 1. Termometer



Foto 2. Kolektor dengan Diameter Pipa 3/8 inch



Foto 3. Kolektor dengan Diameter Pipa ½ inch



Foto 4. Termometer