

## **Unjuk Kerja Kolektor Surya Parabolitik Silindris Menggunakan Simulator Surya dengan Variasi Kecepatan Udara Masuk**

**Amrizal**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jln.Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145  
Telp: 07217479221, Fax: 072174509, e-mail:kajur502@unila.ac.id; amrizals@yahoo.com

### **Abstrak**

*Energi matahari dapat digunakan dengan cara mengkonversikan radiasi cahaya matahari menjadi panas dengan mempergunakan kolektor surya. Secara umum komponen penyusun kolektor surya parabolik silindris terdiri dari sistem pengumpul sinar radiasi matahari dengan konsentrator dan sistem pengaliran fluida yang berfungsi sebagai media transfer panas. Radiasi termal yang datang akan dikonsentrasikan menuju receiver dan diserap oleh absorber selanjutnya dikonversi menjadi panas. Panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam pipa absorber dan sebagian kecil dipantulkan kembali ke lingkungan*

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja kolektor surya yang didefinisikan sebagai perbandingan antara energi panas yang mampu dipindahkan oleh kolektor surya ke media fluida dengan kuantitas energi radiasi cahaya matahari yang diterimanya. Untuk menjaga kesebandingan variabel komparatif, maka pengujian kolektor surya dilakukan di dalam laboratorium dengan menggunakan simulator surya yang terdiri dari 8 buah lampu halogen yang mampu menghasilkan intensitas radiasi sesuai dengan rata-rata radiasi sinaran matahari di daerah tropis dengan intensitas radiasi tahunan rata-rata 500-700 W/m<sup>2</sup> (Othman 1989).*

*Hasil penelitian melalui pemodelan ini menghasilkan unjuk kerja dengan peningkatan efisiensi sebesar 15% dari ( 6,7-21,7%) yang diperoleh dalam range kecepatan udara masuk absorber 0,5-4 m/s. Sedangkan peningkatan pressure drop yang terjadi adalah 12,53 N/m<sup>2</sup>.*

*Kata kunci: kolektor surya, variasi kecepatan, parabolik silindris, konsentrator.*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring pesatnya kemajuan teknologi. Sumber energi yang banyak dipakai hingga saat ini adalah sumber energi yang dapat habis dan tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi. Keberadaan sumber energi tak terbaharui ini sangat terbatas, karena proses pembentukannya memerlukan waktu sangat panjang hingga mencapai jutaan tahun. [Sukatma dan Messmer, 1999]

Karena kebutuhan energi terus meningkat, maka usaha manusia untuk mengeksploitasi sumber energi di atas turut meningkat. Mengingat terbatasnya persediaan sumber energi tersebut, maka mulai dicari sumber energi lain, yaitu sumber energi terbaharui yang dapat digunakan tanpa batas waktu dan tidak akan pernah habis karena dapat dipulihkan dalam waktu relatif singkat, seperti tenaga air (karena terjadinya siklus air) atau panas bumi dan sinar matahari langsung. [Sukatma dan Messmer, 1999]

Salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan adalah energi matahari, karena selain ramah lingkungan sumber energi ini juga memiliki pasokan yang tidak terbatas atau dapat diperbarui.

Matahari mampu memancarkan energi hampir secara merata sepanjang orbit bumi serta dapat mensuplai kebutuhan energi dunia dalam jangka panjang. Dari sejumlah energi yang dipancarkan, sebagian besar akan diteruskan sampai ke permukaan bumi, sebagian diabsorpsi oleh atmosfer bumi, dan sebagian lagi dipantulkan kembali oleh awan.

Indonesia yang terletak di daerah tropis merupakan suatu keuntungan yang cukup besar dengan adanya cakupan sinar matahari secara berkesinambungan sepanjang tahun. Hal ini dapat memberikan suatu sumber energi yang cukup banyak apabila dimanfaatkan dengan baik, khususnya energi termal yang dipancarkan oleh cahaya matahari tersebut.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang karakteristik pengumpulan radiasi matahari dengan menggunakan pemodelan melalui simulator surya terhadap kolektor surya parabolik silendris.

### B. Tujuan Penelitian

Mengetahui unjuk kerja kolektor surya jenis parabolik silindris menggunakan simulator surya dengan variasi kecepatan aliran udara masuk pada absorber. Unjuk kerja ditunjukkan oleh efisiensi termal dan pressure drop yang terjadi.

### C. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian radiasi matahari ini diperlukan data-data yang tepat dan lengkap untuk mendapatkan unjuk kerja alat yang baik. Data-data ini dapat diperoleh jika kecenderungan karakteristik intensitas radiasi matahari relatif konstan setiap hari. Hal ini sangat sulit diperoleh ketika intensitas radiasi matahari berubah-ubah dan memiliki kecenderungan yang tidak sama. Jika dilakukan pengujian secara langsung terhadap radiasi matahari hingga diperoleh data yang *identik*, tentu perlu dilakukan pengujian yang berulang-ulang. Tentunya hal ini memerlukan jumlah hari yang lebih banyak. Atau dapat juga dilakukan melalui *penggunaan banyak kolektor secara bersamaan* dalam pengujian, akan tetapi dengan menggunakan jumlah kolektor yang banyak tentu akan meningkatkan biaya alat uji.

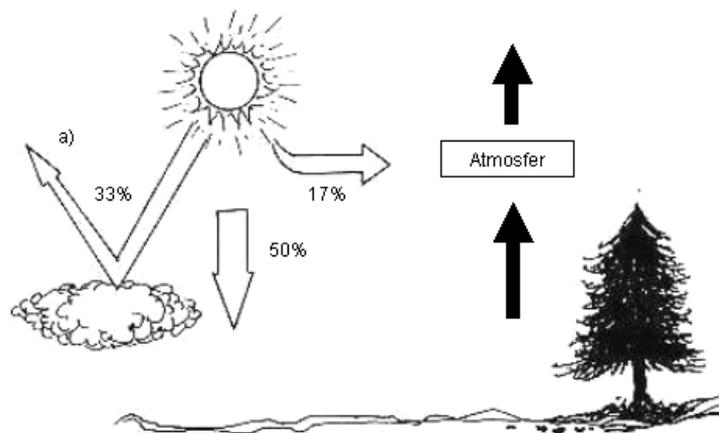
Hal ini dapat diatasi melalui **simulator surya** dimana intensitas radiasi rata-rata yang relatif konstan dapat diperoleh melalui pemodelan radiasi dengan lampu yang bertindak sebagai simulator surya. Dengan menggunakan simulator ini tentu tidak memerlukan banyak waktu dan dapat dilakukan kapan saja.

Dari karakteristik data kecepatan udara masuk yang diperoleh akan dapat dijadikan acuan dalam penggunaan kecepatan aliran udara sesungguhnya ketika akan diterapkan pada pengujian langsung dengan radiasi matahari.

Dari penelitian ini diharapkan juga dapat meningkatkan dan memacu pemanfaatan energi alternatif sebagai pengganti energi minyak bumi, batubara dan gas bumi yang sudah terbatas jumlahnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

Dari seluruh sinar matahari yang dipancarkan tidak semuanya mencapai permukaan bumi. Sepertiga dari sinar matahari tidak mencapai bumi karena langsung dipantulkan langsung ke angkasa, misalnya oleh awan. Seperenam sinar matahari yang dipancarkan ke bumi diserap oleh gas-gas di udara dan dipantulkan dalam bentuk panas (sinar inframerah). Kemudian kurang dari setengahnya dapat dipancarkan langsung ke permukaan bumi, dan diserap serta dipantulkan dalam bentuk panas (sinar inframerah). [Sukatma dan Messmer, 1999]. Sinar matahari yang langsung mencapai bumi seluruhnya dipantulkan kembali, sehingga terdapat keseimbangan antara energi yang diterima bumi dalam bentuk cahaya dengan energi yang dipantulkan dalam bentuk panas (sinar inframerah).



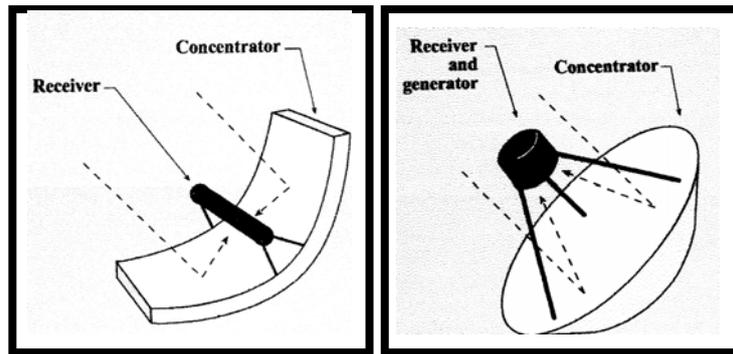
Gambar 1. Energi matahari yang sampai ke bumi

Panas yang diterima oleh permukaan bumi ini dapat dimanfaatkan melalui suatu penerapan dari peralatan kolektor surya yang merupakan salah satu pemanfaatan energi matahari secara langsung. Energi panas yang dipancarkan secara radiasi oleh matahari dikonversikan menjadi energi siap pakai. Panas tersebut ditransfer melalui fluida yang mengalir menuju media pemanfaatannya.

Kolektor surya adalah salah satu peralatan aplikasi dari pemanfaatan energi panas matahari secara langsung. Energi panas dari radiasi cahaya matahari dikonversi kedalam bentuk energi siap pakai yang ditransmisikan melalui media fluida menuju instalasi pemanfaatan. Sedangkan pada jenis *photovoltaic*, energi dari radiasi cahaya matahari dikonversikan menjadi energi listrik DC menggunakan rangkaian komponen yang disebut *solar cells*. Keuntungan penggunaan *solar cells* dibandingkan *solar thermal collector* adalah tidak terdapat komponen yang bergerak, hanya membutuhkan sedikit perawatan, serta mampu memberikan unjuk kerja yang relatif lebih baik terhadap *beam radiation* maupun *diffuse radiation*.

### **Concentrating Collectors**

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur antara  $100^{\circ}$  –  $400^{\circ}\text{C}$ . Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh *absorber*. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *Line Focus* dan *Point Focus*.



Gambar 2 Konsentrator *line focus* dan *point focus*

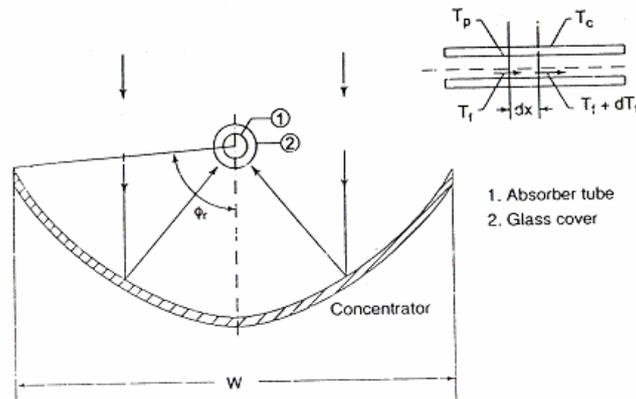
### Kolektor Surya Parabolik Silindris (*Line Focus*)

Deskripsi Kolektor Surya Parabolik Silindris

- Pipa *absorber* yang ditempatkan sejajar sumbu focal, umumnya terbuat dari baja karbon, aluminium atau tembaga yang dilapisi dengan cat hitam tahan panas. Untuk menghasilkan unjuk kerja yang lebih tinggi, kadangkala absorber juga dilapisi dengan black chrome.
- Cover* transparan konsentrik yang terbuat dari plastik atau kaca. Plastik mempunyai keuntungan lebih ringan dan murah, tetapi plastik lebih mudah terdeformasi pada temperatur tinggi dan cenderung tetap setelah pendinginan, hal ini akan mengurangi jumlah sinar yang dapat diteruskan menuju *absorber*. Kaca mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan plastik, meskipun kaca lebih berat dan juga lebih mahal akan tetapi kaca lebih tahan pada suhu yang tinggi.
- Konsentrator parabolik yang berfungsi memfokuskan pantulan cahaya matahari yang diterimanya menuju *receiver*. Rangkaian reflektor ini dapat terbuat dari material kaca cermin ataupun lapisan tipis aluminium yang diberi perlakuan *electropolished anodized* serta lapisan film *acrylic* yang dilapisi dengan cat silver. Oleh karena fungsinya selain sebagai reflektor tetapi juga sebagai konsentrator, maka kurva kelengkungan konsentrator harus dibentuk dengan memenuhi persamaan berikut yang berdasarkan koordinat polarnya.

$$r_{(r,\phi)} = \frac{2f}{1 + \cos\Phi_r} \quad (1)$$

Dimana  $r_{(r,\phi)}$  : Radius Sumbu Focal Terhadap koordinat  
 Kelengkungan Konsentrator  $\Phi_r$  : Rim Angle



Gambar 3 Kelengkungan Kurva Parabolik

### Laju Kenaikan Panas Optimal ( $q_u$ )

Besarnya laju perpindahan panas pada fluida bergerak ( $q_u$ ) dihitung dengan persamaan (2): [Sukhatme, Suhas P., 2001]

$$q_u = \dot{m}C_p(T_{fo} - T_{fi}) \quad (2)$$

### Efisiensi kolektor ( $\eta_{ib}$ )

Efisiensi kolektor merupakan rasio antara jumlah energi matahari yang diserap oleh kolektor dan jumlah energi matahari yang diterima pada luasan kolektor yang dihitung dengan persamaan (3) atau (4): [Sukhatme, Suhas P., 2001]

$$\eta = \frac{q_u}{A_p I_T} \quad (3)$$

$$\text{atau } \eta_{ib} = \frac{q_u}{(I_b r_b + I_d r_d) W L} \quad (4)$$

dimana nilai ( $I_b r_b + I_d r_d$ ) diukur dengan solarimeter.

### Pressure Drop Aliran Fluida ( $\Delta p$ )

Nilai penurunan tekanan laju aliran fluida di dalam absorber dapat diprediksikan dengan persamaan berikut :

$$\Delta p = \frac{4f\rho L V^2}{2D_i} \quad (5)$$

$$f Re = 38,4(Re/X)^{0,05} \quad \text{dengan } X = H/D_i \quad (6)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik maka diperlukan metodologi sebagai berikut:

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Juli 2006 sampai dengan bulan Oktober 2006, bertempat di Laboratorium Termodinamika Teknik Mesin-Fakultas Teknik Universitas Lampung.

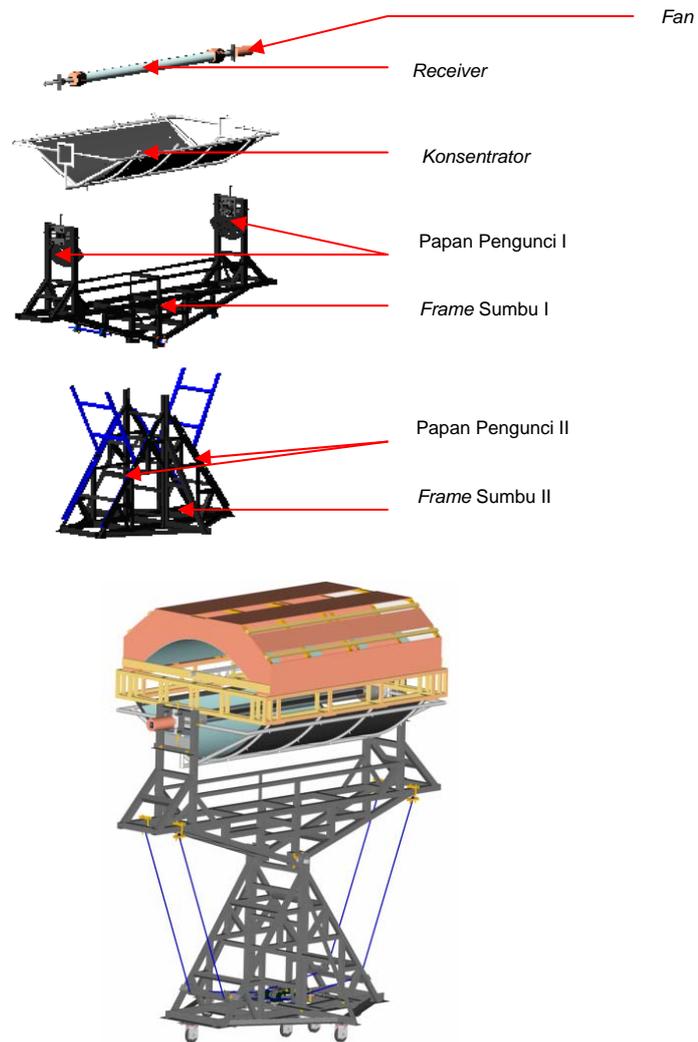
### B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain: berbagai pipa seperti pipa tembaga, pipa kaca, pipa stainless steel, cermin sebagai reflektor dan lampu sebagai alat simulator surya. Alat ukur yang digunakan seperti *windmeter*, termokopel, fan, dan lainnya.

### C. Pengambilan Data

Setelah alat uji selesai dirakit maka dilakukan pengujian untuk pengambilan data-data yang diperlukan diantaranya variasi kecepatan udara masuk dan kecepatan udara keluar, temperatur udara masuk dan keluar, temperatur absorber, temperatur cover, intensitas radiasi cahaya dan lainnya. Setelah data diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja kolektor.

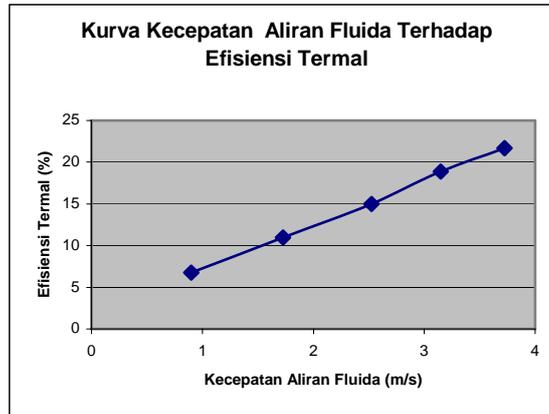
**D. Komponen Kolektor Surya Parabolik Silindris**



Gambar 4. Konfigurasi kolektor surya parabolik silindris

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh data-data yang berhubungan dengan unjuk kerja dari kolektor silendris parabolik melalui pemodelan dengan simulator surya. Data-data tersebut memperlihatkan efisiensi dan pressure drop yang terjadi seperti terlihat pada gambar-gambar berikut :



Gambar 5 kurva kecepatan aliran terhadap efisiensi

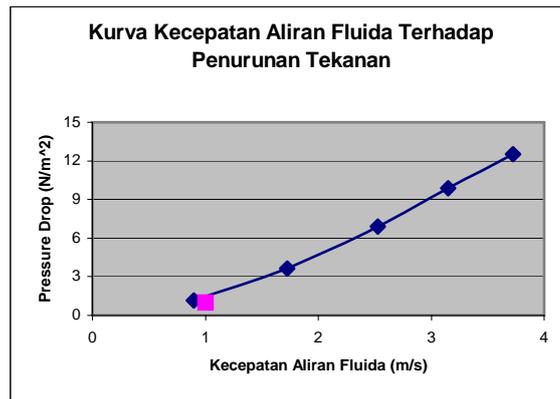
Pada gambar 5 terlihat peningkatan efisiensi yang terjadi seiring dengan peningkatan kecepatan udara masuk pada absorber. Kecepatan udara masuk ini divariasikan dari *range* 0,5 - 4 m/s dan disesuaikan dengan dimensi absorber yang merupakan alat uji dalam skala laboratorium dengan diameter dalam 2,66 cm dan panjang 1,5 meter. Jika kecepatan udara masuk terlalu tinggi akan menyebabkan temperatur udara keluar menjadi lebih rendah. Dengan demikian efektivitas penggunaan kolektor ini tidak akan tercapai jika temperatur keluar udara kecil dari 100<sup>0</sup>C dimana kondisi ini merupakan *range* temperatur fluida keluar untuk penggunaan kolektor pelat datar.

Dari data-data hasil pengujian diketahui bahwa kondisi yang ideal untuk temperatur keluar adalah ketika kecepatan udara lebih kecil dari 1,725 m/s pada intensitas radiasi rata-rata sebesar 500 W/m<sup>2</sup>. Namun debit udara yang dihasilkan lebih kecil walaupun temperatur yang dihasilkan diatas 100<sup>0</sup>C. Ketika kecepatan udara lebih besar dari 1,725 m/s maka temperatur udara keluar mulai menurun hingga mencapai dibawah 100<sup>0</sup>C. Akan tetapi debit udara yang dihasilkan lebih besar.

Peningkatan efisiensi pada gambar 5 terjadi seiring dengan meningkatnya bilangan Reynold sehingga meningkatkan koefisien perpindahan panas, aliran lebih turbulen dan peningkatan laju aliran massa udara akibat dari peningkatan kecepatan udara.

Pada intensitas radiasi rata-rata 500 W/m<sup>2</sup> terjadi peningkatan efisiensi pada kecepatan udara masuk dalam *range* 0,5 - 4 m/s dari 6,7 - 21,7 %. Peningkatan efisiensi sebesar 15 % ini cukup signifikan, akan tetapi temperatur udara keluar menjadi lebih rendah dengan meningkatnya kecepatan udara masuk.

Untuk aplikasi perlu menggunakan pipa absorber yang lebih panjang dan reflektor yang lebih luas serta debit fluida yang lebih besar. Namun untuk mengalirkan fluida akan dibutuhkan daya pompa yang lebih besar seperti terlihat pada gambar berikut dimana terjadi kenaikan pressure drop yang signifikan terhadap laju aliran udara.



Gambar 6 kurva kecepatan aliran terhadap pressure drop

Dalam pengujian ini, penurunan tekanan yang terjadi juga sangat signifikan seiring dengan meningkatnya kecepatan udara masuk seperti terlihat pada gambar 6. Untuk intensitas radiasi rata-rata  $500 \text{ W/m}^2$  terjadi peningkatan pressure drop dari  $1,2 - 12,5 \text{ N/m}^2$ . Peningkatan pressure drop sebesar  $11,3 \text{ N/m}^2$  ini akan membutuhkan peningkatan daya pemompaan udara. Ini adalah konsekuensi yang harus dibayar dengan terjadinya peningkatan pressure drop tersebut. Peningkatan pressure drop terjadi akibat adanya hambatan aliran ketika udara mengalir pada permukaan pipa bagian dalam pada absorber dan juga dipengaruhi oleh faktor gesekan, sifat fluida serta dimensi tabung absorber yang digunakan. Semakin tinggi kecepatan dan semakin panjang tabung absorber serta semakin kasar permukaan tabung akan menyebabkan pressure drop yang lebih tinggi.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi kecepatan udara masuk pada tabung absorber maka semakin tinggi pula efisiensi dan pressure drop yang terjadi.
2. Temperatur fluida keluar akan menjadi lebih rendah dengan semakin tingginya kecepatan udara masuk.
3. Pada intensitas radiasi rata-rata  $500 \text{ W/m}^2$  dan ketika kecepatan udara masuk absorber dalam range  $0,5 - 4 \text{ m/s}$  terjadi peningkatan efisiensi 15% dari (6,7 - 21,7 %) dan peningkatan pressure drop  $11,3 \text{ N/m}^2$

## DAFTAR PUSTAKA

1. Duffie John A., and William A. Beckman. 1991. "Solar Engineering Of Thermal Process", 2<sup>nd</sup> ed. John Willey & Sons, Inc. USA
2. G.F.Hewitt, G.L.Shires, T.R. Bott 1994. *Process Heat Transfer*.CRC Press,Inc.
3. Holman, J.P.1997. Alih Bahasa Jasjfi, E, "Perpindahan Kalor", Erlangga, Jakarta.
4. Incropera, Frank P and David P. DeWitt. 2002. "Introduction to Heat Transfer", 4<sup>th</sup> ed. John Willey & Sons, Inc. USA.
5. Sukhatme, Suhas P. 2001. "Solar Energy, Principles of Thermal Collection and Storage", 2<sup>nd</sup> ed. Tata Mc Graw-Hill. New Delhi.
6. William C.Reynolds; Henry C.Perkins,1991. *Engineering Thermodynamics*, Gr. Hill,New York.
7. Yunus A.Cengel; Michael A.Boles. 1994. *Thermodynamics an Engineering Approach*. Gr. Hill, New York