

## PENGARUH PERUBAHAN DEBIT ALIRAN FLUIDA PANAS DAN FLUIDA DINGIN TERHADAP EFEKTIFITAS PADAPENULAR KALOR TIPE PLAT ALIRAN SILANG

**Bambang Yunianto\*, Dwi.Cahyo K , Arijanto**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

\*Email: b\_yunianto@undip.ac.id

### ABSTRAK

*Alat penukar kalor tipe plat merupakan jenis penukar kalor yang kompak dan mempunyai kinerja yang baik, walau ada keterbatasan dari tekanan kerja yang relatif rendah dibandingkan dengan tipe cangkang dan tabung.. Ditinjau dari arah aliran dua fluida dalam saluran, penukar kalor tipe plat mempunyai aliran searah, lawan arah dan aliran silang. Penukar kalor tipe plat dalam pengujian ini dibuat dengan aliran silang (cross flow) dengan konstruksi dari aluminium yang berdimensi 33mm x 33 mm dengan jarak antar plat 10 mm, dan jumlah plat 10 buah.*

*Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja penukar kalor yang dinyatakan dengan bilangan non dimensi, yaitu efektivitas. Fluida kerja yang digunakan adalah dua jenis fluida yang sama yaitu air panas dan air dingin.. Kapasitas air dingin dan panas divariasikan dari 0,5 lt/mnt, 0,7 lt/mnt, 9 lt/mnt dan 11 lt/mnt. Sedangkan temperatur air panas divariasikan dari 50<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> dan 70<sup>o</sup>C.*

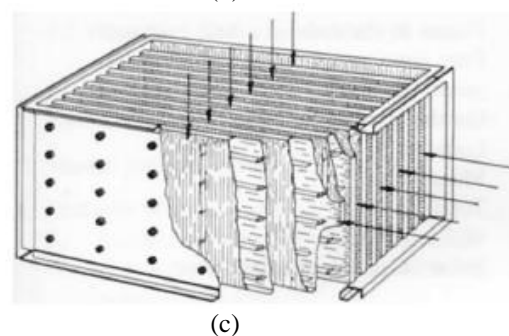
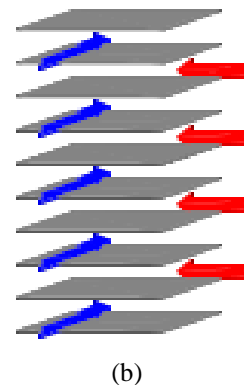
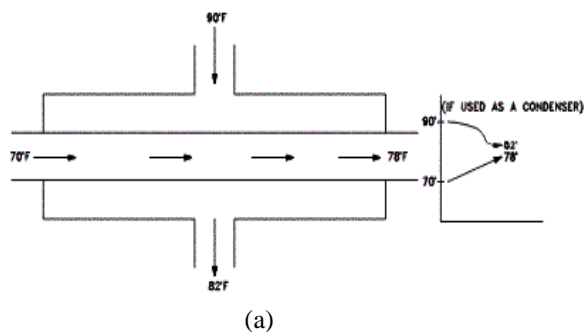
*Dari hasil pengujian ini diperoleh efektivitas tertinggi adalah 41 % terjadi pada temperatur air panas 70<sup>o</sup>C dengan debit air dingin 5 lt/mnt. dan debit air panas 11 lt/mnt. Sedangkan efektivitas terendah adalah 23 % terjadi pada debit air dingin yang sama namun pada temperatur air panas 50 C.*

**Kata kunci :** Penukar kalor, Efektivitas penukar kalor, aliran silang

### LATAR BELAKANG

Dalam dunia industri dengan berbagai mesin kalor yang digunakan, maka peran alat pengontrol laju perpindahan panas sangat mutlak diperlukan. Alat ini salah satunya adalah Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*). Alat ini berfungsi untuk memindahkan panas dari fluida yang bertemperatur tinggi ke temperatur rendah. Perpindahan panas dapat terjadi melalui kontak langsung maupun kontak tidak langsung (melalui dinding pemisah). Ditinjau dari konstruksinya ada beberapa macam alat penukar kalor yang salah satunya adalah alat Penukar Kalor tipe Plat (*Plate Heat Exchanger*).

Alat penukar kalor ini mempunyai mempunyai kapasitas dan juga efektivitas yang tinggi. Namun tekanan kerja relatif rendah dibandingkan dengan tekanan kerja penukar kalor sheel & tube.. Hal ini dapat terjadi karena konstruksi alat penukar kalor tipe ini disusun dari plat-plat yang tipis, yang secara skema dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 1.** Skema alat penukar kalor tipe Plat aliran silang, a). Arah aliran, b). Susunan plat, c) Konstruksi rangkaian susunan plat-plat

Adapun data konstruksi penukar kalor plat adalah:

Panjang Plat	H=330 mm
Lebar Plat	W=330mm
Jarak antar Plat	b=10mm
Jumlah plat	N=10
Jumlah rongga fluida dingin	Nc=5
Jumlah rongga fluida panas	Nh=4

Kinerja penukar kalor plat, dipengaruhi oleh terutama jarak antar plat. Makin rapat jarak antar plat maka efektifitas penukar kalor akan meningkat. Namun dengan makin rapat jarak antar plat, akan terjadi penurunan tekanan yang besar. Jadi ada jarak antar plat tertentu yang digunakan untuk mendapatkan kinerja penukar kalor yang optimum.

Pada pengujian ini penukar kalor yang digunakan adalah Penukar Kalor tipe Plat (Plate Heat Exchanger) dengan bahan dasar aluminium, Plate heat exchanger ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan penukar kalor tipe yang lainnya, yaitu kemudahan alat ini untuk dibuka dan dilepaskan dari rangkainya sehingga memungkinkan pembersihan dan perawatan yang lebih baik dan mudah. Selain daripada itu, alat ini juga cocok digunakan untuk fluida cair dengan nilai viskositas tinggi atau nilai turbulensi rendah, sebab mempunyai permukaan perpindahan panas yang bergelombang sehingga menyebabkan turbulensi dari aliran fluida menjadi lebih tinggi dan otomatis perpindahan panas yang terjadi akan lebih efisien walaupun perbedaan temperatur antara fluida panas dengan fluida dingin tidak terlalu jauh, tetapi dalam penelitian ini kita menggunakan plat dengan permukaan rata.

Untuk mendapatkan efisiensi dari penukar panas dilakukan dengan cara meningkatkan luas permukaan perpindahan panas, dan dengan jarak antar plat (rongga) yang tidak terlalu jauh. Maka dalam penelitian bertujuan untuk meneliti efektifitas dari penukar kalor yang mempunyai dimensi 33mm x 33 mm dengan jarak antar plat 10mm. Variasi yang dilakukan dalam pengujian adalah variasi temperature air panas yaitu 50°C, 60°C, 70°C, dan debit fluida kerja baik air dingin maupun air panas.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui efektifitas penukar kalor tipe plat aliran silang.
2. Untuk mengetahui besar debit aliran air panas ataupun air dingin yang menghasilkan efektifitas tertinggi.

Adapun batasan masalah adalah:

1. Perpindahan panas terjadi secara konveksi paksa.
2. Jenis aliran adalah aliran silang satu dimensi.

Plat yang digunakan adalah aluminium dengan jumlah 10 buah yang berdimensi 33mm x 33mm dengan rongga antar plat 10mm.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Instalasi peralatan pengujian.

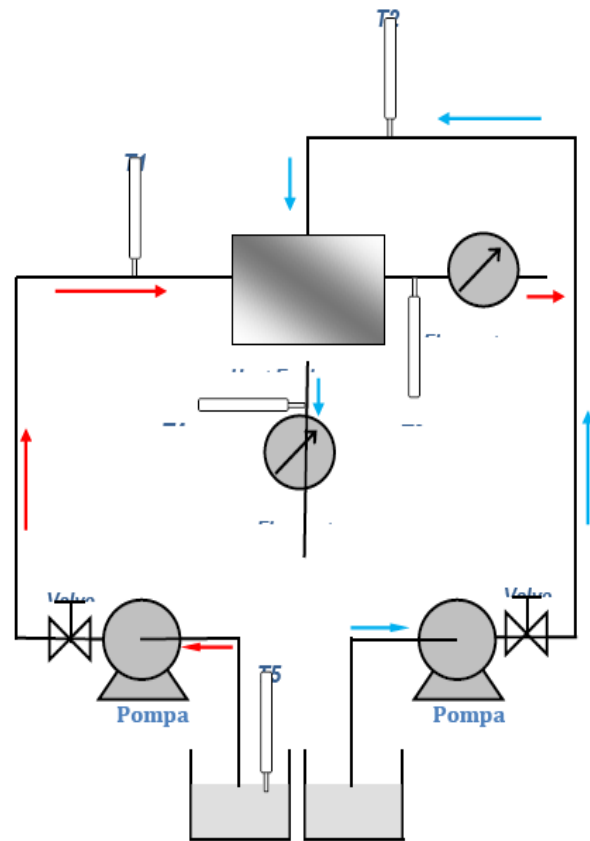
Instalasi peralatan uji terdiri dari penukar kalor aliran silang sebagai komponen utama alat uji. Sedangkan alat bantu untuk pengujian adalah pompa air panas dan pompa air dingin sebagai penggerak fluida kerja. Tandon air dingin dan Tandon air panas untuk menampung air yang disirkulasikan dalam siklus. Alat ukur debit aliran (flow meter) dan termometer yang dipasang di bagian masuk dan keluar air panas ataupun air dingin. Adapun instalasi alat

pengujian ditunjukkan dengan skema berikut (Gambar 2)

### Prosedur Pengujian

Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyalakan kompor gas untuk memanaskan air pada reservoir 1 sampai mencapai suhu yang diperlukan (50°C, 60°C, 70°C).
2. Menjalankan pompa air.
3. Mengatur bukaan valve sesuai dengan debit yang diperlukan agar air dapat mengalir masuk kedalam heat exchanger.
4. Setelah mencapai posisi steady maka perubahan temperatur pada termokopel  $T_1, T_2, T_3, T_4$  dicatat tiap 10 detik sebanyak 15 data. Untuk mempermudah pengambilan data perubahan temperatur pada tiap termokopel kita menggunakan perangkat *thermo reader*.



Gambar 2. Penukar kalor plat aliran silang (cross flow)

Keterangan :

- 1 & 3= flowmeter
- 2 = plat heat exchanger
- 4 & 9= valve
- 5 & 8= pompa
- 6 & 7= reservoir
- T1,2,3,4,5 = termokopel

### Pengambilan data dan analisa data

Pada pengujian ini data-data yang diambil yaitu:

1. Data perubahan temperature pada setiap termokopel yaitu termokopel T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> yang dicatat tiap 10 detik sebanyak 15 data yang didapat pada perangkat termo reader.
2. Debit atau laju aliran fluida panas dan fluida dingin.
3. Persamaan untuk menghitung efektifitas dari Flat plate Heat Exchanger sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{Q}{Q_{maks}}$$

Untuk neraca energi fluida panas dan dingin:

$$Q = m_h \cdot C_h \cdot T_{h1} - T_{h2} = m_c \cdot C_c \cdot T_{c2} - T_{c1}$$

sedangkan perpindahan panas maksimum dinyatakan sebagai :

$$Q_{maks} = m \cdot C_p \cdot \min \cdot T_{h1} - T_{c1}$$

$m_h$  = laju aliran massa fluida panas (kg/s)

$m_c$  = laju aliran massa fluida dingin (kg/s)

$C_h$  = panas spesifik fluida panas (kJ/kg °C)

$C_c$  = panas spesifik fluida dingin (kJ/kg °C)

$T_{h1}$  = temperatur fluida panas masuk penukar panas (°C)

$T_{h2}$  = temperatur fluida panas keluar penukar panas (°C)

$T_{c1}$  = temperatur fluida dingin masuk penukar panas (°C)

$T_{c2}$  = temperatur fluida dingin keluar penukar panas (°C)

Dengan mengukur data-data diatas, kemudian dihitung efektifitas setiap data pengujian. Hasil akhir kemudian dibuat dalam bentuk tabel ataupun grafik, yang ditunjukkan dalam hasil pengujian.

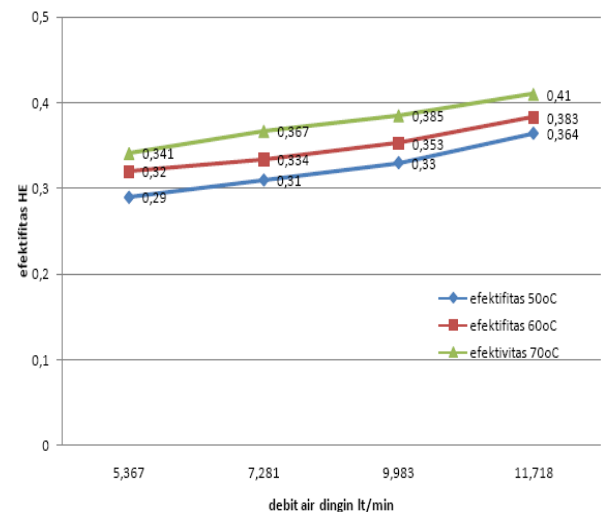
Data yang diambil adalah temperatur fluida panas masuk (T<sub>H1</sub>), fluida panas keluar (T<sub>H2</sub>), fluida dingin masuk (T<sub>C1</sub>), fluida dingin keluar (T<sub>C2</sub>) serta debit aliran kedua fluida. Proses pengambilan data untuk setiap variasi mengikuti prosedur yang telah dijelaskan pada bagian diatas data dicatat dengan menggunakan termoreader. Dan dibawah ini adalah data (Tabel.1) yang didapat dari hasil pengukuran untuk proses dari karakteristik alat penukar kalor ini. Data yang ditampilkan adalah hasil perhitungan rata-rata dari setiap variasi, pada setiap variasi didapatkan data percobaan selama 2,5 menit yaitu ±15 data. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut diolah dan disajikan dalam grafik yang dinyatakan dalam hubungan efektifitas dan laju aliran air.

**Tabel 1.** Data variasi debit dan temperatur

Temperatur	Debit (lt/min)							
	variasi 1		variasi 2		variasi 3		variasi 4	
	Q hot	Q cold	Q hot	Q cold	Q hot	Q cold	Q hot	Q cold
50°C		5.367		5.367		5.367		5.367
	5.159	7.281	7.034	7.281	9.259	7.281	10.928	7.281
		9.983		9.983		9.983		9.983
		11.718		11.718		11.718		11.718
60°C		5.367		5.367		5.367		5.367
	5.159	7.281	7.034	7.281	9.259	7.281	10.928	7.281
		9.983		9.983		9.983		9.983
		11.718		11.718		11.718		11.718
70°C		5.367		5.367		5.367		5.367
	5.159	7.281	7.034	7.281	9.259	7.281	10.928	7.281
		9.983		9.983		9.983		9.983
		11.718		11.718		11.718		11.718

### HASIL PENGUJIAN DAN BAHASAN

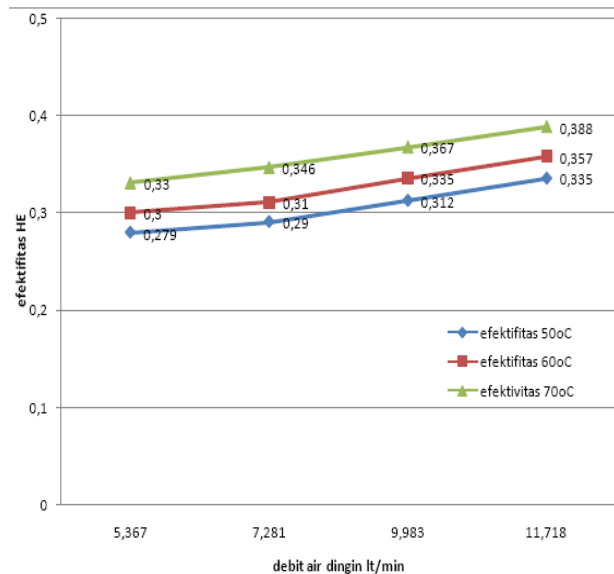
Data-data pengujian dianalisis yang hasilnya disajikan dalam grafik hubungan efektifitas dan laju aliran air panas dan dingin yang ditunjukkan grafik berikut.



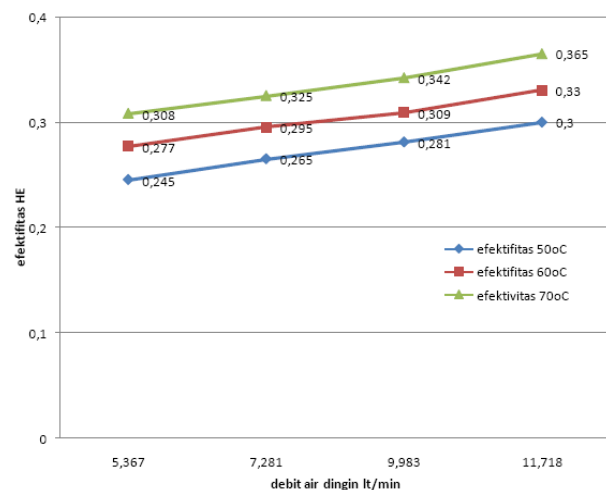
**Gambar 3.** Grafik hubungan efektifitas dan debit aliran air dingin pada air panas 5 Lt/menit

Dari Gambar 3 memperlihatkan pengaruh variasi debit terhadap efektifitas *flat plate heat exchanger* pada debit air panas 5. lt/min. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa efektifitas cenderung untuk naik mengikuti kenaikan debit air dingin yang mengalir.

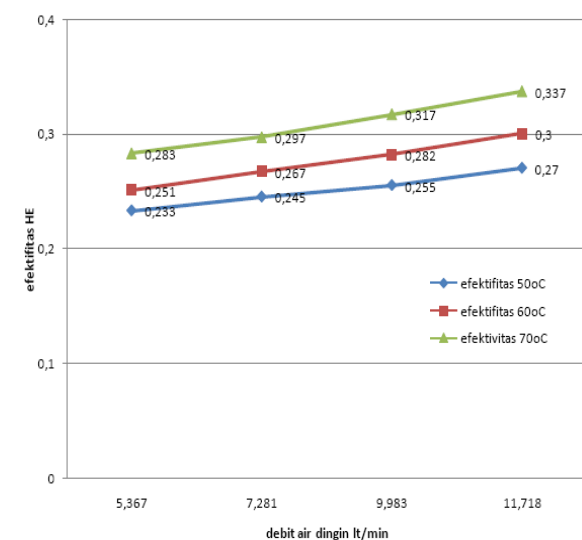
Pada debit air panas 5.lt/mnt dengan temperatur 70 C ini efektifitas paling tinggi didapat pada debit air dingin 11,7 lt/min dan mempunyai nilai efektifitas sebesar 0.41 (41 %) dan efektifitas terendah 0,29 (29 %) pada temperatur air panas 50 C.



Gambar 4. Grafik hubungan efektifitas dan debit aliran air dingin pada air panas 7 lt/menit



Gambar 5. Grafik hubungan efektifitas dan debit aliran air dingin pada air panas 9 lt/menit



Gambar 6. Grafik hubungan efektifitas dan debit aliran air dingin pada air panas 11 lt/menit

Demikian juga pada variasi debit air panas lainnya (7, 9 dan 11 l/mnt). Makin besar aliran air dingin dalam penukar kalor, makin tinggi pula efektifitasnya. Namun dari Gambar 3 hingga 6 terlihat perubahan debit aliran air panas mengakibatkan efektifitas yang sebaliknya yaitu terjadi penurunan efektifitas. Berturut turut efektifitas tertinggi adalah 41 %, 39 %, 36 % dan 34 % untuk debit air panas berturut-turut 5 lt/mnt, 7 lt/menit, 9 lt/menit dan 11 lt/menit.

### KESIMPULAN

1. Perubahan debit aliran dari kedua fluida sangat berpengaruh terhadap besarnya efektifitas penukar kalor tipe plat. Semakin besar laju fluida dingin yang mengalir maka semakin besar pula efektifitas penukar kalor.
2. Perubahan temperatur fluida panas juga berpengaruh terhadap besarnya efektifitas. Dengan naiknya temperatur air panas akan diikuti kenaikan efektifitas.
3. Nilai efektifitas yang terbaik adalah sebesar 41 % pada temperatur air panas 70°C dan pada saat laju fluida panas 5. lt/min dan debit fluida dingin sebesar 11 lt/min. Sedangkan efektifitas terendah adalah 23 % terjadi pada debit air dingin 5 lt/mnt dengan temperatur 50 C.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang Yuniyanto. dkk, “ *Pengaruh perubahan arah aliran terhadap Efektifitas perpindahan kalor pada Penukar kalor tipe plat*”, Teknik Mesin ,UNDIP, 2011.
2. Esmail M. A. Mokheimer “*The Potential of Using Plate-and-Frame Heat Exchangers in Residential AC Systems*” [esmailm@kfupm.edu.sa](mailto:esmailm@kfupm.edu.sa).
3. Fraas, A.P. “*Heat Exchanger Design*”, Second Edition, John Wiley & Sons Inc, New York, 1989
4. Holman, J.P. “*Perpindahan Kalor*”, Edisi Keenam, Alih Bahasa Ir. E. Jasjfi, Msc, Erlangga, Jakarta, 1994.
5. The teory behind heat transfer Plate heat Exchanger, [www.alvalaval.com](http://www.alvalaval.com).