

# PENENTUAN PENGARUH KUALITAS UAP TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS DI DALAM PIPA SPIRAL

Marthinus Ruku

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridharma, Balikpapan  
Sekretariat/Kampus : Jln. Brigjen A.W Syahrani No.7 Batu Ampar Telp (0542) 425381 Balikpapan 76126  
e-mail: mesinlink@gmail.com

## **Abstrak**

*Perubahan fasa seringkali ditemukan pada penukar panas pada peralatan fluida seperti AC dan lemari pendingin. Ada banyak aspek perpindahan panas dari termodinamika yang mempengaruhi laju perpindahan panas tersebut yaitu nilai Bilangan Reynold, kualitas uap, jenis penukar panas dan sifat fisik fluida kerja yang terlihat dalam perpindahan panas. Pada penelitian ini dilakukan eksperimental pengaruh kualitas uap terhadap koefisien perpindahan panas pada penukar panas jenis koil spiral. Hasil percobaan ini didapatkan bahwa pada variasi kualitas uap 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 tidak ditemukan pengaruh signifikan kualitas uap terhadap koefisien perpindahan panas.*

**Kata kunci**— *Perpindahan panas, Koil spiral, LPM, Sifat fluida, Thermostat*

## **Abstract**

*Phase changes are often found in heat exchangers in fluid equipment such as air conditioners and refrigerators. There are many aspects of heat transfer from thermodynamics that affect the rate of heat transfer, namely the Reynold Number value, steam quality, type of heat exchanger and the physical properties of the working fluid seen in heat transfer. In this study, an experimental study was carried out on the effect of steam quality on the heat transfer coefficient in spiral coil type heat exchangers. The results of this experiment show that the vapor quality variation is 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 found no significant effect of steam quality on the heat transfer coefficient.*

**Keywords**— *Heat transfer, spiral coil, LPM, fluid properties, thermostat*

## PENDAHULUAN

Salah satu alat perpindahan panas yang banyak digunakan peralatan teknik adalah penukar panas jenis koil spiral vertikal. Koil spiral vertikal adalah berupa sebuah pipa yang dibuat dengan bentuk melingkar dimana diantara lingkaran satu dengan yang lainnya memiliki jarak tertentu (pitch). Selain digunakan pada proses heating, refrigerating, ventilating, air conditioning system dan energy systems, koil spiral vertikal juga biasa

digunakan untuk steam generator dan condenser design pada pembangkit tenaga nuklir. Ketika fluida mengalir dalam lintasan pipa yang berbentuk melingkar, ada gaya sentrifugal yang menyebabkan terjadinya aliran sekunder yang dapat meningkatkan perpindahan panas. Semakin cepat laju perpindahan panas, maka semakin tinggi pula efektifitas dan efisiensi sebuah alat. Selain itu koil spiral vertikal juga dapat mengurangi panjang dari heat exchanger.

Sejumlah penelitian perpindahan panas pada koil spiral telah dipublikasikan. Colorado, dkk melakukan penelitian perpindahan panas pada pipa koil. Hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa dengan menggunakan pipa koil dapat meningkatkan perpindahan panas yang terjadi. Kemudian Dila meneliti koefisien perpindahan panas konveksi pada pipa lurus dan pipa koil vertikal. Hasil eksperimen tersebut menunjukkan bahwa pipa koil vertikal mempunyai koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi dibanding pipa lurus. Tingkat perpindahan panas mencapai 5% - 8% lebih baik. Dari semua penelitian yang disebutkan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan perpindahan panas yang lebih baik pada pengaruh aliran swirling. Efek swirling bisa didapatkan melalui pembentukan pipa penukar panas berbentuk koil.

Dalam aplikasi peralatan penukar panas sering ditemui terjadi perubahan fasa pada fluida yang terlibat pada perpindahan panas sehingga aliran di dalam penukar panas berwujud dua fasa. Pengaruh kondisi dua fasa pada penukar panas ini telah diteliti oleh Kwang Il Choi dan Jong Taek Oh. Mereka melakukan penelitian tentang pengaruh kondisi dua fasa pada koefisien perpindahan panas pada pipa lurus horizontal. Penelitian ini dilakukan dengan fluida kerja R134a dan R410a. Hasil dari penelitian ini yaitu perpindahan panas tertinggi pada diameter terkecil dan laju aliran terendah. Untuk kondisi dua fasa, penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa perpindahan panas tertinggi pada nilai kualitas fasa di bawah 0,5.

Berdasarkan analisa-analisa yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, secara teoritis dapat dilihat akan adanya pengaruh peningkatan yang lebih tinggi pada koefisien perpindahan panas dengan fluida berwujud dua fasa di pipa berbentuk koil. Dan ingin dilihat bagaimana pengaruh fluida air yang sering digunakan sehari-hari terhadap perpindahan panas berwujud dua fasa di pipa berbentuk koil. Pengetahuan akan hal ini sangat penting dalam pengaplikasian pemakaian dan rancangan penukar panas.

Pengaruh tersebut coba diteliti pada tugas akhir ini. Penelitian dilakukan melalui percobaan. Percobaan ini menguji koefisien perpindahan panas pada penukar panas jenis koil spiral dengan diameter pipa koil  $\frac{1}{4}$  inch dan laju aliran fluida sebesar 6 LPM dimana pada diameter dan laju aliran tersebut terjadi perpindahan panas tertinggi [6]. Pada percobaan ini fluida penukar panas yang berwujud dua fasa terjadi di dalam pipa dikarenakan adanya perpindahan panas dari panas heater di luar pipa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kualitas uap terhadap koefisien perpindahan panas di dalam pipa spiral. Pengaruh tersebut dipelajari melalui percobaan. Untuk keperluan itu disusun tahap penelitian sebagai berikut :

1. Perancangan Perangkat Alat Uji
2. Penyusunan Rencana Percobaan
3. Pengujian

### 1.1 Perancangan Perangkat Alat Uji

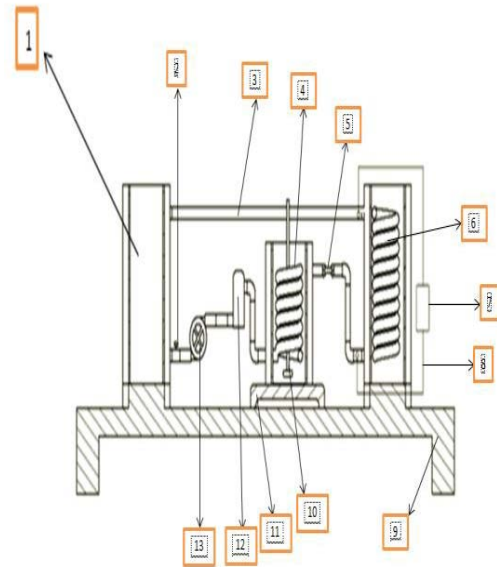
Dalam perancangan perangkat alat uji dilakukan beberapa langkah untuk dapat mencapai tujuan sesuai dengan kebutuhan. Ada beberapa langkah yang dilakukan pada penelitian ini yang diadopsi dari Dieter [1], yaitu :



**Gambar 1.1** Tahapan Perancangan [1]

### 1.1.1. Pendefinisian Kebutuhan

Dibutuhkan alat uji koefisien perpindahan panas pada pipa spiral dengan fluida berwujud campuran cair dan uap. Segmen uji yang digunakan harus memiliki sifat menghantar panas yang tinggi sehingga fasa campuran dapat tercapai. Dan juga material dari segmen uji harus memiliki nilai konvektivitas termal yang tinggi. Pada alat ini juga dibutuhkan sumber panas yang memiliki kemampuan daya yang tinggi dan dapat dikontrol pemberian panasnya. Fluida air berada dalam keadaan campuran uap dan cair pada temperatur  $\pm 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan nilai kualitas dapat divariasikan. Pada percobaan ini variabel yang dipertahankan tetap yaitu laju aliran air yaitu 6 liter/menit.

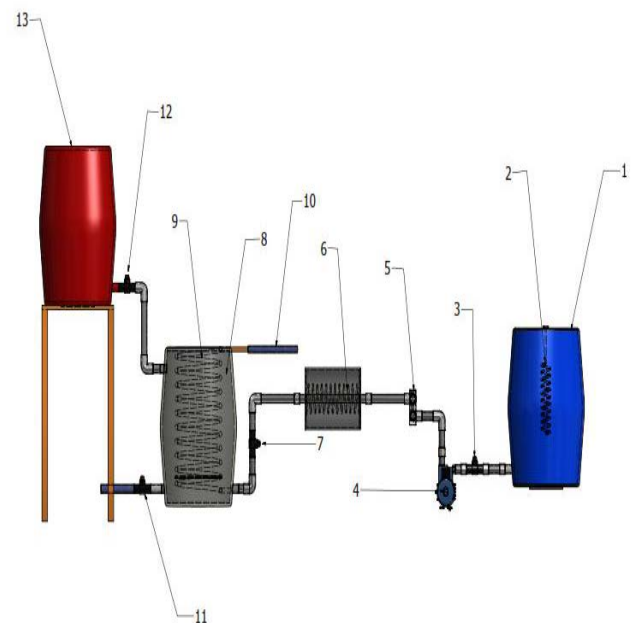


(a)

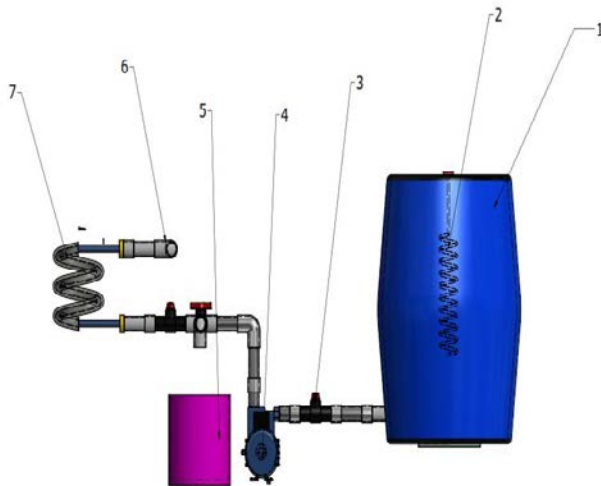
Diameter pipa spiral yang digunakan dengan ukuran  $\frac{1}{4}$  inch. Pemilihan dan penetapan dalam laju aliran dan diameter pipa didasarkan pada kondisi kerja dengan ukuran penukar panas jenis spiral yang sering digunakan.

### 1.1.2 Konsep Rancangan Alat Uji

Konsep dari peralatan uji adalah sebuah sistem yang mempunyai sebuah koil spiral sebagai segmen uji dari fluida air dalam wujud campuran cair dan uap mengalir di dalam koil tersebut, material pada koil yaitu pipa tembaga. Koefisien perpindahan panas diukur dari panas yang masuk ke segmen uji dan perbedaan temperatur masuk dan keluar segmen uji. Untuk memenuhi kondisi tersebut, didapatkan 3 konsep rancangan yaitu sebagai berikut:



(b)



(c)

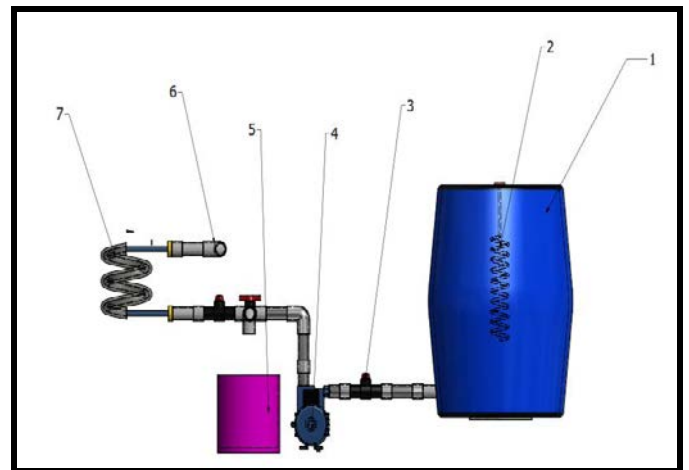
**Gambar 1.2** (a) Konsep A ; (b) Konsep B ;  
Konsep (c)

Konsep A merupakan sebuah rancangan alat untuk mengukur perpindahan panas aliran dua fasa pada koil spiral, aliran dua fasa pada konsep ini didapatkan dengan cara memanfaatkan panas berpindah dari air yang dipanaskan didalam wadah ke dalam air yang mengalir pada pipa. Kelemahan pada konsep ini yaitu susahnya atau tidak pastinya fluida untuk mencapai kondisi dua fasa (fasa campuran) dikarenakan panas yang diberikan pada fluida tidak konstan dan biasanya fluida mencapai kondisi dua fasa ketika fluida tersebut dipanaskan langsung bukan karena dipanaskan oleh fluida lain. Konsep B merupakan sebuah rancangan alat untuk mengukur perpindahan panas aliran dua fasa pada koil spiral, dimana aliran dua fasa pada konsep ini didapatkan dengan cara menggunakan heater yang memanaskan pipa yang dialiri air pada saat sebelum masuk koil spiral. Kelemahan pada konsep ini yaitu nilai laju panas tidak didapatkan karena selisih temperature pada koil spiral bernilai 0. Sesuai teoritis yaitu aliran dua fasa berada pada temperatur yang sama. Konsep C merupakan sebuah rancangan alat untuk mengukur perpindahan panas aliran dua fasa pada koil spiral, aliran dua fasa didapatkan dengan cara menggunakan heater yang melilit segmen uji.

Kelemahan pada konsep ini yaitu susahnya pada pengaturan heater secara bertahap untuk mempertahankan temperatur saturasi.

Dari ketiga konsep rancangan diatas, konsep C merupakan konsep yang dianggap paling baik untuk mengukur perpindahan panas aliran dua fasa pada koil spiral. Peneliti memilih konsep rancangan alat uji berdasarkan solusi termudah untuk mengatasi kelemahan-kelemahan konsep tersebut dan kemampuan menghasilkan perpindahan panas yang paling baik. Peneliti memilih konsep juga mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kwang Il Choi dan Jong Taek Oh.

Sehingga pada penelitian ini memiliki konsep alat uji sebagai berikut



**Gambar 1.3** Konsep Alat Uji

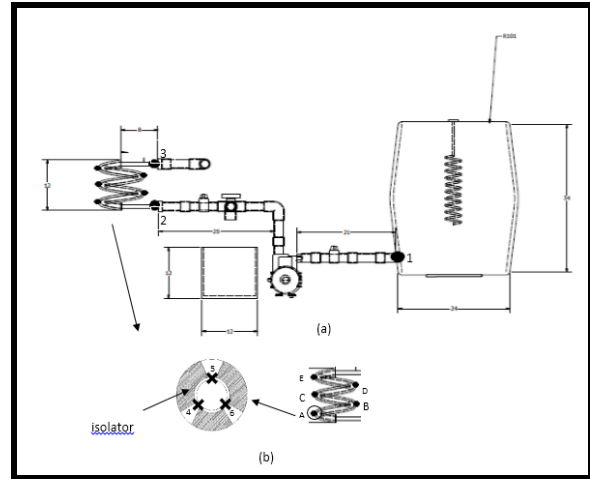
Komponen tersebut adalah sebagai

berikut:

1. Tangki / Wadah
2. Pemanas Listrik
3. Katub
4. Pompa
5. Gelas Ukur
6. Selang Keluaran
7. Koil Pengujian (Koil Spiral)
8. Dual Element Heating Tape
9. Isolasi Heater

Alat uji bekerja dengan cara sebagai berikut : sebelum alat uji ini dijalankan, dilakukan terlebih dahulu pengaturan debit fluida menggunakan gelas ukur dan stopwatch sehingga mendapatkan debit aliran sebesar 6 liter/menit. Fluida kerja air yang berada pada

wadah dipanaskan terlebih dahulu sebelum dialirkan hingga mencapai temperatur 90°C - 95°C. Kemudian, setelah temperatur pemanasan awal tercapai dilanjutkan hidupkan dual element heating tape yang melilit koil spiral dengan tujuan untuk memanaskan koil spiral dengan tujuan untuk memanaskan koil spiral pengujian sebelum diuji. Setelah itu, fluida mulai dialirkan menggunakan pompa sehingga pada koil spiral terjadi panas berpindah dari dinding pipa ke fluida yang mengalir. Fluida ini tidak disikluskan melainkan dibuang ke lingkungan. Temperatur fluida pada koil spiral dijaga konstan mendekati temperatur saturasi air yaitu sekitar 100°C.



**Gambar 1.4** (a) Skema Alat Uji ;

### 1.1.3 Komunikasi Desain

Komunikasi desain dimaksudkan untuk mendapatkan saran dari pihak ketiga yaitu orang-orang yang tidak terlibat dalam penyelesaian masalah baik berupa orang yang berlatar belakang sebagai akademis ataupun orang ahli teknik yang sangat memahami permasalahan yang sedang dihadapi. Diantaranya adalah, rekan-rekan asisten Laboratorium Konversi Energi yang memberikan pertimbangan mengenai material yang digunakan untuk isolasi serta pertimbangan penggunaan pipa yang sesuai untuk mengalirnya fluida. Selanjutnya, pemilik toko Neo Indo Elektrik yang membantu mencari solusi mengenai heater yang pantas untuk digunakan serta solusi pengontrolannya.

### 1.1.4 Detail Desain

Pada tahap detail desain dilakukan proses perancangan peralatan baik berupa fungsi alat maupun dimensinya, material yang digunakan dan kapasitas atau spesifikasinya. Pada skema alat uji berikut, pengukuran daya listrik heater yang memberikan panas pada dinding koil spiral diukur menggunakan wattmeter. Pengukuran temperatur merupakan pengukuran terpenting pada penelitian ini, titik pengukuran temperatur berjumlah 18 buah yaitu sebagai berikut :

- CH1 merupakan temperatur fluida pemanasan awal
- CH2 merupakan temperatur fluida masuk koil spiral
- CH3 merupakan temperatur fluida keluar koil spiral
- CH4, CH5 dan CH6 merupakan temperatur dinding koil spiral pada titik A
- CH7, CH8 dan CH9 merupakan temperatur dinding koil spiral pada titik B
- CH10, CH11 dan CH12 merupakan temperatur dinding koil spiral pada titik C
- CH13, CH14 dan CH15 merupakan temperatur dinding koil spiral pada titik D
- CH16, CH17 dan CH18 merupakan temperatur dinding koil spiral pada titik E

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan ini disusun untuk mengetahui pengaruh kualitas campuran cairan dan uap terhadap koefisien perpindahan panas konveksi di dalam pipa spiral. Koefisien perpindahan panas pada pipa lurus secara teoritis pada aliran satu fasa ditentukan oleh nilai Bilangan Reynold [17]. Jika pipa dibentuk dalam bentuk spiral maka diameter koil spiral dan pitch spiral ikut mempengaruhi

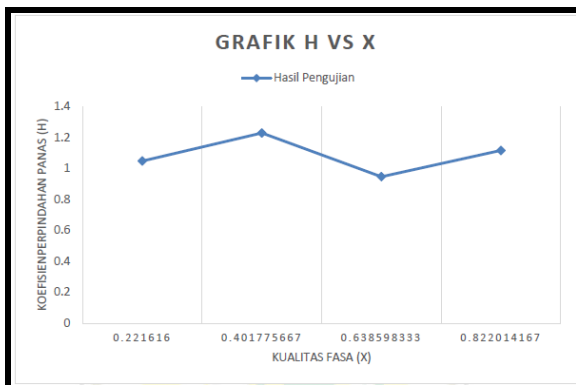
koefisien perpindahan panas [18], karena adanya pengaruh perubahan tebal lapisan batas termal pada aliran di dalam koil spiral yang disebabkan oleh adanya resirkulasi.

Jika fluida berada di dalam dua fasa, nilai kualitas fasa diduga ikut berpengaruh terhadap nilai koefisien perpindahan panas. Pada penelitian ini variable perpindahan panas berupa Bilangan Reynold, diameter spiral, dan pitch spiral dipertahankan tetap sedangkan nilai kualitas fasa campuran divariasikan. Nilai kualitas campuran fluida keluar test section pada pengujian divariasikan sebesar 0,2 ; 0,4 ; 0,6 dan 0,8. Sedangkan fluida masuk perangkat uji berada pada kondisi cair jenuh.

Pada penelitian ini ada faktor yang digunakan untuk memperoleh respon sesuai dengan keinginan. Berikut faktor dan respon yang disesuaikan dengan percobaan ini :

- Faktor : Daya heater
- Respon : Temperatur fluida, Temperatur dinding segmen uji

Jumlah pengulangan pada tiap variasi pengujian ditentukan sedemikian rupa sehingga nilai tingkat kepercayaan data diatas 90%. Nilai koefisien perpindahan panas digambarkan dalam bentuk grafik nilai koefisien perpindahan panas dengan nilai kualitas fasa.



Gambar. 1.4 Grafik Koefisien Perpindahan Panas vs Kualitas Fasa

Pada grafik terlihat bahwa nilai koefisien perpindahan panas fluida berwujud dua fasa cenderung berfluktuasi disekitar nilai rata-rata dengan variasi nilai kualitas uap.

Pada penelitian ini, nilai rata-rata tersebut sebesar 1,0846 kW

$$\frac{1,0846 \text{ kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}}$$

## KESIMPULAN

Telah dilakukan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh koefisien perpindahan panas terhadap nilai kualitas fasa yang berwujud dua fasa. Dari pengukuran ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Koefisien perpindahan panas terhadap variasi nilai kualitas fasa berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata sebesar 1,0846 kW m<sup>2</sup>. °C
2. Dari data disimpulkan bahwa koefisien perpindahan panas tidak dipengaruhi secara signifikan oleh nilai kualitas fasa.

## SARAN

Untuk penelitian berikutnya sebaiknya dilakukan penelitian mengenai bagaimana pengaruh aliran dua fasa terhadap koefisien perpindahan panas pada segmen uji pipa lurus sehingga dapat dibandingkan dengan pipa spiral.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis begitu banyak menerima bantuan dari berbagai pihak dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesarbesarnya kepada :

1. Teristimewa istri penulis, yang telah mencurahkan segala kasih sayang, perhatian, kesabaran dan pengorbanan, serta dorongan, dan motivasi untuk penulis.
2. Ibu Rachmasari Pramita W. ST,MM selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridharma Balikpapan.
3. Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridharma atas ilmu yang tidak ternilai harganya,
4. Fakultas Teknik Universitas Tridharma atas bantuannya.

5. Bapak Kennecks Lallo Dendang selaku Direktur Utama PT. ANJEV MITRA KARYA
6. Bapak Tinus Boro selaku Manager Umum Operational di PT. ANJEV MITRA KARYA Balikpapan
7. Bapak Mannix Mondoringin selaku Penyelia Operational di PT. ANJEV MITRA KARYA Balikpapan
8. Seluruh staf dan karyawan di PT. ANJEV MITRA KARYA Balikpapan
9. Seluruh sahabat-sahabat atas segala doa, pengarahan, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis
10. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama ini
11. Seluruh pihak yang telah banyak memberikan bantuan yang tidak bisa disebutkan satu-persatu

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali ME. 2006. Natural Convection Heat Transfer From Vertical Helical Coil In Oil. Heat Transfer Engineering ; 27(3);79-85.
- Devanahalli GP, Timothy JR, Vijaya Raghavan GS. 2004. Natural Convection Heat Transfer From Helical Coiled Tubes. International Journal Of Thermal Science ; 43(4):359-65.
- Colorado D. 2010. Heat Transfer Using A Correlation By Neural Network For Natural Convection From Vertical Helical Coil In Oil And Glycerol/Water Solution.
- Choi Kwang, Taek. Jong. 2011. Two-Phase Flow Boiling Heat Transfer of R-410A and R-134A in Horizontal Small Tubes.
- Noname.<http://titipansahabat.blogspot.com/2010/06/ccontoh-aliran-panas.html>
- The McGraw-Hill Companies. 1998. Convection Heat Transfer.  
<http://www.mhhe.com/engcs/mech/cengel/notes/ConvectionHeatTransfer.htm>
- C. Yunus. 2006. Heat and Mass Transfer A Practical Approach. Third Edition SI Units.
- Noname, <http://heat-exchanger-alat-penukar-panas.htm>,
- Berger, S.A., and L. Talbot. 1983. Flow in Curved Pipes. Ann. Rev. Fluid Mech.15 : 461-512.
- Prasetya S. 2011. Analisis Koefisien Perpindahan Kalor Eksperimen untuk Aliran Evaporasi Dua Fasa pada Kanal Mini Horizontal dengan Refrigeran R-22.