

# PEMANAS FLUIDA MENGGUNAKAN ENERGI MATAHARI DENGAN KOLEKTOR SEPERTIGA SILINDER PADA SISTEM KOMPOR *DUAL SYSTEM*

Tri Tjahjono

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Kampus UMS Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosuro 57102  
E-mail : tri\_tjahyono@ums.ac.id

## ABSTRAK

*Sebagian besar masyarakat Indonesia yang sehari-harinya menggunakan energi fosil, seperti minyak tanah, gas dan batubara, serta bahan bakar kayu. Dengan pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, hal ini dikawatirkan cadangan ketersediaan energi akan menipis dan bahkan habis sama sekali. Untuk mengantisipasi hal tersebut dicari energi alternatif yaitu energi matahari yang dianggap tidak pernah habis.*

*Pemanas ini menggunakan energi matahari, dengan kolektor sepertiga silinder yang merupakan bagian dari sistem kompor dual system. Hal ini adalah upaya pemanfaatan energi yang tersedia banyak dan murah serta pengembangan teknologi penangkapan energi cahaya matahari. Cahaya matahari yang dipancarkan akan dipantulkan oleh kolektor sepertiga silinder untuk memanaskan fluida yang ada dalam pipa pada kolektor. Fluida tersebut akan menyerap kalor yang akan diberikan pada kompor dual system. Pemberian energi pada kompor masih perlu proses peningkatan energi lebih lanjut sebelum masuk kompor. Untuk air dapat memberikan energi dengan melepaskan kalor dari uap air panas lanjut, sedangkan pada udara-panas dengan memberikan kalor dengan melepas kalor yang dikandungnya atau secara bersama-sama dalam proses pembakaran bio gas atau gas alam (LPG). Untuk minyak solar dapat memberikan kalornya dengan proses pembakaran dari uap panas minyak solar tersebut.*

*Hasilnya menunjukkan bahwa penangkapan energi matahari yang tinggi pada saat kisaran jam 11.00 sampai jam 14.30 WIB. Pada pemanasan fluida air, udara dan minyak solar ternyata penyerapan energi yang paling tinggi dihasilkan oleh pemanasan air sebesar 381, 345 kJ. Hal ini menunjukkan bahwa air merupakan media penyerap kalor yang baik demikian pula pelepasannya.*

**Kata kunci:** *Penyerapan, Energi, Fluida.*

## PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia yang sehari-harinya menggunakan energi fosil, seperti minyak tanah, gas dan batubara, serta bahan bakar kayu. Energi tersebut akan dibutuhkan dalam jumlah yang besar seiring dengan penambahan jumlah pen-

duduk Indonesia. Hal ini rawan sekali terhadap kerusakan lingkungan yang hebat apabila terjadi kekurangan pasokan bahan bakar oleh pemerintah atau agen penyalur dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat. Semua masyarakat akan melakukan penebangan pepohonan secara seretak apabila terjadi krisis energi. Karena mereka

sudah mengenal energi dari bahan bakar kayu yang sangat mudah didapatkan di lingkungan mereka masing-masing. Kayu dari hasil penebangan di lingkungan mereka akan digunakan untuk masak-memasak yang merupakan kebutuhan sehari-hari mereka. Apabila hal ini dilakukan hampir semua penduduk Indonesia, maka ekosistem akan cepat rusak dalam waktu singkat. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka diperlukan usaha pembuatan alat penyedia energi untuk kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat Indonesia.

Pembuatan alat energi surya sudah ada di masyarakat, namun masih belum ada tindak lanjut dan penyempurnaan lebih lanjut serta belum banyak disosialisasikan. Untuk penyempurnaan alat pemanas matahari diperlukan beberapa kali perbaikan sesuai dengan kebutuhan dan kendala yang terjadi pada penerapan di lapangan.

Pada saat ini masyarakat dunia cenderung untuk dapat memanfaatkan energi matahari seiring dengan terbatasnya cadangan energi minyak bumi yang mulai habis. Semakin meningkatnya harga bahan bakar minyak sebagai kebutuhan hidup, maka hal ini merupakan alasan untuk mencari sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan. Sumber energi matahari merupakan sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan dimana ketersediaannya melimpah dan merupakan sumber energi alam yang tidak mencemari lingkungan.

Pada pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi sangat tergantung sekali dengan penggunaan energi. Hal ini akan sangat lambat apabila energi sangat langka dan menjadi mahal. Masalah tersebut tinggal menunggu waktunya jika sumber energi nanti habis dan tidak segera ada upaya pengalihan penggunaan energi lain. Untuk itulah perlu dicari suatu penyelesaian dan dicari sumber energi alternatif lain yang tidak akan habis dan dapat dimanfaatkan secara luas.

## LANDASAN TEORI

### 1. Energi Matahari

Sumber energi Matahari berjumlah besar dan bersifat kontinyu ketersediaannya bagi umat manusia. Energi matahari merupakan energi gelombang elektromagnetik yang

dipancarkan oleh matahari. Energi ini termasuk energi alternatif yang memiliki keunggulan yang menyebabkan energi ini banyak diminati, misalnya energi ini bebas polutan dan tersedia di alam bebas dalam jumlah yang sangat besar dan terdapat di hampir seluruh penjuru dunia. Energi matahari merupakan energi yang dianggap tidak dapat habis, dapat dipercaya memberikan kehidupan, dan diperoleh secara cuma-cuma.

### 2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi penerimaan Radiasi Matahari di Bumi

Posisi Matahari sepanjang bumi mengelilingi matahari pada suatu lintasan yang berbentuk elips, yang biasanya disebut bidang "Ekliptika". Bidang ini membentuk sudut  $23,45^\circ$  terhadap bidang equator. Akibat adanya sudut tersebut, maka Matahari bergeser dan berada dibelahan bumi bagian utara setengah tahun (6 bulan) dan dibelahan bumi selatan setengah tahun (6 bulan).

Lokasi dan kemiringan permukaan menentukan besarnya sudut datang radiasi pada permukaan tersebut. Hubungan geometrik antara sebuah permukaan dengan radiasi yang datang dinyatakan dalam beberapa sudut.

Jumlah radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi dipengaruhi oleh faktor emisivitas yaitu zat-zat yang terkandung dalam atmosfer. Pada atmosfer radiasi surya diserap oleh unsur-unsur ozon, uap air dan karbondioksida. Disamping, radiasi surya juga dihamburkan oleh partikel-partikel seperti udara, uap air dan debu.

Pada kenyataannya radiasi surya sering dihalangi oleh bermacam-macam bentuk awan. Berbagai bentuk awan mempunyai koefisien emisivitas tersendiri. Jadi untuk meramalkan radiasi matahari di Bumi perlu diketahui pula bentuk awan dan ketebalannya.

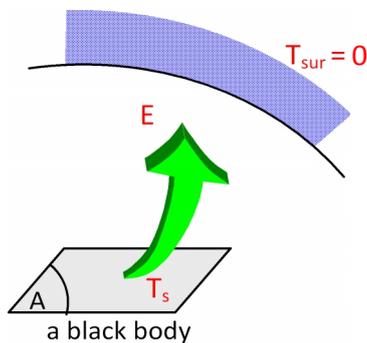
### 3. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah perpindahan energi yang terjadi karena adanya

perbedaan suhu diantara dua benda atau material. Perpindahan kalor pada umumnya terdiri dari perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi.

a. Perpindahan kalor secara radiasi

Pada proses perpindahan kalor radiasi, sistemnya berbeda dengan mekanisme konduksi dan konveksi dimana perpindahan kalor terjadi melalui bahan perantara, tetapi pada proses perpindahan kalor radiasi panas dapat berpindah melalui ruang-ruang hampa dimana kalor berbentuk sinar atau radiasi gelombang elektro-magnetik.



**Gambar 1 Perpindahan Kalor Radiasi**

Rumus yang digunakan :

$$q_r = \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \quad (1)$$

di mana :

- $q_r$  = Perpindahan kalor radiasi (Watt)
- $\sigma$  = Konstanta Stefan-boltzman  
=  $(5,669 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$
- $A$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ )
- $T_s$  = Temperatur absolut benda yang dikenai radiasi ( $^\circ\text{K}$ )

Untuk memperhitungkan sifat permukaan yang kelabu, ditampilkan lagi suatu fakta lain pada persamaan diatas, yang disebut emisivitas ( $\epsilon$ ), yang meghubungkan sinar dari permukaan kelabu dengan permukaan yang hitam sempurna. Perlu diketahui bahwa radiasi dari suatu permukaan tidak seluruhnya sampai ke permukaan lain karena radiasi elektromagnetik berjalan menurut

garis lurus dan sebagian hilang ke lingkungan. Untuk menghitung situasi seperti itu diberikan persamaan :

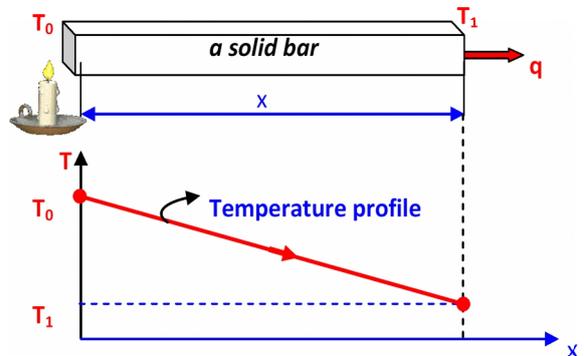
$$q = F_\epsilon \cdot F_G \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (2)$$

di mana :

- $F_\epsilon$  = Faktor emisivitas
- $F_G$  = "Faktor Pandangan" (*View Factor*)  
*geo-metric*

b. Perpindahan kalor secara konduksi (*conduction*)

Perpindahan kalor secara konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur sehingga kalor berpindah dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam perpindahan kalor secara konduksi, perpindahan energi ini terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar.



**Gambar 2. Konduksi kalor Pada batang**

Hukum Fourier:

$$q = -k \cdot A \frac{\Delta t}{\Delta x} \dots \dots \dots (3)$$

di mana :

- $q$  = laju perpindahan kalor konduksi (W)
- $A$  = luas penampang (m)
- $k$  = Konduktivitas thermal  $\left( \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right)$

$\Delta t$  = beda suhu pada penampang ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta x$  = tebal penampang (m)

c. Perpindahan kalor secara konveksi (*convection*)

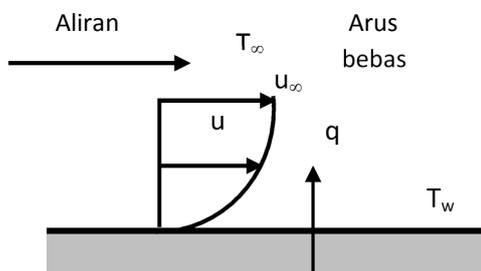
Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Pada perpindahan kalor konveksi dibedakan menjadi :

1. Konveksi paksa

Perpindahan kalor yang terjadi karena gerakan fluida perantara yang diantaranya disebabkan oleh faktor luar/peralatan dari luar seperti kipas angin dan lain-lain.

2. Konveksi bebas/alamiah

Perpindahan kalor karena adanya gerakan fluida yang bergerak akibat adanya perbedaan suhu atau perbedaan berat jenis fluida.



**Gambar 3. Perpindahan Kalor Konveksi dari Suatu Plat**

Dalam perhitungan perpindahan kalor secara konveksi, digunakan Hukum Newton tentang pendinginan :<sup>(1)</sup>

$$q_c = \bar{h}_c \cdot A (T_w - T_{\infty}) \dots\dots\dots(4)$$

di mana :

$q_c$  = laju perpindahan kalor konveksi (W)

$\bar{h}_c$  = koefisien perpindahan kalor konveksi

A = luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

$T_w$  = Temperatur permukaan ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_{\infty}$  = Temperatur fluida ( $^{\circ}\text{K}$ )

Harga angka  $h$  bergantung pada pilihan suhu acuan. Untuk aliran melewati permukaan datar, suhu fluida yang jauh dari sumber panas pada umumnya konstan dan merupakan pilihan sebagai suhu acuan. Dalam perpindahan kalor ke atau dari fluida yang mengalir dalam saluran, suhu fluida tidak seragam tetapi berubah-ubah sepanjang arah aliran massa maupun dalam arah aliran panas. Pada penampang tertentu di saluran tersebut, suhu fluida di tengah-tengah kiranya dapat dipilih sebagai suhu acuan. Namun dalam praktek, suhu ditengah-tengah tersebut sulit diukur. Maka dari itu dipergunakan suhu curahan rata-rata (*average bulk temperature*)  $T_b$  sebagai suhu fluida acuan.

Penggunaan suhu curahan fluida sebagai suhu acuan memungkinkan untuk menuliskan keseimbangan panas secara mudah, karena dalam keadaan *steady* (mantab) perbedaan antara suhu curahan rata-rata pada dua penampang suatu saluran merupakan tolak ukur laju perpindahan panas, atau :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T_b \dots\dots\dots (5)$$

di mana :

$\dot{q}$  = laju perpindahan kalor ke fluida, dalam (Btu/h).

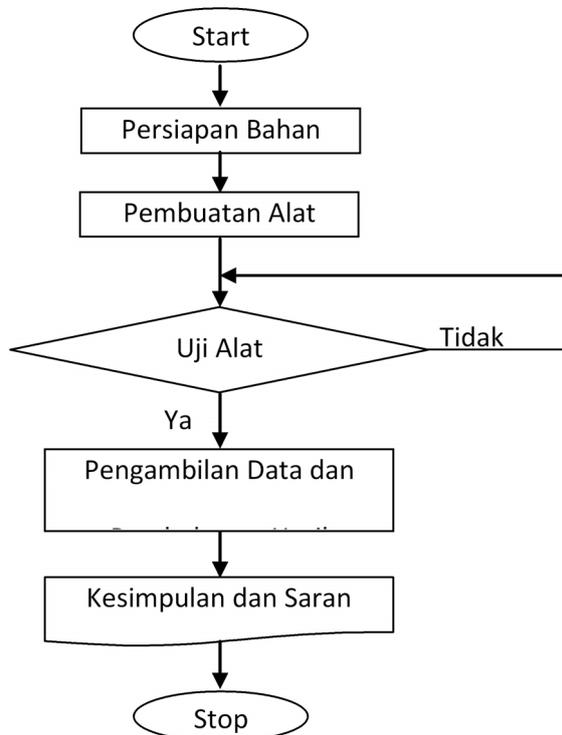
$\dot{m}$  = laju aliran ( $\text{lb}_m/\text{h}$ )

$c_p$  = kalor jenis pada tekanan konstan ( $\text{Btu}/\text{lb}_m \text{ } ^{\circ}\text{F}$ ).

$\Delta T_b$  = beda suhu curahan yang bersangkutan ( $^{\circ}\text{F}$ )

## METODE PENELITIAN

### 1. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 4. Diagram Alir Penelitian**

### 2. Alat Penelitian

Untuk mendukung pengujian, dipergunakan alat-alat yang membantu dalam pengambilan data, yaitu:

- Alat kolektor energi surya sepertiga silinder.



**Gambar 5. Kolektor energi surya sepertiga silinder**

- Stopwatch*



**Gambar 6. Stopwatch**

- Thermometer skala 0÷100 °C dan 0÷200 °C



Skala: 0 ÷ 100 °C

Skala: 0 ÷ 200 °C

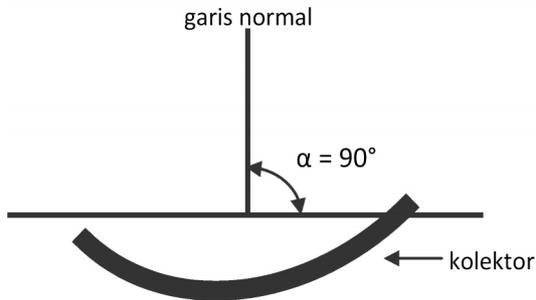
**Gambar 7. Thermometer**

### 3. Prosedur Percobaan

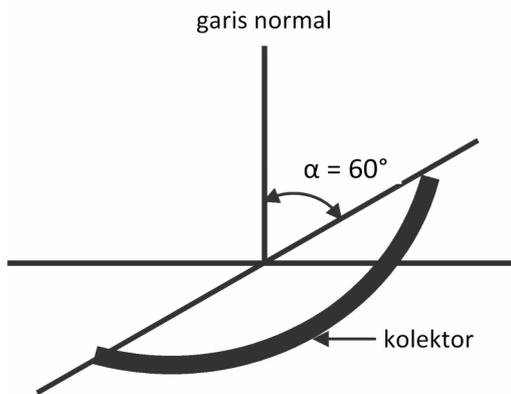
Percobaan dilakukan tiga kali dalam setiap variasi dalam kemiringan sudut kolektor.

- Percobaan I, pipa penyerap kalor berisi air dengan sudut 90° dan 60° terhadap garis vertikal.
- Percobaan II, pipa penyerap kalor berisi udara dengan sudut 90° dan 60° terhadap garis vertikal.
- Percobaan III, pipa penyerap kalor berisi minyak solar dengan sudut 90° dan 60° terhadap garis vertikal.

Percobaan dengan mengambil variasi isian pipa dan sudut kemiringan kolektor bertujuan untuk mencari potensi yang terbaik untuk perolehan energi dan kemungkinan yang dapat diaplikasikan.



**Gambar 8. Peletakan Kolektor Pada Sudut 90° terhadap Garis Vertikal**

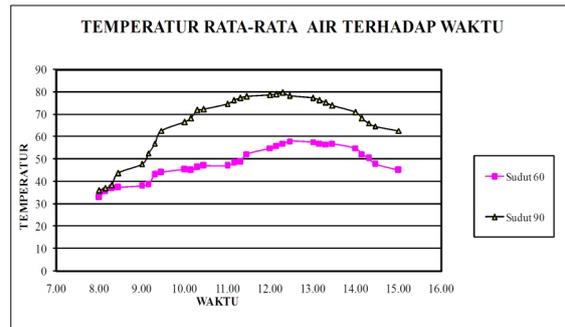


**Gambar 9. Peletakan Kolektor Pada Sudut 60° Terhadap Garis Vertikal**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada posisi sudut 90° terhadap bidang frontal kolektor menghasilkan pemanasan yang paling tinggi, hal ini disebabkan oleh luas bidang yang disinari oleh matahari lebih besar dibandingkan dengan posisi sudut 60°.

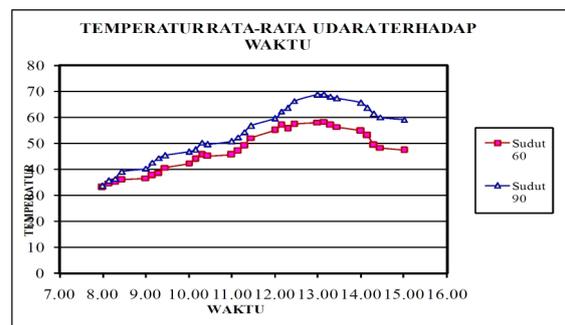
Pada waktu antara jam 08.00 sampai jam 10.00 dan jam 14.30 sampai 15.00 terdapat intensitas cahaya yang relatif rendah, sehingga temperatur air yang dihasilkan tidak tinggi.



**Gambar 10. Temperatur rata-rata air dalam sehari**

Hal ini disebabkan karena adanya embun atau uap air dan debu atau gas-gas yang akan menghambat pencahayaan matahari menuju reflektor.

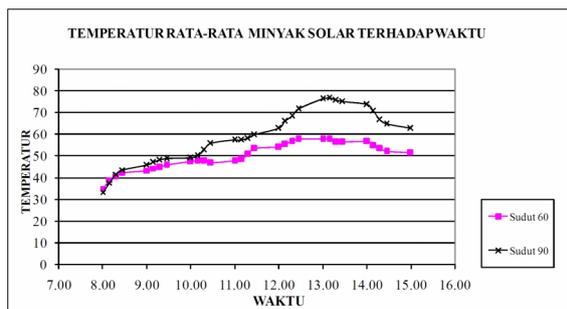
Pada peningkatan temperatur pada fluida udara dibawah 70°, ini merupakan peningkatan paling rendah diantara fluida air dan minyak solar. Hal ini terjadi karena massa udara yang menepati pipa pemanas paling kecil, sehingga dalam penyerapan kalor pada udara juga kecil.



**Gambar 11. Temperatur rata-rata udara dalam sehari**

Peningkatan temperatur yang menonjol pada udara terjadi keterlambatan dibanding air dan minyak solar yaitu antar jam 11.00 sampai jam 14.30. Hal ini disebabkan karena kemampuan penyerapan kalor oleh udara sangat kecil.

Peningkatan temperatur yang mencolok pada fluida solar terjadi antara jam 12.00 sampai jam 14.30, hal ini terjadi karena kemampuan penyerapan kalor relatif rendah dibandingkan dengan air dan juga peruan fasa relatif cepat.



**Gambar 12. Temperatur rata-rata minyak solar dalam sehari**

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa energi yang diserap oleh air merupakan yang terbesar diantara fluida udara dan minyak solar. Hal ini disebabkan oleh besarnya masa air yang menepati pipa pemanas dan kemampuan air menyerap kalor lebih tinggi.

Dengan melihat nilai kalor ekstrem pada fluida air, udara dan minyak solar, yang paling cocok untuk pemindahan kalor adalah air dengan nilai maksimum sebesar 381,34 kJ pada posisi sudut 90°. Sedangkan nilai minimum yang paling kecil adalah udara dengan nilai 0,01 kJ pada posisi 90°, ini artinya udara cocok untuk hal-hal yang berkaitan dengan isolasi kalor.

**Tabel 1. Nilai kalor eksterim**

No	Fluida	Posisi	Jam WIB	Nilai	Kalor KJ
				Extrem	
1	AIR	Sudut 60	12:30:00	Max	211.51
			13:45:00	Min	33.40
		Sudut 90	08:00:00	Max	381.34
			08:00:00	Min	58.45
2	UDARA	Sudut 60	13:15:00	Max	0.06
			08:00:00	Min	0.01
		Sudut 90	14:00:00	Max	0.08
			08:00:00	Min	0.01
3	MINYAK SOLAR	Sudut 60	13:00:00	Max	83.39
			08:00:00	Min	20.28
		Sudut 90	13:15:00	Max	146.50
			08:00:00	Min	14.64

### KESIMPULAN

1. Nilai kalor tertinggi yang dapat dihasilkan oleh unit kolektor sepertiga silinder pada pemanasan air dengan sudut 90° terhadap bidang frontal kolektor sebesar 381,345 kJ.
2. Posisi peletakan pipa air penyerap yang menghasilkan kalor maksimum pada posisi kolektor membentuk sudut 90° untuk semua fluida isian pipa .
3. Posisi peletakan terbaik dari kolektor sepertiga silinder untuk penangkapan sinar matahari dengan membentuk sudut 90° terhadap bidang frontal kolektor.

### DAFTAR PUSTAKA

Akvia, A.N., 2006, *“Analisis Termal Kolektor Surya Pemanas Air Jenis Plat Datar Dengan Pipa Bentuk Plat”*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Friedlander., Michael W., 1985, *Astronomi : From Stonehenge To Quasars*, Prentice-Hall Inc, New Jersey.

Giancoli, Douglas C, 1998. *“Fisika”* Edisi kelima, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Holman, J.P., 1993, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.

Jansen, Ted J, 2004. *“Teknologi Rekayasa Surya”*, terjemahan oleh Wiranto Arismunandar, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Jr Culp, A. W, 1991. *“Prinsip-prinsip Konversi Energi”*, terjemahan Darwin Sitompul, Erlangga, Jakarta.

- Kadir, Abdul, 1995. “*Energi*”, Universitas Indonesia ( UI–Press ), Jakarta.
- Kreider, J.F. dan Kreith, Frank, 1982. *Solar Heating and Cooling*, Hemisphere Publishing Coporation, Washington.
- Kreith, Frank. 1997, “*Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*”, Erlangga, Jakarta.
- Kristanto. P, 2000, “*Analisis Termal Kolektor Surya Pemanas Air Jenis Plat Datar Dengan Pipa Bersusun*”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Stocker, W. F., 1994, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta.
- Szokolay, S.V., 1977, *Solar Energy and Building*, 2<sup>nd</sup> edition, Halsted Press Division John Wiley & Sons, New York.
- Triatmojo. B, 1993, “*Hidrolika II*”, Beta Offset, Yogyakarta.
- <http://pikiran-rakyat.com/cetak/0104/08/cakrawala/lainos.htm>
- <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/mech01-02-99-4baruphpkaca1dan2.htm>
- [http://www.e-dukasi.net/modul\\_online/MO\\_89/kb3.htm](http://www.e-dukasi.net/modul_online/MO_89/kb3.htm).
- <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/articles.php?PublishedID=MES99010204>