

# **TUGAS AKHIR**

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

**Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan tahap Sarjana**



**Oleh :**

**RAHMADIAN PRATAMA**

**1210912023**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ANDALAS**

**2017**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

Kampus Limau manis, PADANG 25163  
Telp/PABX: 0751-72497, 72564. Fax 0751-72566

---

**PENETAPAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Mesin, diberikan kepada :

Nama : Rahmadian Pratama  
Nomor BP : 1210912023  
Dosen Pembimbing Utama : Adek Tasri, Ph.D  
Jangka Waktu Penyelesaian :  $\pm$  16 Bulan  
Judul Tugas Akhir : Penentuan Pengaruh Kualitas Uap pada Koefisien Perpindahan Panas Di Dalam Pipa Heliks  
Isi Tugas Akhir :

1. Pendahuluan
2. Tinjauan Pustaka
3. Metodologi
4. Hasil dan Pembahasan
5. Penutup

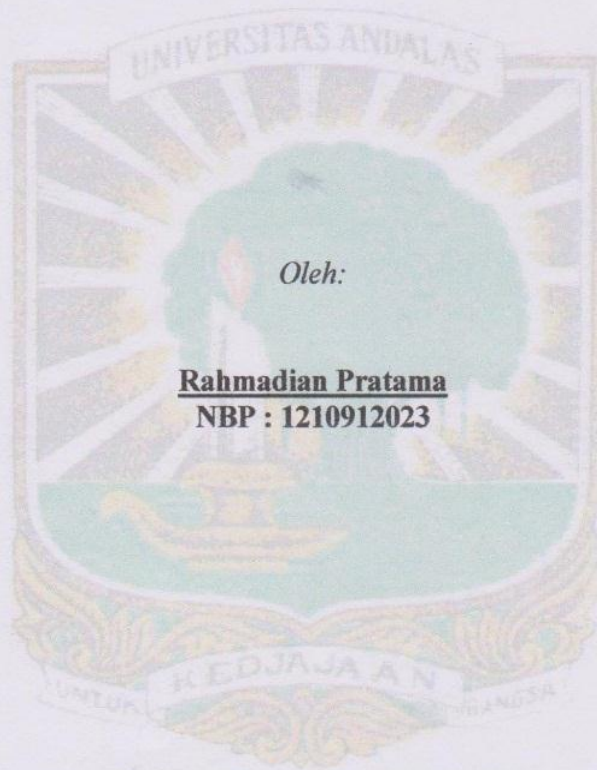
Padang, April 2017

Pembimbing Utama

**Adek Tasri, Ph.D**  
NIP. 19671006 199203 1 002

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PENENTUAN PENGARUH KUALITAS UAP  
PADA KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS  
DI DALAM PIPA HELIKS**



*Oleh:*

**Rahmadian Pratama**  
**NBP : 1210912023**

*Telah diperiksa dan disetujui oleh:*

**Pembimbing Tugas Akhir**

**Adek Tasri, Ph. D**  
**NIP. 196710061992031002**

## **Thanks to...**

### **Keluarga :**

*Dengan kehadiran Allah SWT, abang mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa dengan tulus ikhlas mendidik, membimbing, memberikan limpahan kasih sayang serta memanjatkan doa dalam setiap sujudnya demi menantikan keberhasilan abang. Abang minta maaf sebelumnya karena terlalu lama dan lalai dalam menyelesaikan tugas akhir ini Pa, Ma. Untuk adik – adik, Nisa Nouval dan Nayla terimakasih karena telah menjadi penyemangat di dalam diri untuk menghadapi semua kesulitan yang ada. Terimakasih keluarga karena telah menjadi alasan utama bagi abang untuk terus maju dan berusaha lebih baik di kehidupan ini.*

### **Pembimbing TA :**

*Penghargaan yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pembimbing tugas akhir Bapak Adek Tasri, Ph.D yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, mendidik, mengkritisi, dan mengarahkan pembuatan penulisan skripsi ini. Dan terimakasih juga pak, telah mengajarkan prinsip dan arti kehidupan melalui proses skripsi ini. Maaf kalau selama ini suka kelamaan menghilang dan bikin repot pak.*

### **Pembimbing PA :**

*Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Firman Ridwan, Ph.D selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak nasehat dan arahan setiap awal semester selama menempuh pendidikan di Universitas Andalas sehingga saya dapat menjalankan kehidupan akademik dengan lancar dan baik pak.*

### **Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin UNAND :**

*Terimakasih penulis ucapkan kepada bapak dan ibu yang udah memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan. Terimakasih kepada Pak Adjar dan Pak Lovely*

*Son selaku penguji seminar proposal dan seminar hasil tugas akhir saya sehingga saya dapat lanjut ke tahap siding. Terimakasih kepada Pak Hendery Dahlan, Pak Berry, dan Pak Jon Affi selaku penguji siding sarjana saya sehingga saya dapat menggunakan gelar ST setelah nama saya pak. Terimakasih kepada Buk Endri Yani selaku pembimbing KP saya. Terimakasih kepada Pak Adam, Pak Adly, Pak Agus, Pak Benny, Pak Dedison, Pak Iskandar, Pak Hairul Abrar, Pak Mulyadi Bur, Pak Nusyirwan, Pak Uyung, Pak Devi, Pak Dendi, Pak Eka, Pak Gusriwandi, Pak Hendri Yanda, Pak Ismet, Pak Jhon Malta, Pak Meifal, Pak Syamsul, Pak Ilhamdi, Pak Yul, Pak Zulkifli Amin, Pak Gun atas ilmu yang diberikan sehingga saya memiliki bekal untuk menjalani kehidupan selanjutnya. Terimakasih kepada Da Don, Da Feri, Da Frans, Pak Mirza, Pak Mukhlis, Buk Yusi, Ni En, Buk Desi, Ni Ayu atas bantuan yang begitu besar sehingga saya lebih mudah mengurus-urus.*

***For The People That's Special To Me :***

*Terimakasih kepada orang – orang terdekat selama ini yang menemani dan memberikan semangat untuk terus berusaha menghadapi semuanya. Terimakasih kepada Syuhada Emilia karena telah memberikan semangat dan mengisi hari – hari penulis selama ini, terimakasih karena berperan dibalik layar dalam proses skripsi ini. Terimakasih kepada Brother Jon (Dany, Iped, Amaik, Afdhal, Agi, Ary, Fadel, Ewal, Haki, Dira, Risda, Rahma), kalian lah sahabat terdekat selama kurang lebih 5 tahun ini, kalian tempat curhat dan pencarian solusi terbaik untuk mengatasi masalah serta terimakasih karena telah membawa saya mutar-mutar Sumbar, Special untuk Afdhal Depok terimakasih karena telah menjadi Mama Kos Terbaik hahaha. Terimakasih kepada Caam Bule, Ajir, Ponoik, Rafif, Kanzul, AO, Gege, Won, Yodi Komting yang telah banyak menemani selama 5 tahun ini, yang banyak memberikan suka dan duka selama ini.*

***Keluarga Besar HMM FT-UNAND :***

*Terimakasih buat uda-uda dan uni-uni yang telah memberikan kesempatan buat penulis mencoba hidup di dalam keluarga HMM FT-UNAND. Jujur, saya sangat tidak*

*menyesal bisa masuk ke dalam himpunan ini, sangat menyenangkan dan bermanfaat bagi kepribadian diri sendiri. Bisa belajar bagaimana cara beradaptasi dan bisa bergaul dengan siapa saja. Bisa belajar art kekompakan dan kebersamaan serta tidak melupakan utk mengembangkan kreatifitas dan kritis diri, dan yang paling utama nilai etika yang sangat berguna sehingga mampu menjalani kehidupan sosial dengan baik. Kalau disebutkan semua manfaatnya mungkin bisa berlembar-lembar dan bisa kalah tebal skripsi ini. Sukses untuk kita semuanya, mari kita jaga dan tingkatkan HMM untuk selamanya.*

*Metal Gear (M25) :*

*Sebelumnya saya minta maaf atas adanya pemisahan nama dari kawan-kawan semuanya, bukan bermaksud menunjukkan geng ataupun milih-milih kawan, itu hanya menunjukkan kalau saya lebih banyak interaksi dengan mereka, tolong jangan diartikan negatif. Jujur, M25 lah yang paling berperan penting bagi pribadi saya untuk terus maju dan berusaha lebih baik. Yang awalnya ospek datang terlambat agar waktu untuk dimarahin sedikit sampai akhirnya sadar, sehingga berangkat ospek tu selalu jam 5 pagi, selalu naik angkot pagi-pagi sendiri karena terlalu pagi berangkatnya, semuanya itu karena kawan-kawan yang memberikan kesadaran akan arti kebersamaan dan arti memiliki teman yang sebenarnya. Jujur, kawan-kawan yang merubah saya dari orang yang berpikiran “kucai”, mengajarkan saya bagaimana baiknya berkorban demi kebersamaan. Terlalu banyak kenangan dan cerita yang akan dituliskan, intinya sukses untuk kita semua. Maafkan saya kalau selama berteman banyak buat kesalahan, makasih atas canda tawanya selama ini. Jujur, senang banget bisa berteman dengan kalian semua, intinya kalian kawan terhebat yang pernah ada. Terimakasih kepada Cuik, Aan, Cicha, Raisa, Ipit, Abdi, Ade, Adnel, Ari Guru, Ucok, Aldo, Alfasan, Andi, Andik, Inyiak, Dayat, Dimen, Tambi, Arman, Labo, Oca, Sigit, Azril, Bayu, Boma, Ajo, Chendra, Candra Mulia, Danny IKC, Deri, Dicky, Dimas, Dindi, Edwar, Endri, Erit, Farik Mamak, Capaik Kuciang, Fajar, Fauzan, Fegy, Ferdian, Ferdy, Fico, Hafizh, Hanafi, Harry Ben, Een Klewang, Herwin, Ibnu, Sansil, Caam Tagak Surang, Imam Hap, Ibil, Ivan PK, Ivandri, Jevinder, Joko, Azhar,*

*Khairul, Sakai, Yogi KP, Momo, Maro, Marshal, Masagus, Melzi, Memet, Akbar, Alfi, Ikhsan, Irfan, Ridho, Jeger, Mulya, Noval, Vyer, Orizo, Peli, Kepler, Qori, Rafben, Agung, Alju, Hakim, Capaik Carli, Raisa, Ramul, Rantau, Resky, Rice, Robert, Robi, Isroq, Teguh, Hengky, Iif, Odie, Zikri, Ipang, Wiwing, Yogy Nasi Dingin, Vito, Martin, Nurul Fikri, Aidil Hakim, Kombet, Angga, Rinaldi, Zulfikri Konco, Rudi, Kapri. Maaf jika ada nama yang tidak disebutkan dan maaf jika penyebutan nama tanpa gelar. Terimakasih banyak kawan-kawan semua, mudah-mudahan kita dapat berkumpul lagi bersama.*

***LKE Crews :***

*Ini lah keluarga selanjutnya setelah keluarga-keluarga di atas, ini keluarga yang akhir-akhir ini banyak memberikan kenangan. Formalnya saja dinamakan sebagai “asisten”, tetapi banyak hal yang kami lakukan melebihi dari kegiatan asisten. Terimakasih kepada Da Baim, Da Cumik, Da Ade, Da Yono, Da Havid, Da Nanda, Da Arnol, Da Edo, Da Bill, Da Mezi, Ni Yuli, Ni Copa yang sedikit banyaknya memberikan ilmu dan nasehat serta pengalaman kerja. Mandas Da Dicky Baduang (banyak ilmu yang didapatkan yaitu ilmu kepemimpinan, ilmu futsal, ilmu pingpong, dan bagaimana memahami orang), Da Doni (Sang Penguasa Cupin haha, selalu beralasan mau ngirim tugas awalnya -\_\_\_-, orang yang paling susah ditebak bagaimana kondisi hatinya, salut !!, Sang Otodidak Basket), Ni Dila (wanita paling cantik di angkatan 11 LKE, Sang Mentor MPKU, makasih atas bantuannya untuk tugas akhir awak ni), Da Gusman (Sang Mentor Orifis, Sang Master Catatan Leveling, orang yang paling sabar di lab, gak pernah marah sama kami hehe), Da Ilham (jan acok bana manggalakan kami da, marasai jo da das beko haha, makasih atas bantuannya untuk tugas akhir awak da), Da Dasriyal (orang yang alah khatam buku termo, perpan dan meklfu berkali-kali -\_\_\_-, orang yang cari lawan terus, anak kesayangan Pak Adek), Da Roffi (Sang Mentor MPKU, orang yang paling sibuk dan sukses, pola pikir mengenai kebangsaan paling mantap), Agi (sering menjadi pedoman bagi penulis, terimakasih gi), Hengky (orang yang memiliki ego dan pemikiran sendiri, kadang susah ngaturinya tapi pemikirannya sangat berguna), Ajir (bisa dibilang Mandan TA, makasih banyak*

atas bantuannya jir, jan acok bana takalok lai susah karajo beko, cari lah cewek yang sesuai lagi atau fixkan saja si "DIA", paling baperan, moodyan, payah bana diagoan lalok, ampun den jir -\_\_\_-), Odie (mana empek-empeknya lagi od haha, payah bana dijagoan lalok -\_\_\_-, ilmu leveling mantap od sehingga leveling lancar), Mulya (orang yang sering menghilang karena kesibukan tersendiri, salah satu supir lab haha, binal), Orizo (mulai fokus ke kuliah dan TA lagi ri, ditunda sebentar kesibukan di luar karena kita gak bisa memprioritaskan semuanya), Ridwan (cowok paling eksis di lab, foto model terus, kami selalu siap jika wan butuhkan wan karena kita keluarga, paling susah dibuka mengenai dirinya -\_\_\_-, coba lebih aktif himpunan wan), Yegi (awalnya malu-malu sama cewek sekarang udah rutin pacaran terus dan perkembangan yang pesat haha, belajar mempresentasikan dengan bahasa Indonesia karena dunia kerja gak ada presentasi pakai bahasa minang, Bapak ORT), Adel (pas buat ini pas banget adel ultah, happy birthday del, paling kuat di lab, Sang Master Laporan Praktikum, coba lebih mengartikan arti kebersamaan dan aktif himpunan del), Iqbal (paling banyak gaya haha, jodoh resti, coba lebih tenang dalam menjawab), Nanda Ajo (makasih banyak atas bantuannya jo, Tukang di lab, bisa apa saja dan diandalkan di lapangan, jangan takut salah jo karena kalau kita diam saja berarti kita 100% salah), Asyad (Sang Rentenir, banyak alasan -\_\_\_-, coba lebih dikurangi egonya dan jangan kebiasaan main aman), Cici (Sek Ntik, wanita yang paling sedih di dunia, paling galau, jodoh ajir, coba lebih diatur perasaan emosionalnya ci sehingga gak nampak lemahnya kita, coba diatur rasa sayangnya jangan sedikit dikasih perhatian udah sayang aja -\_\_\_-), Resti (Jodoh Da Maman, hati-hati termakan ucapan sama ridwan dan Iqbal hahaha, Sang Pembalap, Sang Olahragawan, coba lebih diatur lagi egonya dan tau akan kodrat wanita, gak perlu dilawan semuanya), Restia (Amak ORT, takalok taruih se -\_\_\_- ka diberangan baa lah -\_\_\_-, jiwanya mantap, ayo mak dikejar ketinggalan akademiknya, manfaatkan lab mak untuk belajar), Aldo (Sang Entrepreneur, malawan se karajo ang taruih -\_\_\_-, coba lebih dikurangi keras kepalanya dan diatur emosinya sehingga bisa tenang dalam berpikir), Amaik (Dimasnya LKE, gerak cepat ketika di suruh, mantap maik !!, paling susah menebak ang serius atau indak maik -\_\_\_-, mancakahim, coba lebih tegas maik, gak semuanya



*harus ditenggang maik), Ojik (Sang Aktivis, jangan lawan taruih kawan-kawan ang, jangan segan-segan sama orang lab jik karena kita keluarga, coba lebih terbuka lagi dan lebih tenang dalam berpikir), Habib (alah mulai palalok ang kini ---, pertahankan prinsip kuatnya, ayo bangkitkan minat dan bakat di lab, coba lebih mendengarkan dan memahami orang lain bib), Riki (MACAN (malu-malu cangkok), sok pendiam dan sok cool---, kalau riki masih ragu silahkan dicoba terus sampai riki menemukan jawaban pasti, coba lebih berani dan terbuka lagi ke orang lab ki), Teguh (Sang Preman, bangkitkan minat membaca di lab, Sang Penyimpan Rahasia Orang, ang lawan se lah den taruih guh, coba lebih tempatkan diri pada tempat yang sepantasnya guh), Revy (ang mangecek jarang bana baujung ---, bisa diandalkan di lapangan, coba lebih belajar memahami orang lain, belajar etika bergaul), Suci (Hei Bro, Anak Bungsu, jadi keingat adek uda kalau lagi sama suci hehe, jangan di tahan-tahan, diungkapkan aja kalau menurut suci itu benar), Rury (sering di bully demi kesenangan bersama hahaha, sering kali terlalu memperhatikan orang ---, coba lebih berpikir mengenai hal-hal yang penting saja, lebih berani ambil keputusan).*

*Alhamdulillah keberhasilan yang diperoleh penulis tidak lepas dari semua pihak-pihak yang telah membantu baik terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Terimakasih banyak penulis ucapkan kepada semua pihak baik yang disebutkan di atas maupun yang tidak disebutkan. Maaf bagi yang tidak disebutkan bukan bermaksud melupakan atau sebagainya. Semoga kita semua sukses untuk kedepannya dan dapat mencapai impian masing-masing serta hubungan silaturahmi kita tidak terputus sampai akhir hayat. Dan mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah diperbuat baik disengaja maupun tidak disengaja.*

*Wassalam,*

*Rahmadian Pratama*

## 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 heliks. 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 PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Penentuan Pengaruh Kualitas Uap Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Di Dalam Pipa Heliks**”

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kendala yang dihadapi dan kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis begitu banyak menerima bantuan dari berbagai pihak dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis, yang telah mencurahkan segala kasih sayang, perhatian, kesabaran dan pengorbanan, serta dorongan, dan motivasi untuk penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Eka Satria selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
3. Bapak Ismet Hari Mulyadi, Ph.D selaku Koodinator Akademik Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
4. Bapak Firman Ridwan, Ph. D selaku pembimbing akademik, terimakasih atas segala arahan dan nasehat yang telah bapak berikan.
5. Bapak Adek Tasri, Ph.D selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Hendery Dahlan, Ph.D, Bapak Dr. Eng. Jon Affi, Bapak Berry Yuliandra, MT, sebagai penguji sidang sarjana yang telah memberikan nasehat dan saran yang harus dilakukan setelah mendapatkan gelar sarjana.
7. Bapak Dr. Adjar Pratoto dan Bapak Dr. Eng. Lovely Son, sebagai penguji seminar proposal dan seminar hasil tugas akhir yang telah memberikan petunjuk dan saran.

8. Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas atas ilmu yang tidak ternilai harganya, dan seluruh Karyawan/i Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas atas bantuannya.
9. Seluruh rekan Laboratorium Motor Bakar & Otomotif dan Laboratorium Teknik Pendingin atas segala bantuannya baik secara langsung ataupun tidak langsung.
10. Seluruh sahabat-sahabat atas segala doa, pengarahan, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
11. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama ini.
12. Seluruh pihak yang telah banyak memberikan bantuan yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin berusaha mencurahkan segenap kemampuan, tenaga dan waktu agar tugas akhir ini dapat selesai dengan baik, namun penulis menyadari masih banyak kekurangan di dalamnya. Untuk itu saran dan kritikan yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan. Akhirnya harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Padang, April 2017

Rahmadian Pratama

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip dan Teori Dasar Perpindahan Panas .....	4
2.2 Perpindahan Panas Konveksi .....	4
2.3 Heat Exchanger .....	5
2.4 <i>Heat Exchanger</i> Tipe Kontak Langsung.....	6
2.5 <i>Heat Exchanger</i> jenis Koil Heliks Vertikal .....	8
2.6 Aliran Dua Fasa ( <i>Two Phase Flow</i> ).....	10
2.7 Termokopel .....	13
2.8 Data Logger Omron ZR-RX20 .....	14
2.9 Wattmeter.....	14
2.10 Penentuan Jumlah Sampel Data .....	15

### BAB III METODOLOGI

3.1 Perancangan Perangkat Alat Uji .....	17
3.1.1 Pendefinisian Kebutuhan.....	17

3.1.2	Konsep Rancangan Alat Uji .....	18
3.1.3	Komunikasi Desain .....	21
3.1.4	Detail Desain .....	21
3.2	Penyusunan Rencana Percobaan .....	28
3.3	Pengujian.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Data Hasil Percobaan .....	32
4.2	Analisis Hasil Pengujian .....	35
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Perpindahan Panas Konveksi .....	4
<b>Gambar 2.2</b> Perpindahan Panas Konveksi Bebas dan Paksa .....	5
<b>Gambar 2.3</b> <i>Cooling Tower</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Macam Rangkaian <i>Tube</i> Pada <i>Heat exchanger Shell &amp; tube</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Diagram P-h.....	11
<b>Gambar 2.6</b> Pendidihan Fluida di dalam Pipa yang Dipanaskan .....	12
<b>Gambar 2.7</b> Termokopel.....	13
<b>Gambar 2.8</b> Data Logger Omron ZR-RX20 .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Wattmeter .....	15
<b>Gambar 3.1</b> Tahapan Perancangan .....	17
<b>Gambar 3.2</b> (a) Konsep A ; (b) Konsep B ; (c) Konsep C .....	19
<b>Gambar 3.3</b> Konsep Alat Uji .....	20
<b>Gambar 3.4</b> (a) Skema Alat Uji ; (b) Detail Segmen Uji .....	22
<b>Gambar 3.5</b> Pemanas Listrik .....	23
<b>Gambar 3.6</b> Wadah .....	23
<b>Gambar 3.7</b> <i>Ball Valve</i> .....	24
<b>Gambar 3.8</b> Koil Heliks Pengujian .....	24
<b>Gambar 3.9</b> Pompa .....	25
<b>Gambar 3.10</b> Termokopel Tipe K .....	25
<b>Gambar 3.11</b> Data Logger .....	26
<b>Gambar 3.12</b> <i>Dual Element Heating Tape</i> .....	26
<b>Gambar 3.13</b> Thermostat .....	27
<b>Gambar 3.14</b> Wattmeter .....	27
<b>Gambar 3.15</b> Gelas Ukur .....	28
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Koefisien Perpindahan Panas VS Kualitas Fasa .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas .....	36

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Pengujian .....	29
<b>Tabel 3.2</b> Tabel Data Hasil Percobaan .....	31
<b>Tabel 4.1</b> Data Hasil Percobaan .....	34







# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 LATAR BELAKANG

Salah satu alat perpindahan panas yang banyak digunakan peralatan teknik adalah penukar panas jenis koil heliks vertikal. Koil heliks vertikal adalah berupa sebuah pipa yang dibuat dengan bentuk melingkar (*spiral*) dimana diantara lingkaran satu dengan yang lainnya memiliki jarak tertentu (*pitch*). Selain digunakan pada proses *heating, refrigerating, ventilating, air conditioning system* dan *energy systems* [1], koil heliks 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 heliks vertikal juga dapat mengurangi panjang dari *heat exchanger* [2].

Sejumlah penelitian perpindahan panas pada koil heliks 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 [3]. 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 [4]. 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 [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 heliks 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.

## **I.2 TUJUAN**

Tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah menentukan pengaruh fluida berwujud dua fasa pada koefisien perpindahan panas pada aliran di dalam koil heliks.

## **I.3 MANFAAT**

Memberikan informasi dan pengetahuan bagi para akademisi dalam melakukan eksperimen lebih lanjut tentang koefisien perpindahan panas yang terjadi pada penukar panas jenis heliks dengan fluida kerja berwujud campuran cair dan gas.

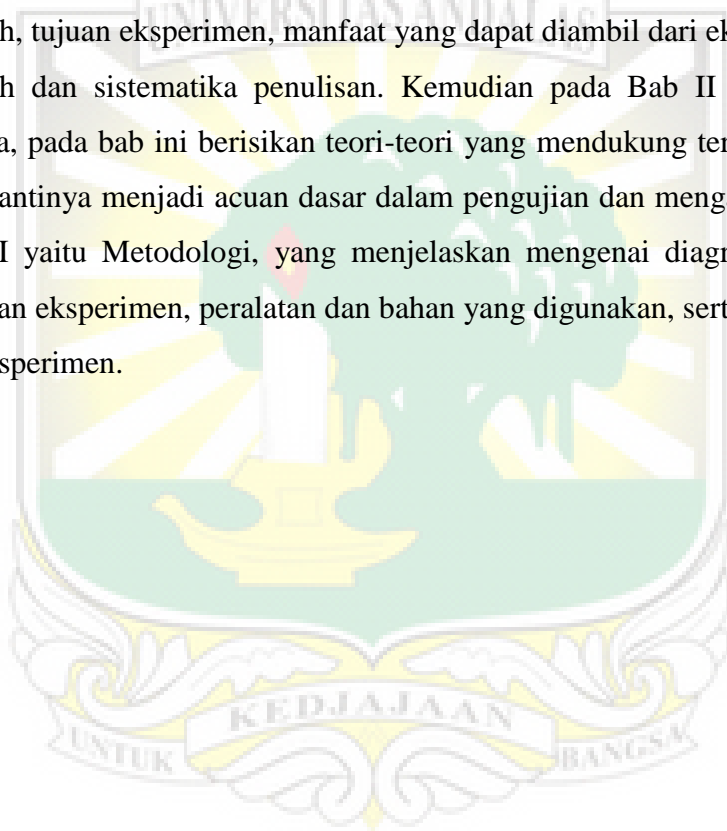
#### **I.4 BATASAN MASALAH**

Batasan masalah penelitian ini dilakukan dengan kondisi sebagai berikut :

1. Bentuk pipa yang digunakan adalah pipa koil vertikal.
2. Laju aliran yang digunakan yaitu 6 liter/menit
3. Diameter pipa heliks yang digunakan yaitu  $\frac{1}{4}$  inchi

#### **I.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

Pada Bab I yaitu Pendahuluan , dimana menjelaskan mengenai latar belakang masalah, tujuan eksperimen, manfaat yang dapat diambil dari eksperimen, batasan masalah dan sistematika penulisan. Kemudian pada Bab II terdapat Tinjauan Pustaka, pada bab ini berisikan teori-teori yang mendukung terhadap eksperimen yang nantinya menjadi acuan dasar dalam pengujian dan menganalisis data. Pada Bab III yaitu Metodologi, yang menjelaskan mengenai diagram skematik dari peralatan eksperimen, peralatan dan bahan yang digunakan, serta langkah-langkah dari eksperimen.





## BAB II

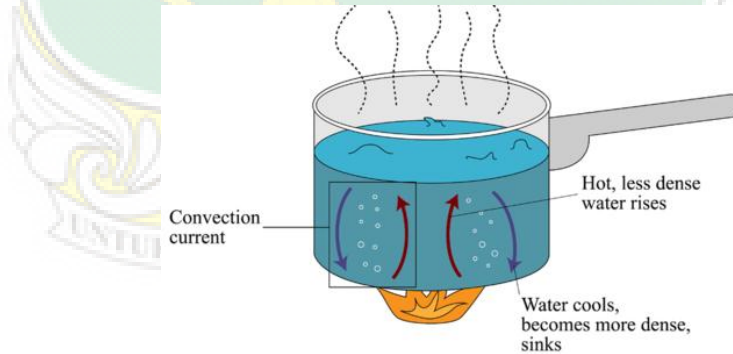
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Prinsip dan Teori Dasar Perpindahan Panas

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah.

#### 2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses transpor energi panas pada media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir, atau sebaliknya (pada keduanya terdapat perbedaan temperatur), sesuai pada Gambar 2.1.



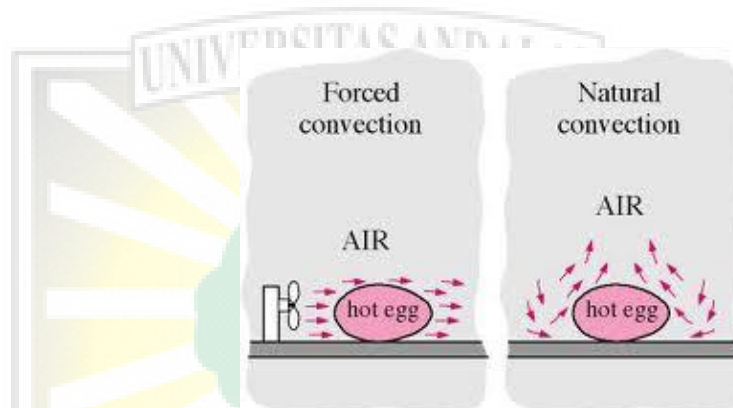
Gambar 2.1 Perpindahan panas konveksi [7]

Rumus konveksi :

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \quad (2.1)$$

Pada Gambar 2.2, perpindahan panas konveksi terbagi 2, yaitu :

- Perpindahan panas konveksi bebas (*Natural Convection*)  
Merupakan perpindahan panas konveksi yang terjadi secara alami tanpa menggunakan alat bantu.
- Perpindahan panas konveksi paksa (*Force Convection*)  
Merupakan perpindahan panas konveksi yang terjadi secara paksa karena menggunakan alat bantu seperti peniup dan sebagainya.



**Gambar 2.2** Perpindahan panas konveksi bebas dan paksa[8]

Perpindahan kalor konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi antara permukaan suatu material baik padat maupun cair dengan aliran fluida yang bergerak disekitarnya akibat adanya perbedaan temperatur. Proses perpindahan kalor konveksi merupakan proses perpindahan kalor yang paling kompleks karena banyak sekali variabel-variabel yang mempengaruhi besarnya perpindahan kalor yang terjadi. Variabel tersebut diantaranya adalah geometri, percepatan aliran udara dan sifat-sifat fluida.

### **2.3 Heat Exchanger**

Alat penukar panas atau *heat exchanger* (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain yang memiliki temperatur berbeda tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin [9]. Biasanya, medium pemanas yang dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air dengan temperatur kamar sebagai air pendingin (*cooling water*). *Heat*

*exchanger* juga merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mentransfer energi panas (entalpi) antara dua atau lebih fluida, antara permukaan padat dengan fluida, atau antara partikel padat dengan fluida, pada temperatur yang berbeda serta terjadi kontak termal.

Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antar fluida terhadap dinding pemisah maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). *Heat exchanger* sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi dan pembangkit listrik. Lebih lanjut, *heat exchanger* digunakan sebagai alat pembuang panas, alat sterilisasi, pasteurisasi, pemisahan campuran, distilasi (pemurnian, ekstraksi), pembentukan konsentrat, kristalisasi, atau juga untuk mengontrol sebuah proses fluida. Salah satu contoh sederhana dari alat *heat exchanger* adalah jenis koil heliks pada *heat exchanger* kontak langsung.

#### **2.4 Heat Exchanger Tipe Kontak Langsung**

Suatu alat yang di dalamnya terjadi perpindahan panas antara satu atau lebih fluida yang diikuti dengan terjadinya pencampuran sejumlah massa dari fluida-fluida tersebut disebut dengan *heat exchanger* tipe kontak langsung. Perpindahan panas yang diikuti pencampuran fluida, biasanya diikuti dengan terjadinya perubahan fasa dari salah satu atau lebih fluida kerja tersebut. Terjadinya perubahan fasa tersebut menunjukkan terjadinya perpindahan energi panas yang cukup besar. Perubahan fasa juga meningkatkan kecepatan perpindahan panas yang terjadi [10]. Macam-macam dari *heat exchanger* tipe ini antara lain adalah:

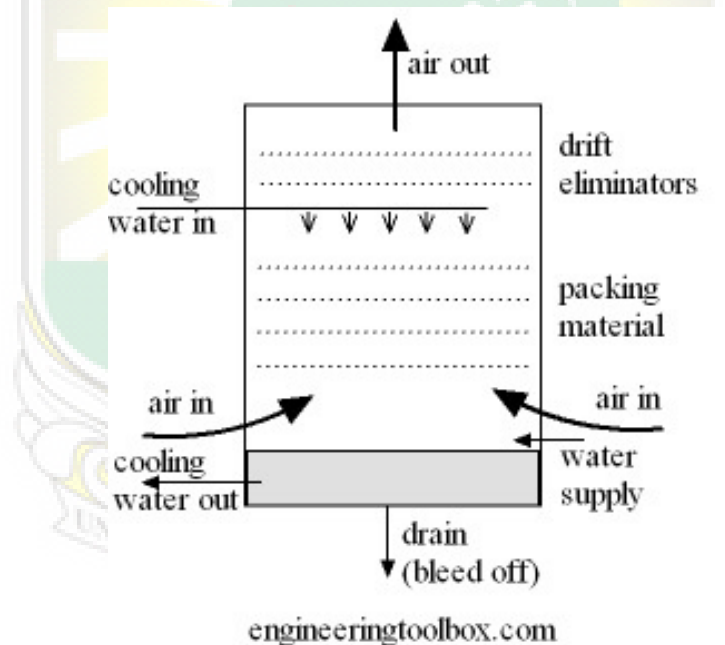
##### *1. Immiscible Fluid Exchangers*

*Heat exchanger* tipe ini melibatkan dua fluida dari jenis berbeda untuk dicampurkan sehingga terjadi perpindahan panas yang diinginkan. Proses yang terjadi kadang tidak akan mempengaruhi fase dari fluida, namun bisa juga diikuti dengan proses kondensasi maupun evaporasi. Salah satu penggunaan *heat exchanger* ini adalah pada sebuah alat pembangkit listrik tenaga surya [10].



## 2. Gas-Liquid Exchanger

Pada tipe ini, ada dua fluida kerja dengan fase yang berbeda yakni cair dan gas. Namun umumnya kedua fluida kerja tersebut adalah air dan udara. Salah satu aplikasi yang paling umum dari *heat exchanger* tipe ini adalah pada cooling tower tipe basah. Cooling tower biasa digunakan pada pembangkit-pembangkit listrik tenaga uap yang terletak jauh dari sumber air. Udara bekerja sebagai media pendingin, sedangkan air bekerja sebagai media yang didinginkan. Air disemprotkan ke dalam cooling tower sehingga terjadi percampuran antara keduanya diikuti dengan perpindahan panas. Sebagian air akan terkondensasi lagi sehingga terkumpul pada sisi bawah cooling tower, sedangkan sebagian yang lain akan menguap dan ikut terbawa udara ke atmosfer [10].



Gambar 2.3. Cooling Tower [10]

## 3. Liquid-Vapour Exchanger

Perpindahan panas yang terjadi antara dua fluida berbeda fase yakni uap air dengan air yang juga diikuti dengan pencampuran sejumlah massa antara keduanya, termasuk ke dalam *heat exchanger* tipe kontak langsung. *Heat*

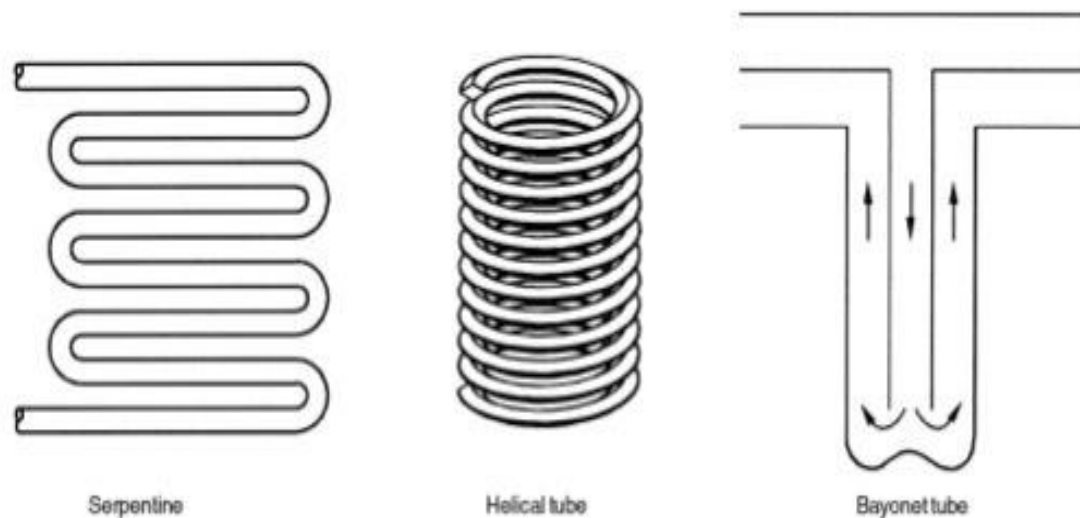
*exchanger* tipe ini dapat berfungsi untuk menurunkan temperatur uap air dengan jalan menyemprotkan sejumlah air ke dalam aliran uap air tersebut (pada boiler proses ini biasa disebut dengan desuperheater spray), atau juga berfungsi untuk meningkatkan temperatur air dengan mencampurkan uap air ke sebuah aliran air (proses ini terjadi pada bagian deaerator pada siklus pembangkit listrik tenaga uap) [10].

## **2.5 Heat Exchanger jenis Koil Heliks Vertikal**

Koil heliks vertikal adalah sebuah pipa dengan diameter kecil dan konsentris ditempatkan dalam pipa yang lebih besar, kemudian pipa tersebut digabungkan dalam heliks. Tipe ini sistemnya kuat, mampu menangani tekanan tinggi.

*Heat exchanger* jenis koil heliks vertikal termasuk dalam tipe *shell & tube*. Tipe *shell & tube* ini menjadi satu tipe yang paling mudah dikenal. Tipe ini melibatkan *tube* sebagai komponen utamanya. Salah satu fluida mengalir di dalam *tube*, sedangkan fluida lainnya mengalir di luar *tube*. Pipa-pipa *tube* didesain berada di dalam sebuah ruang berbentuk silinder yang disebut dengan *shell*, sedemikian rupa sehingga pipa-pipa *tube* tersebut berada sejajar dengan sumbu *shell*.

Perpindahan panas pada profil melengkung dan heliks pipa melingkar telah menjadi subjek dari beberapa studi karena relatif memiliki koefisien perpindahan panas yang tinggi. Arus dalam pipa melengkung memiliki aliran yang berbeda dengan tabung lurus karena adanya aliran sentrifugal. Aliran sentrifugal menghasilkan aliran sekunder normal terhadap arah utama aliran yang meningkatkan baik faktor gesekan dan laju perpindahan panas [11]. Perpindahan panas dalam tabung lurus diatur oleh bilangan Reynolds dan Prandtl.



**Gambar 2.4.** Macam-macam Rangkaian Pipa Tube Pada Heat exchanger Shell & tube [10]

Koefisien perpindahan panas pada koil heliks dapat dihitung dengan memperhitungkan panas yang terbuang dari koil sesuai dengan eksperimen “*Natural Convection Heat Transfer from Vertical Helical Coil in Oil*” [3] dengan persamaan :

$$Q = \dot{m}C_p[(T_c)_{in} - (T_c)_{out}] \quad (2.2)$$

Dimana  $Q$  adalah panas buang dari koil,  $\dot{m}$  adalah massa dari aliran air panas,  $(T_c)_{in}$  adalah temperatur masuk koil dan  $(T_c)_{out}$  adalah temperature keluar koil. Kemudian setelah nilai  $Q$  didapatkan, resistansi termal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{\Delta T_{lm}}{R_{th}} \quad (2.3)$$

Dimana

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_c)_{in} - (T_c)_{out}}{\ln \left[ \frac{(T_c)_{in} - T_a}{(T_c)_{out} - T_a} \right]} \quad (2.4)$$

Dan  $R_{th}$  didefinisikan sebagai

$$R_{th} = \left[ \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o} \right] \quad (2.5)$$

Pada eksperimen ini juga dijelaskan bahwa perpindahan panas yang melalui dinding pipa koil heliks dan temperatur fluida yang terjadi berkaitan dengan koefisien perpindahan panas, dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

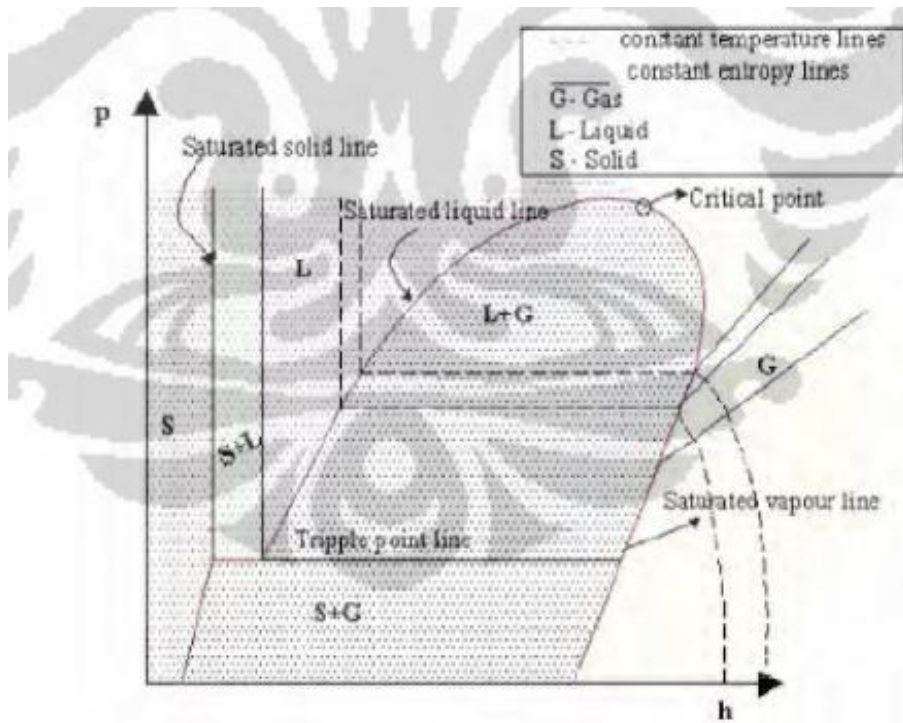
$$h = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (2.6)$$

## 2.6 Aliran Dua Fasa (*Two Phase Flow*)

Aliran dua fasa yaitu aliran fluida dimana terdiri dari fasa liquid dan fasa gas yang biasanya terjadi pada proses pendidihan atau kondensasi. Untuk mempelajari dan menganalisa aliran dua fasa dilakukan beberapa macam asumsi yang umumnya digunakan diantaranya :

- Model aliran homogen (*homogeneous flow model*)  
Pada metode analisa ini mengasumsikan bahwa aliran dua fasa sebagai aliran satu fasa.
- Model aliran terpisah (*the separated flow model*)  
Pada pendekatan ini, aliran dua fasa dianggap sebagai aliran yang terpisah yaitu aliran dengan fasa liquid dan fasa gas dimana masing-masing fasa memiliki persamaannya masing-masing
- Model pola aliran (*flow pattern model*)  
Pada pendekatan ini aliran dua fasa dianggap tersusun oleh satu dari tiga atau empat geometri yang telah ditentukan. Geometri tersebut berdasarkan pada variasi konfigurasi dari pola aliran yang ditemukan ketika fasa gas dan fasa liquid secara bersamaan mengalir pada suatu kanal.

Persamaan yang berkaitan dengan aliran dua fasa dimana massa aliran dua fasa ( $m_{total}$ ) merupakan penjumlahan dari massa pada masing-masing fasa baik liquid ( $m_f$ ) dan gas ( $m_g$ ). Pada aliran dua fasa terdiri dari aliran fasa liquid dan fasa gas, untuk mengetahui kualitas fasa pada aliran dua fasa, dapat menggunakan persamaan dimana posisi kualitas massa uap dapat dilihat pada P-h diagram (diagram tekanan dengan entalpi) seperti di bawah ini :



Gambar 2.5. Diagram P-h [11]

Dimana persamaan yang digunakan :

$$x = \frac{m_g}{m_g + m_f} \tag{2.7}$$

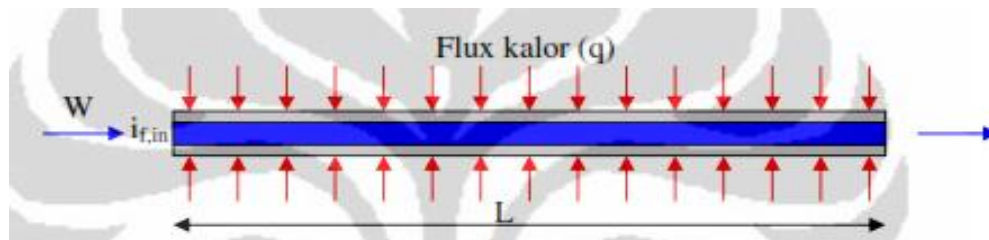
$$x = \frac{u - u_f}{u_{fg}} \tag{2.8}$$

Dimana :

- x = kualitas fasa aliran
- $m_g$  = massa uap (kg)
- $m_f$  = massa fluida (kg)
- $u_f$  = energi dalam pada saturasi liquid (kJ/kg)
- $u_{fg}$  = energi dalam pada saturasi (kJ/kg)
- u = energi dalam pada fluida dua fasa (kJ/kg)

Aliran dua fasa sering terjadi pada saat proses pendidihan dan kondensasi, dimana pada kedua proses tersebut biasanya menggunakan temperatur saturasi sebagai temperatur acuan. Bila temperatur yang dimiliki di atas temperatur saturasinya disebut dengan kondisi *superheated* sedangkan bila temperatur yang dimiliki di bawah temperatur saturasinya disebut dengan kondisi *subcooled*.

Pada kasus fluida yang melewati suatu pipa yang dipanaskan dengan memberikan fluks kalor pada pipa tersebut seperti yang diilustrasikan oleh gambar di bawah ini :



**Gambar 2.6.** Pendidihan Fluida yang Mengalir di dalam Pipa yang Dipanaskan [12]

Pada kasus ini, fluida yang masuk awalnya berfasa *subcooled* dan kemudian diberikan energi kalor oleh panas dari luar pipa sehingga mencapai kondisi aliran dua fasa (saturasi). Dan untuk mengetahui koefisien perpindahan panas lokal pada pipa yang dipanaskan dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$h = \frac{q}{T_w - T_{sat}} \quad (2.9)$$

Dimana :

- h = koefisien perpindahan panas ( $\text{kW/m}^2\cdot\text{K}$ )
- q = fluks kalor ( $\text{kW/m}^2$ )
- $T_w$  = temperature dinding pipa (K)
- $T_{sat}$  = temperature saturasi fluida (K)

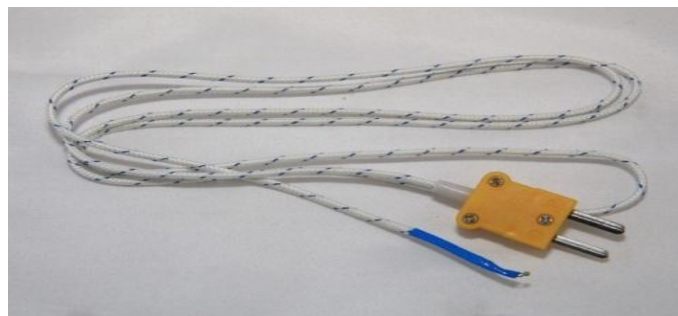
Pada aliran yang dipanaskan (*flow boiling*), perpindahan panas yang terjadi utamanya dipengaruhi oleh dua mekanisme yaitu *nucleate boiling* (pendidihan inti) dan *force convective evaporation* (penguapan konveksi paksa). Pada daerah konveksi paksa aliran dua fasa.

## 2.7 Termokopel

Termokopel merupakan salah satu jenis termometer yang banyak digunakan dalam laboratorium teknik. Dimana termokopel berupa sambungan (*junction*) dua jenis logam atau logam campuran, yang salah satu sambungan logam tersebut diberi perlakuan temperatur yang berbeda dengan sambungan lainnya.

Termokopel adalah sensor temperatur yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan temperatur dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (*voltage*). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan temperatur yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. Pembacaan nilai temperatur pada termokopel ini bisa dilihat pada termometer digital yang telah dihubungkan dengan termokopel.

Prinsip operasi termokopel ini adalah bahwa sebuah konduktor (semacam logam) yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Untuk mengukur perubahan panas ini gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada ujung benda panas yang diukur. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi temperatur, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Menggunakan logam yang berbeda untuk melengkapi sirkuit akan menghasilkan tegangan yang berbeda, meninggalkan perbedaan kecil tegangan memungkinkan kita melakukan pengukuran, yang bertambah sesuai temperatur. Pada Gambar 2.7 dapat dilihat termokopel tipe K yang sering digunakan pada dunia industri karena penggunaannya yang mudah dan akurat.



**Gambar 2.7** Termokopel [13]

## 2.8 Data Logger Omron ZR-RX20

Portabel ZR multi-fungsi data logger adalah pencatat data multi-fungsi yang dengan mudah dioperasikan oleh setiap orang, kapan saja dan di mana saja. Hal ini sejalan dengan RoHS dan CCC sertifikasi China yang dapat mengukur temperatur, kelembaban, tegangan, dan masukan logika sinyal maksimal dapat diperluas ke 200 saluran data yang terisolasi saling independen dan tidak ada gangguan.



Gambar 2.8 Data Logger Omron ZR-RX20 [14]

LCD skala cukup besar TFT memastikan grafis intuitif dan menampilkan data, Built-in memori USB + 12 MB konektor menawarkan troubleless catatan dan reproduksi lebih banyak data, konfigurasi port LAN. Proses dapat direalisasikan melalui browser WEB tanpa *software* khusus. Alat ini sangat membantu untuk R & D dan perbaikan proses produksi berbagai industri.

## 2.9 Wattmeter

Wattmeter adalah instrumen pengukur daya listrik yang pembacanya dalam satuan Watt dimana merupakan kombinasi voltmeter dan amperemeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang ada pada manual book atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada manual book yang ada.

Pengukuran daya listrik secara langsung adalah dengan menggunakan wattmeter, ada beberapa jenis wattmeter, antara lain wattmeter elektrodinamik, wattmeter induksi, wattmeter elektrostatis dan sebagainya. Yang paling banyak digunakan adalah wattmeter elektrodinamik, karena sesuai dengan karakteristiknya.





Gambar 2.9. Wattmeter [15]

Wattmeter elektrodinamik atau elektrodinamometer wattmeter instrumen ini cukup familiar dalam desain dan konstruksi elektrodinamometer tipe ammeter dan voltmeter analog. Koil yang tetap atau field koli secara seri dengan rangkaian, koil bergerak dihubungkan paralel dengan tegangan dan membawa arus yang proporsional dengan tegangan. Sebuah tahanan non-induktif dihubungkan secara seri dengan koil bergerak supaya dapat membatasi arus menuju nilai yang kecil. karena koil bergerak membawa arus proporsional dengan tegangan maka disebut presure koil atau volttagel koil dari wattmeter.

## 2.10 Penentuan Jumlah Sampel Data

Pada setiap pengukuran selalu terdapat kesalahan yang bersumber dari objek ukur seperti kesalahan peralatan, mutu peralatan ukur, dan kesalahan prosedur pengukuran. Untuk mengurangi kesalahan tersebut maka dilakukan pengulangan pengukuran.

Jumlah minimum yang dibutuhkan untuk pengulangan data dihitung dengan persamaan (2.10)

$$CI_{(1-\alpha)\%} = 2.t_{(1-\alpha/2), N-1} \frac{\delta}{\sqrt{N}} \quad (2.10)$$

$CI_{(1-\alpha)\%}$  adalah tingkat kemungkinan dari nilai suatu hasil pengukuran pada tingkat kesalahan  $\alpha$ .  $t_{(1-\alpha/2),N-1}$  adalah Student t-statistik untuk penjumlahan kemungkinan kesalahan dua sisi untuk  $\alpha$ , dengan  $N-1$  derajat kebebasan, dan  $N$  jumlah pengulangan data.  $S$  adalah standar deviasi dari hasil pengulangan.

Ketika menyelesaikan persamaan ini untuk nilai  $N$ , maka diperlukan iterasi sampai perkiraan jumlah pengulangan sesuai dengan asumsi jumlah pengulangan untuk melihat pada  $t$  statistik.





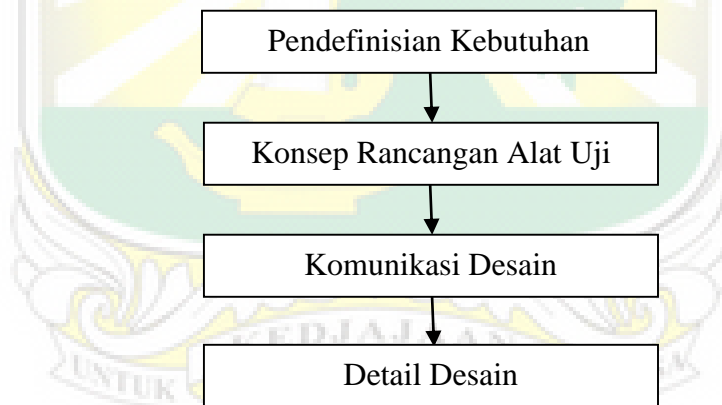
## BAB III METODOLOGI

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

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

### 3.1 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 [16], yaitu :



**Gambar 3.1** Tahapan Perancangan [16]

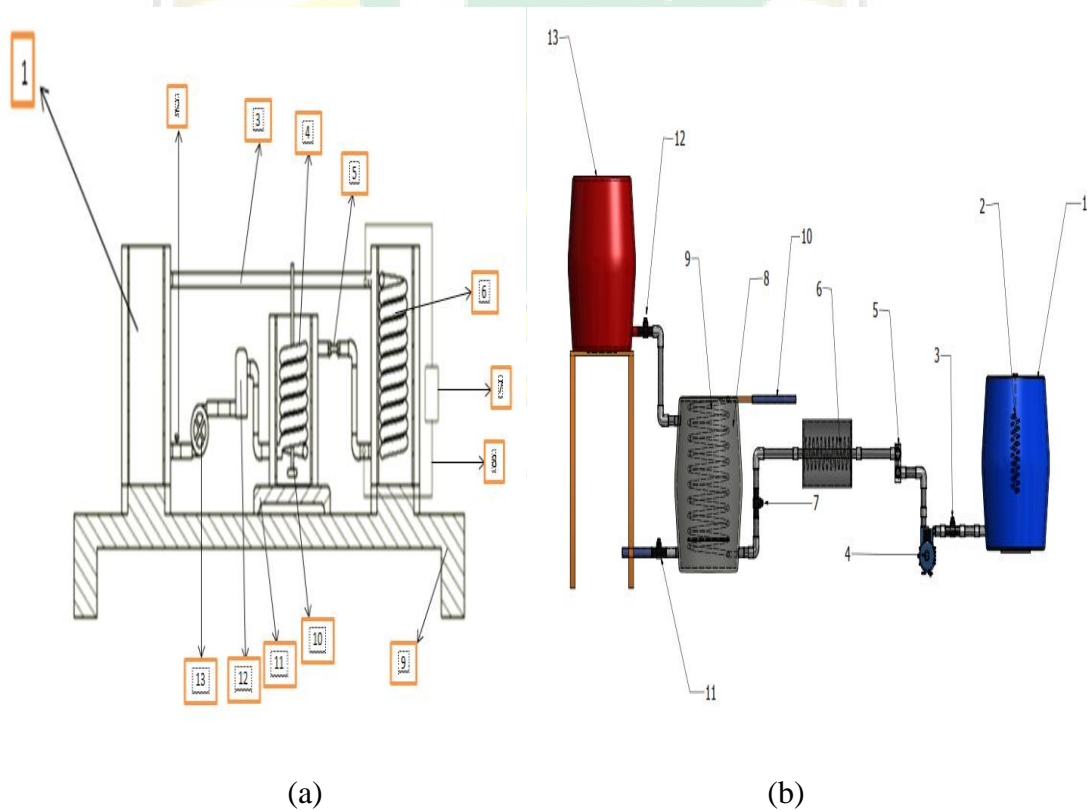
#### 3.1.1 Pendefinisian Kebutuhan

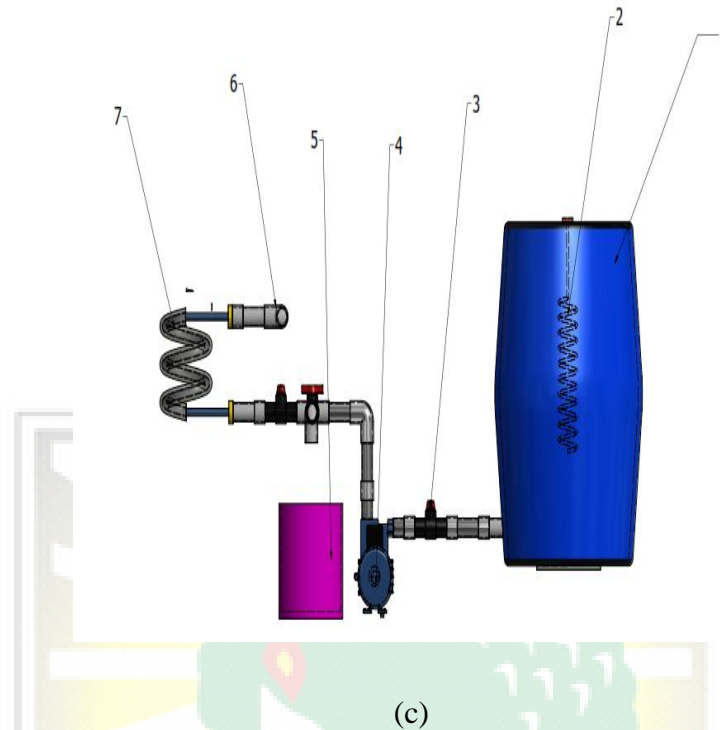
Dibutuhkan alat uji koefisien perpindahan panas pada pipa heliks dengan fluida berwujud campuran cair dan uap. Segmen uji yang digunakan harus memiliki sifat menghantar panas yang tinggi sehingga fasa campuran dapat tercapai. Dan juga material dari segmen uji harus memiliki nilai konvektivitas termal 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  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  dan nilai kualitas dapat divariasikan. Pada percobaan ini variabel yang dipertahankan tetap yaitu laju aliran air yaitu 6 liter/menit. Diameter pipa heliks 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 heliks yang sering digunakan.

### 3.1.2 Konsep Rancangan Alat Uji

Konsep dari peralatan uji adalah sebuah sistem yang mempunyai sebuah koil heliks 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 :



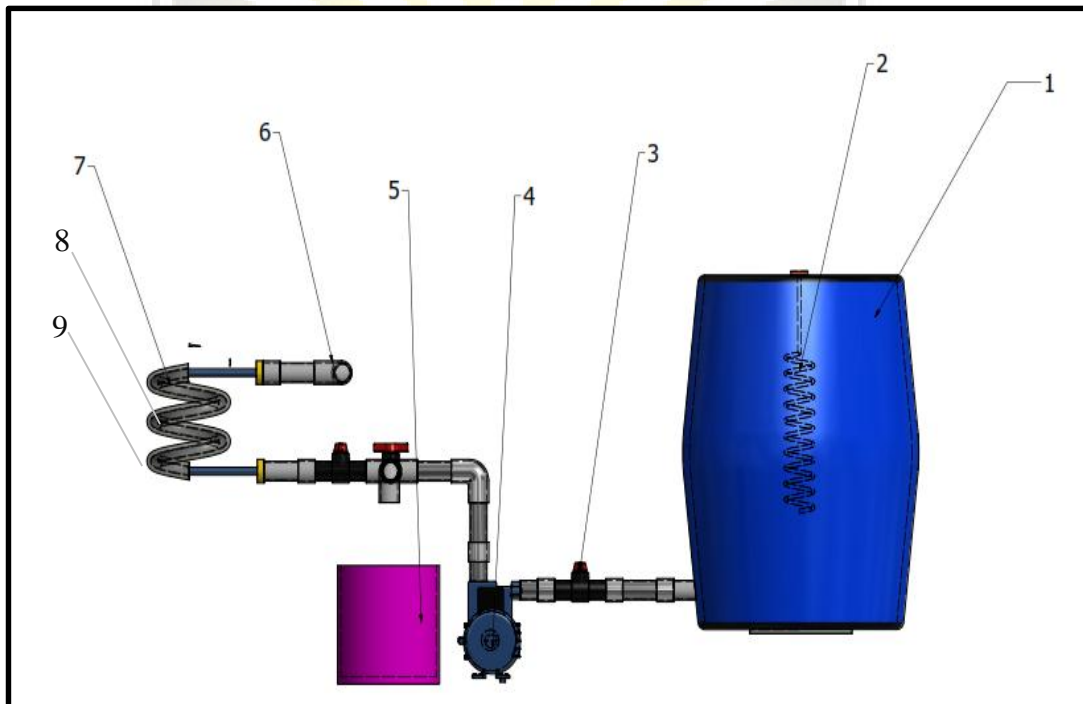


**Gambar 3.2** (a) Konsep A ; (b) Konsep B ; Konsep (c)

Konsep A merupakan sebuah rancangan alat untuk mengukur perpindahan panas aliran dua fasa pada koil heliks, 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 heliks, dimana aliran dua fasa pada konsep ini didapatkan dengan cara menggunakan *heater* yang memanaskan pipa yang dialiri air pada saat sebelum masuk koil heliks. Kelemahan pada konsep ini yaitu nilai laju panas tidak didapatkan karena selisih temperature pada koil heliks 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 heliks,

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 heliks. 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 [5]. Sehingga pada penelitian ini memiliki konsep alat uji sebagai berikut



Gambar 3.3 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 Heliks)
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  $90^{\circ}\text{C} - 95^{\circ}\text{C}$ . Kemudian, setelah temperatur pemanasan awal tercapai dilanjutkan hidupkan *dual element heating tape* yang melilit koil heliks dengan tujuan untuk memanaskan koil heliks pengujian sebelum diuji. Setelah itu, fluida mulai dialirkan menggunakan pompa sehingga pada koil heliks terjadi panas berpindah dari dinding pipa ke fluida yang mengalir. Fluida ini tidak disikluskan melainkan dibuang ke lingkungan. Temperatur fluida pada koil heliks dijaga konstan mendekati temperatur saturasi air yaitu sekitar  $100^{\circ}\text{C}$ .

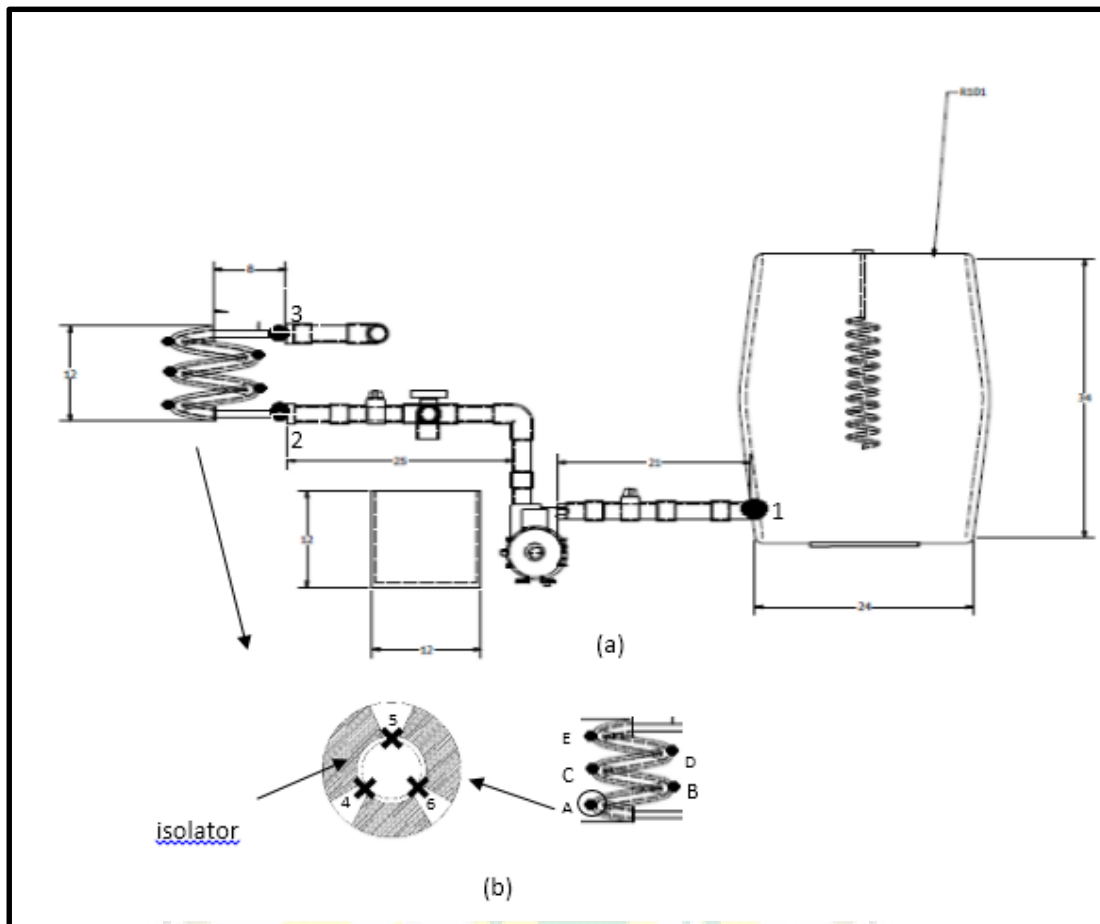
### 3.1.3 Komunikasi Desain

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.

### 3.1.4 Detail Desain

Pada tahap detail desain dilakukan proses perancangan peralatan baik berupa fungsi alat maupun dimensinya, material yang digunakan dan kapasitas atau spesifikasinya.





**Gambar 3.4** (a) Skema Alat Uji ; (b) Detail Segmen Uji

Pada skema alat uji di atas, pengukuran daya listrik *heater* yang memberikan panas pada dinding koil heliks 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 heliks
- CH3 merupakan temperatur fluida keluar koil heliks
- CH4, CH5 dan CH6 merupakan temperatur dinding koil heliks pada titik A
- CH7, CH8 dan CH9 merupakan temperatur dinding koil heliks pada titik B
- CH10, CH11 dan CH12 merupakan temperatur dinding koil heliks pada titik C
- CH13, CH14 dan CH15 merupakan temperatur dinding koil heliks pada titik D
- CH16, CH17 dan CH18 merupakan temperatur dinding koil heliks pada titik E

Spesifikasi komponen-komponen yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pemanas Listrik

Alat ini digunakan untuk memanaskan air yang di dalam tangki. Pemanas listrik ini memiliki spesifikasi tegangan 220 V, daya 500 W, dan frekuensi 50 Hz.



**Gambar 3.5** Pemanas Listrik

- Wadah

Wadah ini digunakan untuk tempat air panas dan air dingin diletakkan. Wadah ini terbuat dengan polimer tahan panas dengan ukuran (80 x 40) cm dan volume 120 liter.



**Gambar 3.6** Wadah

- Pengaduk

Pengaduk ini digunakan untuk menyamaratakan panas yang dihasilkan heater keseluruh air yang berada pada wadah pengujian.

- Katub

Katub ini digunakan untuk mengatur laju aliran fluida dengan cara membuka dan menutup laju aliran fluida. Katub yang digunakan yaitu katub jenis *ball valve*.



**Gambar 3.7** *Ball Valve*

- Koil Heliks Pengujian

Koil heliks pengujian ini merupakan koil yang digunakan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada koil. Koil yang digunakan yaitu koil heliks. Pipa heliks ini dibuat dari pipa lurus yang terbuat dari 70% Cu dan 30% Zn dengan konduktivitas termal sebesar  $111 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  dengan diameter  $1/4''$ . Diameter heliks yaitu 8 cm.



**Gambar 3.8** Koil Heliks Pengujian

- Pipa  
Pipa ini digunakan untuk tempat mengalirnya fluida air. Pipa yang digunakan yaitu pipa besi jenis galvanis.
- Pompa  
Pompa digunakan untuk mengangkat dan mengalirkan fluida kerja. Pompa yang digunakan dengan kapasitas laju aliran maksimal sebesar 35 liter/menit, temperature 40°C dan head isapnya sebesar 9 m.



Gambar 3.9 Pompa

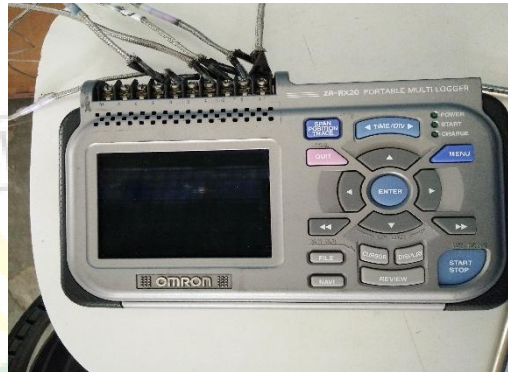
- Termokopel  
Termokopel merupakan salah satu jenis thermometer dimana berfungsi untuk mengukur temperatur. Termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K dengan material Cromil dan Konstantan dimana range pengukuran dari 0 sampai 1372°C.



Gambar 3.10 Termokopel Tipe K

- Termometer Digital

Alat ini digunakan untuk membaca hasil pengukuran temperatur secara digital. Alat yang digunakan yaitu Data Logger dengan merek Omron yang memiliki 10 channel. Data logger ini mempunyai *channel input multiple* dengan *sampling rate*  $100 \mu s$  dengan ketelitian  $\pm (0,05\% + 1^\circ C)$



Gambar 3.11 Data Logger

- *Dual Element Heating Tape*

*Heater* ini digunakan untuk memanaskan pipa koil heliks pengujian dan untuk melakukan pemanasan agar tercapai perpindahan panas yang berwujud dua fasa. Spesifikasi alat ini adalah memiliki daya maksimum 400 W dengan panjang 1,5 meter.



Gambar 3.12 *Dual Element Heating Tape*

- Thermostat

Alat ini digunakan untuk mengatur panas *heater* yang akan diberikan pada dinding koil heliks pengujian. Jadi variasi dilakukan menggunakan thermostat. Thermostat ini untuk temperatur maksimum 200C.



Gambar 3.13 Thermostat

- Wattmeter

Alat ini digunakan untuk membaca daya, tegangan dan arus dari *heater* yang kita gunakan



Gambar 3.14 Wattmeter

- Gelas Ukur

Alat ini digunakan untuk mengukur debit aliran yang kita gunakan dengan cara tamping volume fluida dan catat waktunya. Gelas ukur ini menggunakan volume 1000 cc untuk penelitian ini.



Gambar 3.15 Gelas Ukur

### 3.2 Penyusunan Rencana Percobaan

Percobaan ini disusun untuk mengetahui pengaruh kualitas campuran cairan dan uap terhadap koefisien perpindahan panas konveksi di dalam pipa heliks. Koefisien perpindahan panas pada pipa lurus secara teoritis pada aliran satu fasa ditentukan oleh nilai Bilangan Reynold [17]. Jika pipa dibentuk dalam bentuk heliks maka diameter koil heliks dan pitch heliks ikut mempengaruhi koefisien perpindahan panas [18], karena adanya pengaruh perubahan tebal lapisan batas termal pada aliran di dalam koil heliks 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 heliks, dan pitch heliks 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.

Nilai variable tetap dan variable bebas pada pengujian ini terdapat pada **Tabel 3.1** yaitu Tabel Rancangan Pengujian seperti di bawah ini :

**Tabel 3.1** Rancangan Pengujian

Pengujian	Bilangan Reynold = 67968			Diameter Koil Heliks	Pitch Heliks	Kualitas Fasa
	Kecepatan Aliran	Diameter Koil Heliks	Viskositas Aliran			
1	$3,1576 \text{ m/s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	$0,295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	7 cm	0,2
2	$3,1576 \text{ m/s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	$0,295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	7 cm	0,4
3	$3,1576 \text{ m/s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	$0,295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	7 cm	0,6
4	$3,1576 \text{ m/s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	$0,295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\frac{1}{4}$ inchi	7 cm	0,8

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%.

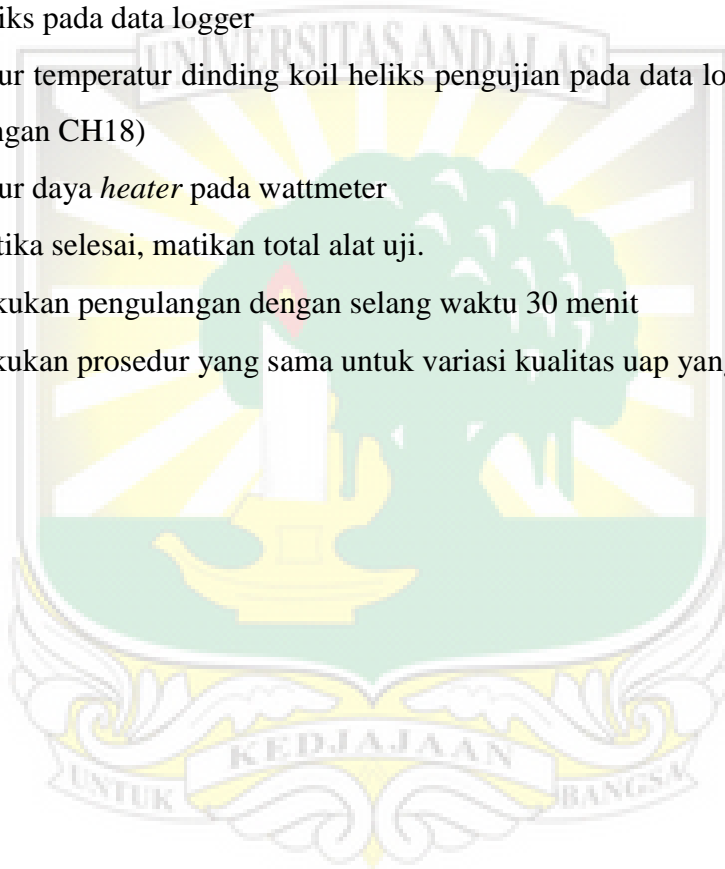
### 3.3 Pengujian

Percobaan dilakukan dengan langkah sebagai berikut berikut :

- Periksa kondisi alat sudah siap untuk dijalankan
- Atur katup awal sehingga didapatkan debit aliran yang kita inginkan menggunakan gelas ukur dan stopwatch
- Masukkan air minum galon ke dalam wadah
- Hidupkan pemanas listrik pada wadah dan diaduk agar panasnya merata hingga mencapai 90C – 95C



- Setelah temperatur pemanasan awal (CH1) telah sesuai, hidupkan *dual element heating tape* dengan mengatur daya *heater* menggunakan thermostat.
- Hidupkan pompa air
- Hidupkan data logger dengan pembacaan 0,1 detik
- Jaga temperatur fluida konstan mendekati temperatur saturasi air dan jaga temperatur dinding koil heliks pengujian merata
- Ukur temperatur fluida masuk (CH2) dan temperatur fluida keluar (CH3) koil heliks pada data logger
- Ukur temperatur dinding koil heliks pengujian pada data logger (CH4 sampai dengan CH18)
- Ukur daya *heater* pada wattmeter
- Ketika selesai, matikan total alat uji.
- Lakukan pengulangan dengan selang waktu 30 menit
- Lakukan prosedur yang sama untuk variasi kualitas uap yang lain.



Data hasil percobaan disajikan dalam dalam **Tabel 3.2**

**Tabel 3.2** Tabel data hasil percobaan

Kualitas Fasa	Pengujian Ke-	Temperatur Air Masuk Pipa Heliks (°C)	Temperatur Air Keluar Pipa Heliks (°C)	Temperatur Dinding Pipa Heliks (°C)	Daya Heater (kW)
0,2	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
0,4	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
0,6	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
0,8	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Percobaan

Data lengkap hasil pengukuran diperlihatkan pada Lampiran A. Sedangkan nilai pengukuran yang telah di rata-ratakan diperlihatkan pada Tabel 4.1. Pada tabel tersebut nilai diameter koil heliks, panjang koil heliks dan laju aliran menjadi variable tetap yaitu 0,00635 m, 0,8 m, dan 6 liter/menit.  $T_{in}$  merupakan temperatur fluida masuk segmen uji sedangkan  $T_{out}$  merupakan temperatur fluida keluar segmen uji.  $T_{fluid}$  adalah temperatur air masuk segmen uji ditambahkan temperature keluar segmen uji dan dibagi dua, sedangkan  $T_{wall}$  adalah rata-rata semua *channel* temperatur dinding koil heliks pengujian.  $Q$  adalah jumlah panas yang pindah dari *heater* ke fluida yang ada di dalam pipa koil heliks dan  $h$  adalah koefisien perpindahan panas konveksi dari panas *heater* ke fluida yang mengalir di dalam koil heliks. Kemudian, nilai  $x$  adalah nilai kualitas fasa uap yang keluar segmen uji.

Nilai koefisien perpindahan panas pada koil heliks didapatkan dari persamaan (2.6), ditulis kembali sebagai berikut :

$$h = \frac{Q}{A \cdot \Delta T}$$

Dimana :

$h$  adalah koefisien perpindahan panas pada koil heliks ( $\text{kW}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$Q$  adalah laju perpindahan panas dari daya listrik *heater* (kW)

$A$  adalah luas penampang ( $\text{m}^2$ )

$\Delta T$  adalah beda temperatur dinding koil ke fluida dalam koil ( $^\circ\text{C}$ )

Nilai kualitas fasa (x) didapatkan dari persamaan (2.8), ditulis kembali sebagai berikut :

$$x = \frac{(u_{in} + Q) - u_f}{u_{fg}}$$

Dimana :

x = nilai kualitas uap keluar koil heliks

$u_f$  = energi dalam pada saturasi liquid (kJ/kg)

$u_{fg}$  = energi dalam pada saturasi (kJ/kg)

$u_{in}$  = energi dalam yang masuk pada pipa heliks (kJ/kg)

Q = daya listrik yang memberikan panas pada pipa heliks dibagi dengan laju aliran massa (kJ/kg)



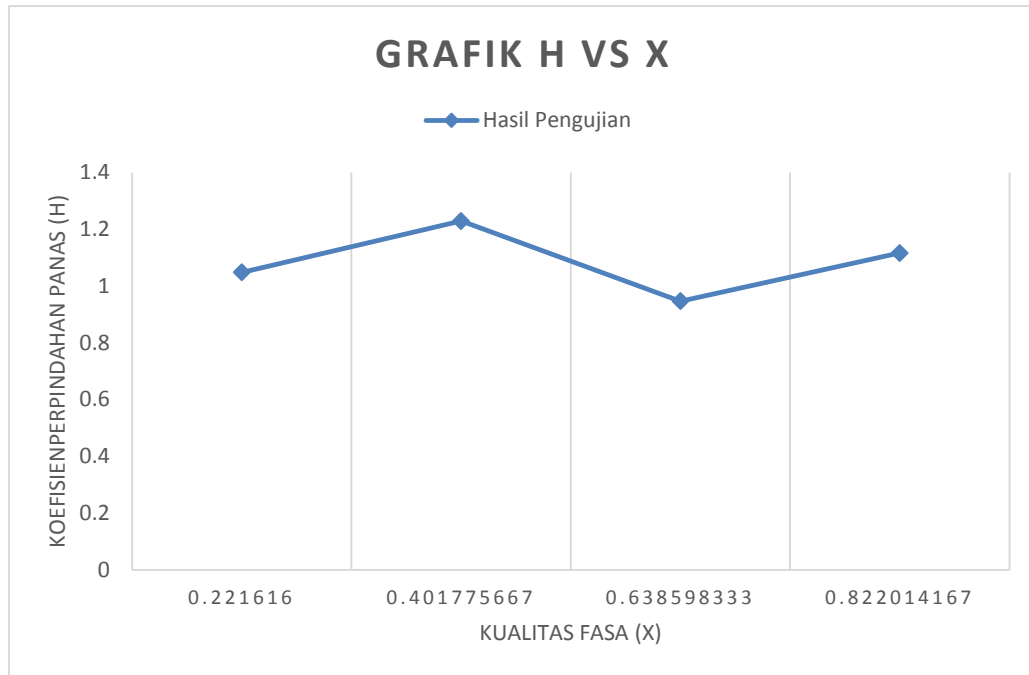
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan

No	d (m)	A (m <sup>2</sup> )	L (m)	Debit (LPM)	Q (kW)	Tin (degC)	Tout (degC)	Twall (degC)	Tfluid (degC)	h (kW/m <sup>2</sup> .C)	x
1					0.047	98.03333	99.16667	101.495	98.63333	1.04789398	0.221616
2					0.084	98.9	99.56667	103.56	99.25	1.22866793	0.401776
3	0.00635	0.015951	0.8	6	0.134	98.2	98.56667	107.3333	98.4	0.94599714	0.638598
4					0.172	98.6	99.75	108.8633	99.2	1.11599587	0.822014



## 4.2 Analisis Hasil Pengujian

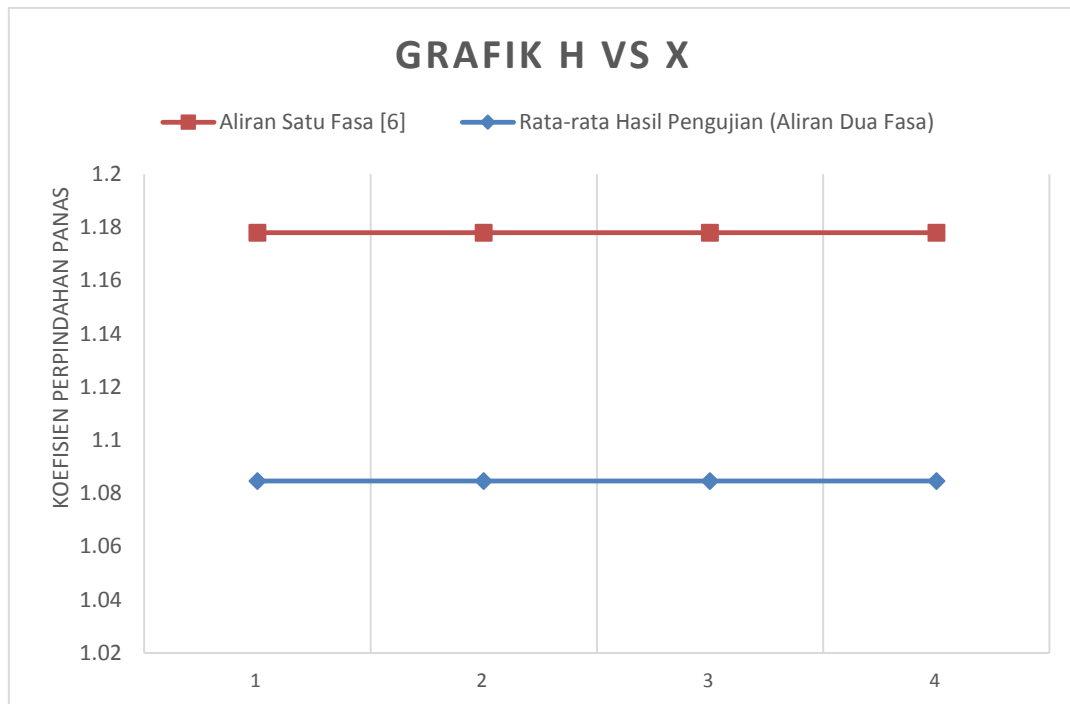
Nilai koefisien perpindahan panas pada Tabel 4.1 digambarkan dalam bentuk grafik nilai koefisien perpindahan panas dengan nilai kualitas fasa.



**Gambar. 4.1** 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  $1,0846 \frac{kW}{m^2 \cdot ^\circ C}$ .

Penelitian ini juga dibandingkan dengan kurva nilai perpindahan panas dari fluida berfasa cair, pada diameter koil heliks, laju aliran dan bilangan reynold yang sama dengan pengujian ini.



**Gambar. 4.2** Grafik Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas

Penelitian ini juga membandingkan dengan koefisien perpindahan panas fluida satu fasa (berwujud cair). Hasil perbandingan yaitu nilai koefisien perpindahan panas fluida berwujud cair lebih tinggi daripada nilai koefisien perpindahan panas fluida berwujud campuran cair dan uap yaitu sebesar  $1,178 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Terlihat pada grafik, koefisien perpindahan panas fluida berwujud campuran cair dan uap mengalami penurunan sekitar 8% dari koefisien perpindahan panas fluida berwujud cair. Hal ini sesuai dengan teori yaitu perpindahan panas yang memiliki massa cair lebih banyak akan lebih tinggi dikarenakan perpindahan panas terjadi dengan gesekan antar molekul saat pergerakan molekul yang bersirkulasi. Kerapatan molekul juga termasuk salah satu faktor koefisien perpindahan panas. Fluida cair memiliki kerapatan molekul yang lebih rapat dibandingkan dengan gas sehingga proses perpindahan panas akan lebih cepat dan lebih baik.





## BAB V

### PENUTUP

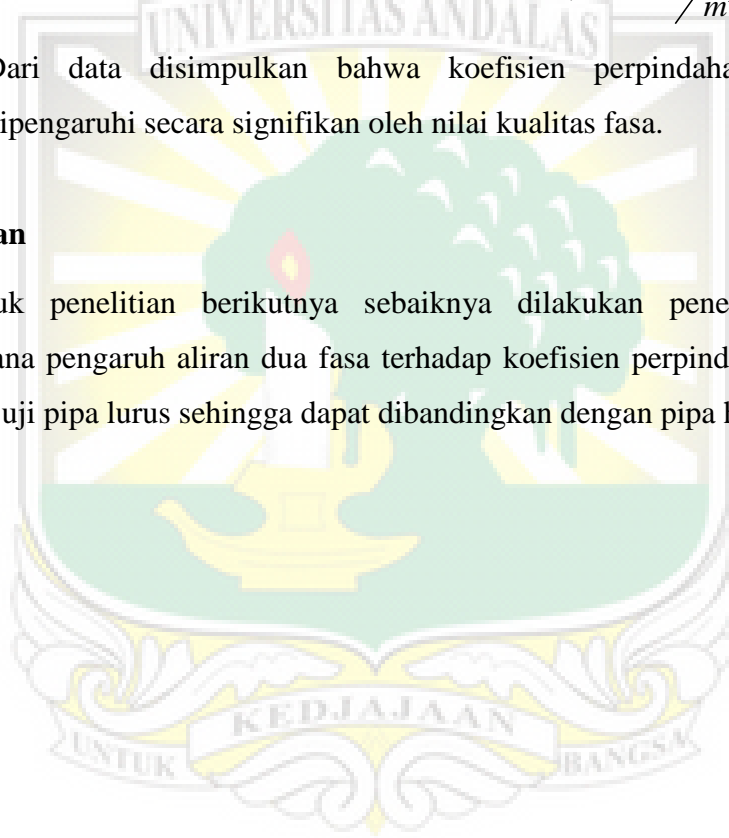
#### 5.1 Kesimpulan

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  $1,0846 \text{ kW}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
2. Dari data disimpulkan bahwa koefisien perpindahan panas tidak dipengaruhi secara signifikan oleh nilai kualitas fasa.

#### 5.2 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 heliks.



## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] Ali ME. 2006. *Natural Convection Heat Transfer From Vertical Helical Coil In Oil*. *Heat Transfer Engineering* ; 27(3);79-85
- [2] 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
- [3] Colorado D. 2010. *Heat Transfer Using A Correlation By Neural Network For Natural Convection From Vertical Helical Coil In Oil And Glycerol/Water Solution*.
- [4] Hulwani ZD. 2016. *Efek Perubahan Bentuk Pipa Dari Pipa Lurus Menjadi Pipa Koil Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Dari Pipa Ke Lingkungan* ;Padang
- [5] Choi Kwang, Taek. Jong. 2011. *Two-Phase Flow Boiling Heat Transfer of R-410A and R-134A in Horizontal Small Tubes*.
- [6] Ilham M. 2016. *Penentuan Kombinasi Diameter Pipa, Diameter Koil Dan Laju Aliran Yang Menghasilkan Koefisien Perpindahan Panas Tertinggi Pada Penukar Panas Jenis Koil* ; Padang
- [7] Noname. <http://titipansahabat.blogspot.com/2010/06/contoh-aliran-panas.html>  
(di-akses pada 08 November 2015 pukul 19.00 WIB)
- [8] The McGraw-Hill Companies. 1998. *Convection Heat Transfer*.  
<http://www.mhhe.com/engcs/mech/cengel/notes/ConvectionHeatTransfer.html>  
, (diakses pada 10 November 2015 pukul 20.00 WIB)

- [9] C. Yunus. 2006. *Heat and Mass Transfer A Practical Approach*. Third Edition SI Units.
- [10] Noname, <http://heat-exchanger-alat-penukar-panas.htm>,  
(di akses pada tanggal 12 November 2015 pukul 14.00 WIB.)
- [11] Berger, S.A., and L. Talbot. 1983. *Flow in Curved Pipes*. Ann. Rev. Fluid Mech.15 : 461-512.
- [12] Prasetya S. 2011. *Analisis Koefisien Perpindahan Kalor Eksperimen untuk Aliran Evaporasi Dua Fasa pada Kanal Mini Horizontal dengan Refrigeran R-22*.
- [13] Wikipedia Ensiklopedia Bebas. *Termokopel*, <http://id.wikipedia.org/wiki/termokopel>, (diakses pada tanggal 10 November 2015 pukul 20.00 WIB.)
- [14] Sonoku, *Data Logger Bagian-2*. <http://sonoku.com>  
(diakses pada tanggal 10 November 2015 pukul 20.00 WIB)
- [15] Noname. *Bahan Kuliah Pengukuran Teknik Wattmeter*.  
<http://yefrichan.files.wordpress.com/2014/12/bahan-kuliah-pengukuran-teknik-wattmeter/> (diakses pada 25 November pukul 20.00 WIB)
- [16] Dieter, GE. 2000. *Engineering Design*. 3<sup>rd</sup> Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- [17] White, M Frank. 2001. *Fluid Mechanics*. 4<sup>th</sup> Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [18] Cengel, Y. 2006. *Fundamental of Fluid Thermal Sciences*. 4<sup>th</sup> Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York



**LAMPIRAN A**  
**DATA DAN PERHITUNGAN**

## DATA, PERHITUNGAN DAN GRAFIK

### Data Umum

- Diameter Pipa Koil = ¼ inchi = 0.00635 m
- Diameter Heliks = 8 cm = 0.08 m
- Panjang Koil = 80 cm = 0.8 m
- Laju Aliran (Debit) = 6 liter / menit

### 1. Nilai Kualitas Fasa (x) = 0.2

### Data

NO.	Date & Time	Tawal	Tin	Tout	Twall (titik 1)			Twall (titik 2)		
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/23/2017 16:34	98.6	97.5	98.2	100.6	100.8	100.2	101.7	101.6	101.6
2	3/23/2017 18:14	98.7	97.5	98.5	100.4	101.2	101.7	101.2	102.2	101.2
3	3/23/2017 20:43	98.9	97.6	99.1	100.3	101.9	102.3	101.8	101.7	101.7
4	3/23/2017 22:21	99	98.6	99.3	100.8	101.3	102.9	101.8	101.2	101.5
5	3/23/2017 23:47	99	98.5	99.9	101.1	101.5	101.5	101.9	101.7	101.3
6	3/24/2017 01:19	99	98.5	100	101.3	101.7	101.8	102.1	101.6	101.4

NO	Date & Time	Twall (titik 3)			Twall (titik 4)			Twall (titik 5)			Daya (W)
		CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15	CH16	CH17	CH18	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	DegC	degC	degC	
1	3/23/2017 16:34	101.1	101.5	100.9	101.5	101.1	101.1	100.9	100.5	100.6	47
2	3/23/2017 18:14	101.5	102.2	101	102.8	101.5	101.1	101.5	101.6	102.8	47.5
3	3/23/2017 20:43	102.2	101.9	102.4	102.1	101.4	101.7	100.8	100	101.7	46
4	3/23/2017 22:21	102.2	101.3	101.4	102.7	102.8	101.1	101.6	100.8	100.4	47
5	3/23/2017 23:47	102.4	101.9	101.5	102	100.4	101.3	101.6	101.1	102.2	46.5
6	3/24/2017 01:19	101.7	101.3	101	102.9	101.2	102.5	101	102.1	100.3	45.5

## Perhitungan

- Perhitungan Nilai Kualitas (x)

$$U_{in} = U_f \text{ at } T_{in} \quad ; \text{ kemudian}$$

$$U = U_{in} + Q \quad ; \text{ sehingga}$$

$$x = \frac{U - U_f}{U_{fg}}$$

No	Date & Time	Laju Aliran (L/m)	Daya (W)	Tin (degC)	Tfluid (degC)	Uin (kJ/kg)	Laju aliran massa (kg/s)	Q (kJ/kg)	U (kJ/kg)	Uf (kJ/kg)	Ufg (kJ/kg)	x
1	3/23/2017 16:34	6	47	97.5	97.9	408.53	0.1	470	878.53	410.0042	2093.45	0.223806
2	3/23/2017 18:14	6	47.5	97.5	98.0	408.53	0.1	475	883.53	410.636	2093	0.225941
3	3/23/2017 20:43	6	46	97.6	98.4	408.9512	0.1	460	868.9512	412.1102	2091.95	0.21838
4	3/23/2017 22:21	6	47	98.6	99.0	413.1632	0.1	470	883.1632	414.6374	2090.15	0.224159
5	3/23/2017 23:47	6	46.5	98.5	99.2	412.742	0.1	465	877.742	415.6904	2089.4	0.221141
6	3/24/2017 01:19	6	45.5	98.5	99.3	412.742	0.1	455	867.742	415.901	2089.25	0.216269

- Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas (h)

Temperatur dinding koil (Twall) merupakan rata-rata dari CH4 sampai dengan CH18.

No	Date & Time	Titik 1			Rata-Rata	Titik 2			Rata-Rata	Titik 3			Rata-Rata
		CH4	CH5	CH6		CH7	CH8	CH9		CH10	CH11	CH12	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	
1	3/23/2017 16:34	100.6	100.8	100.2	100.5	101.7	101.6	101.6	101.6	101.1	101.5	100.9	101.2
2	3/23/2017 18:14	100.4	101.2	101.7	101.1	101.2	102.2	101.2	101.5	101.5	102.2	101	101.6
3	3/23/2017 20:43	100.3	101.9	102.3	101.5	101.8	101.7	101.7	101.7	102.2	101.9	102.4	102.2
4	3/23/2017 22:21	100.8	101.3	102.9	101.7	101.8	101.2	101.5	101.5	102.2	101.3	101.4	101.6
5	3/23/2017 23:47	101.1	101.5	101.5	101.4	101.9	101.7	101.3	101.6	102.4	101.9	101.5	101.9
6	3/24/2017 1:19	101.3	101.7	101.8	101.6	102.1	101.6	101.4	101.7	101.7	101.3	101	101.3

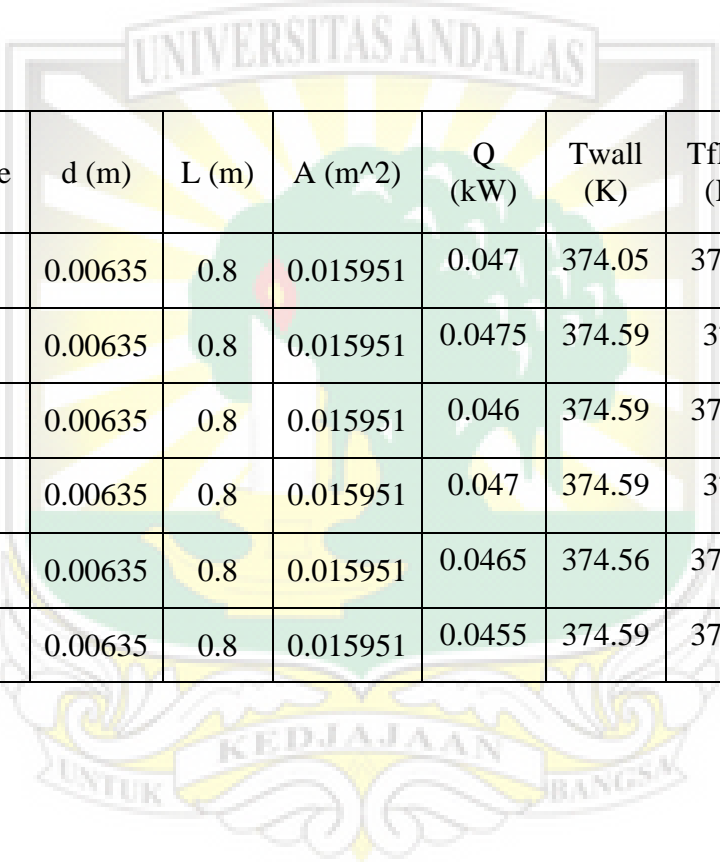


No	Date & Time	Titik 4			Rata-Rata	Titik 5			Rata-Rata	Twall
		CH13	CH14	CH15		CH16	CH17	CH18		
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	
1	3/23/2017 16:34	101.5	101.1	101.1	101.2	100.9	100.5	100.6	100.7	101.05
2	3/23/2017 18:14	102.8	101.5	101.1	101.8	101.5	101.6	102.8	102	101.59
3	3/23/2017 20:43	102.1	101.4	101.7	101.7	100.8	100	101.7	100.8	101.59
4	3/23/2017 22:21	102.7	102.8	101.1	102.2	101.6	100.8	100.4	100.9	101.59
5	3/23/2017 23:47	102	100.4	101.3	101.2	101.6	101.1	102.2	101.6	101.56
6	3/24/2017 1:19	102.9	101.2	102.5	102.2	101	102.1	100.3	101.1	101.59



Sehingga :

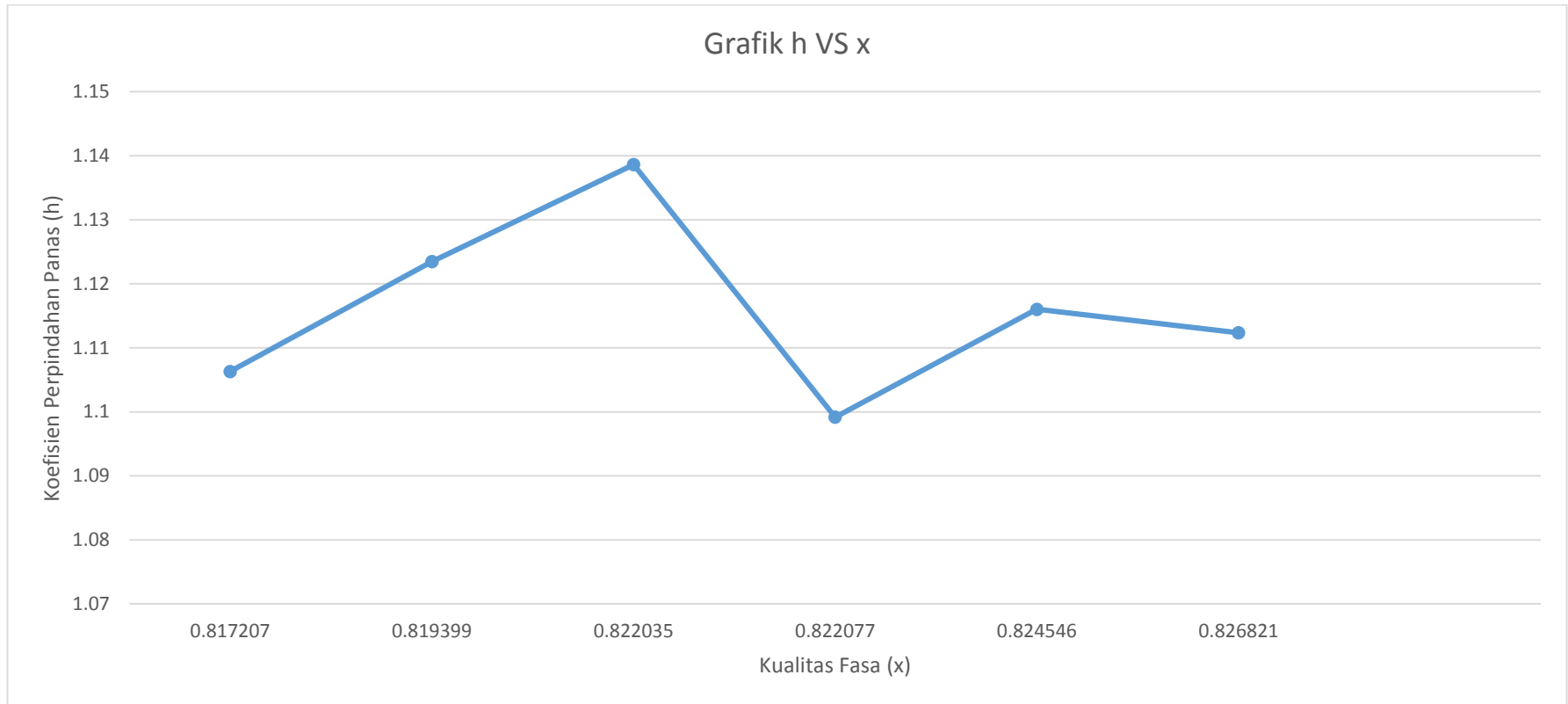
$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_{wall} - T_{fluid})}$$



No	Date & Time	d (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (kW)	T <sub>wall</sub> (K)	T <sub>fluid</sub> (K)	h (kW/m <sup>2</sup> .K)
1	3/23/2017 16:34	0.00635	0.8	0.015951	0.047	374.05	370.9	0.93539263
2	3/23/2017 18:14	0.00635	0.8	0.015951	0.0475	374.59	371	0.82947977
3	3/23/2017 20:43	0.00635	0.8	0.015951	0.046	374.59	371.4	0.90401115
4	3/23/2017 22:21	0.00635	0.8	0.015951	0.047	374.59	372	1.13763969
5	3/23/2017 23:47	0.00635	0.8	0.015951	0.0465	374.56	372.2	1.23522931
6	3/24/2017 01:19	0.00635	0.8	0.015951	0.0455	374.59	372.3	1.24561134

## Grafik

Grafik h VS x



## 2. Nilai Kualitas Fasa (x) = 0.4

### Data

NO.	Date & Time	Tawal	Tin	Tout	Twall (titik 1)			Twall (titik 2)		
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 02:17	98.7	98.9	99.4	102.2	103.8	104.7	103	104.3	104
2	3/24/2017 03:44	98.7	99.1	99.7	102.3	104.9	103.3	104.3	103.3	103.5
3	3/24/2017 05:13	98.9	98.6	99.2	103.4	102.4	104.9	103.6	103.2	103.7
4	3/24/2017 07:35	98.7	98.9	99.8	103.8	104.5	103.8	103.6	103.2	103.2
5	3/24/2017 09:23	98.7	99.1	99.9	103.3	104.7	104	104	103.8	103.8
6	3/24/2017 11:29	99	98.8	99.4	102.3	104.1	104.9	104.5	103.1	103.9

NO	Date & Time	Twall (titik 3)			Twall (titik 4)			Twall (titik 5)			Daya (W)
		CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15	CH16	CH17	CH18	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	
1	3/24/2017 02:17	103.6	103.1	102.3	104.3	103.5	102	103.5	102.2	102.8	84
2	3/24/2017 03:44	103.1	103.2	103.8	102	102.3	103.7	103.6	103.8	102.9	84.5
3	3/24/2017 05:13	104.4	103.6	103	102.1	104.9	102.4	103	103.6	102.3	83
4	3/24/2017 07:35	102.7	103.7	103.3	103	103.5	103.6	103.9	104.3	103.5	84.5
5	3/24/2017 09:23	103.8	103.4	104	104.1	103.6	104	103.8	104.2	103.2	83.5
6	3/24/2017 11:29	103.3	104.7	104.8	102.6	104.2	104.5	104	103.6	104.8	85

## Perhitungan

- Perhitungan Nilai Kualitas (x)

$$U_{in} = U_f \text{ at } T_{in} \quad ; \text{ kemudian}$$

$$U = U_{in} + Q \quad ; \text{ sehingga}$$

$$x = \frac{U - U_f}{U_{fg}}$$

No	Date & Time	Laju Aliran (L/m)	Daya (W)	Tin (degC)	Tfluid (degC)	Uin (kJ/kg)	Laju aliran massa (kg/s)	Q (kJ/kg)	U (kJ/kg)	Uf (kJ/kg)	Ufg (kJ/kg)	x
1	3/24/2017 02:17	6	84	98.9	99.2	414.4268	0.1	840	1254.427	415.4798	2089.55	0.401496
2	3/24/2017 03:44	6	84.5	99.1	99.4	415.2692	0.1	845	1260.269	416.5328	2088.8	0.403934
3	3/24/2017 05:13	6	83	98.6	98.9	413.1632	0.1	830	1243.163	414.4268	2090.3	0.396468
4	3/24/2017 07:35	6	84.5	98.9	99.4	414.4268	0.1	845	1259.427	416.3222	2088.95	0.403602
5	3/24/2017 09:23	6	83.5	99.1	99.5	415.2692	0.1	835	1250.269	416.954	2088.5	0.399002
6	3/24/2017 11:29	6	85	98.8	99.1	414.0056	0.1	850	1264.006	415.2692	2089.7	0.406152

- Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas (h)

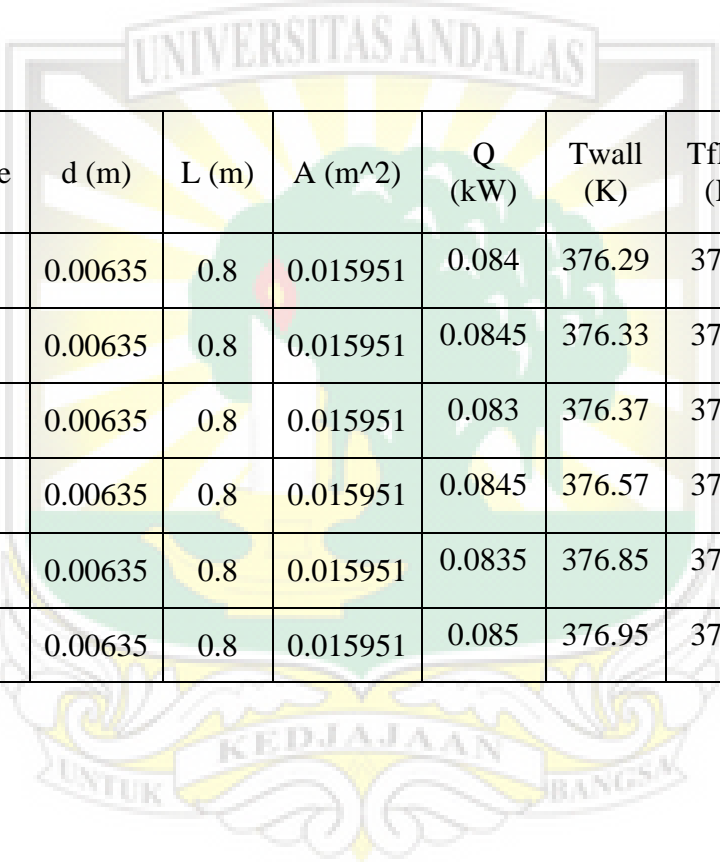
Temperatur dinding koil (T<sub>wall</sub>) merupakan rata-rata dari CH4 sampai dengan CH18.

No	Date & Time	Titik 1			Rata-Rata	Titik 2			Rata-Rata	Titik 3			Rata-Rata
		CH4	CH5	CH6		CH7	CH8	CH9		CH10	CH11	CH12	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 02:17	102.2	103.8	104.7	103.6	103	104.3	104	103.8	103.6	103.1	102.3	103
2	3/24/2017 03:44	102.3	104.9	103.3	103.5	104.3	103.3	103.5	103.7	103.1	103.2	103.8	103.4
3	3/24/2017 05:13	103.4	102.4	104.9	103.6	103.6	103.2	103.7	103.5	104.4	103.6	103	103.7
4	3/24/2017 07:35	103.8	104.5	103.8	104	103.6	103.2	103.2	103.3	102.7	103.7	103.3	103.2
5	3/24/2017 09:23	103.3	104.7	104	104	104	103.8	103.8	103.9	103.8	103.4	104	103.7
6	3/24/2017 11:29	102.3	104.1	104.9	103.8	104.5	103.1	103.9	103.8	103.3	104.7	104.8	104.3

No	Date & Time	Titik 4			Rata-Rata	Titik 5			Rata-Rata	T <sub>wall</sub>
		CH13	CH14	CH15		CH16	CH17	CH18		
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 02:17	104.3	103.5	102	103.3	103.5	102.2	102.8	102.8	103.29
2	3/24/2017 03:44	102	102.3	103.7	102.7	103.6	103.8	102.9	103.4	103.33
3	3/24/2017 05:13	102.1	104.9	102.4	103.1	103	103.6	102.3	103	103.37
4	3/24/2017 07:35	103	103.5	103.6	103.4	103.9	104.3	103.5	103.9	103.57
5	3/24/2017 09:23	104.1	103.6	104	103.9	103.8	104.2	103.2	103.7	103.85
6	3/24/2017 11:29	102.6	104.2	104.5	103.8	104	103.6	104.8	104.1	103.95

Sehingga :

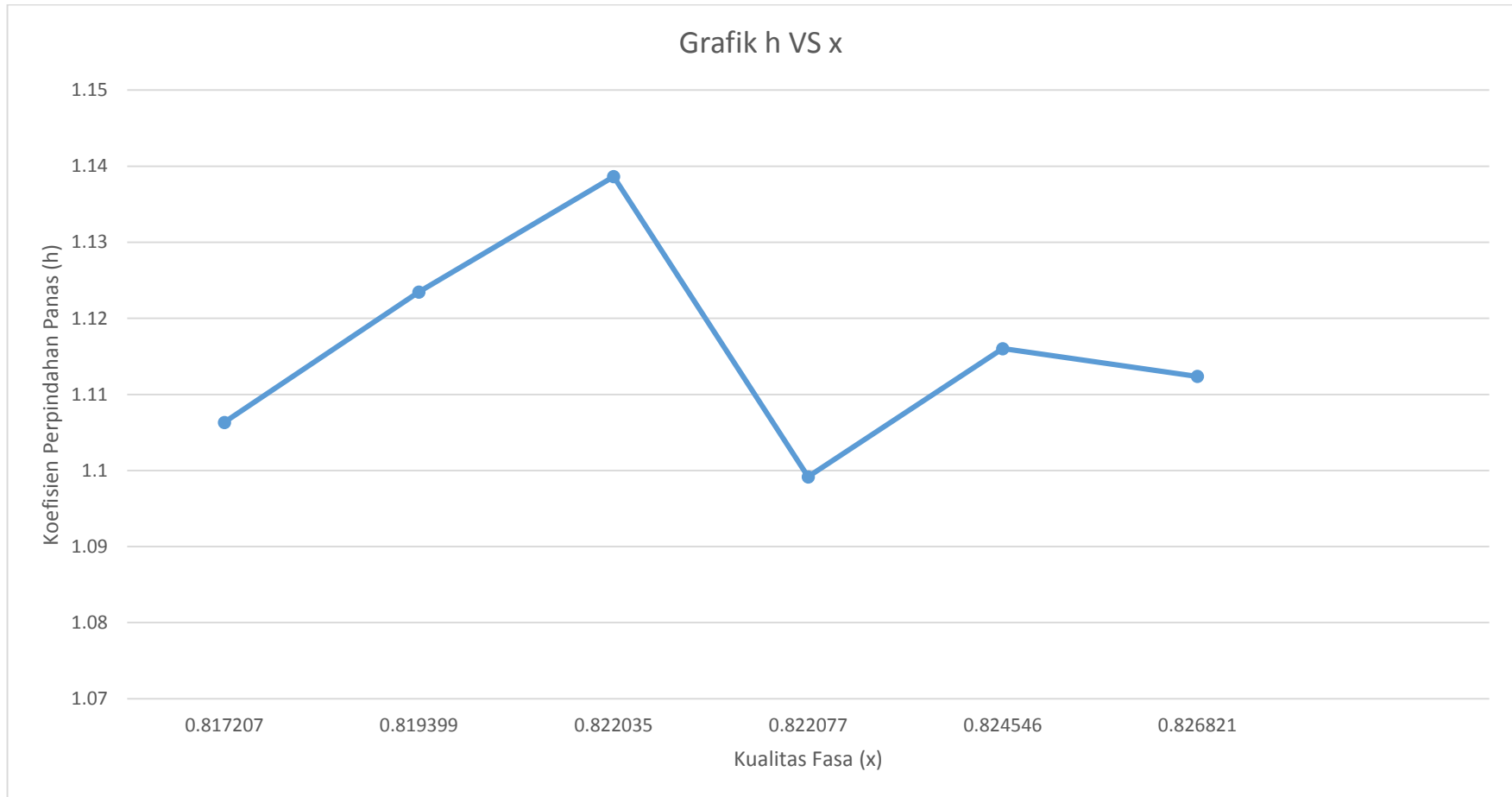
$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_{wall} - T_{fluid})}$$



No	Date & Time	d (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (kW)	T <sub>wall</sub> (K)	T <sub>fluid</sub> (K)	h (kW/m <sup>2</sup> .K)
1	3/24/2017 02:17	0.00635	0.8	0.015951	0.084	376.29	372.2	1.2875456
2	3/24/2017 03:44	0.00635	0.8	0.015951	0.0845	376.33	372.4	1.34794074
3	3/24/2017 05:13	0.00635	0.8	0.015951	0.083	376.37	371.9	1.16406494
4	3/24/2017 07:35	0.00635	0.8	0.015951	0.0845	376.57	372.4	1.27036141
5	3/24/2017 09:23	0.00635	0.8	0.015951	0.0835	376.85	372.5	1.20338296
6	3/24/2017 11:29	0.00635	0.8	0.015951	0.085	376.95	372.1	1.0987119

## Grafik

Grafik h VS x





### 3. Nilai Kualitas Fasa (x) = 0.6

#### Data

NO.	Date & Time	Tawal	Tin	Tout	Twall (titik 1)			Twall (titik 2)		
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/21/2017 14:19	97.9	97.1	97.6	107.2	107.3	107.1	107.4	107.3	107.3
2	3/21/2017 15:34	99.3	99.3	99.7	107.1	106.6	106.7	107.2	106.9	106.9
3	3/21/2017 16:53	98.8	98.4	98.7	107.2	107.2	107.8	107.6	108	107.9
4	3/21/2017 18:15	97	97.6	97.8	107.1	106.8	106.6	107.5	107.4	107.1
5	3/21/2017 20:07	97.8	97.8	98.2	107.4	107.7	107.7	107.3	106.7	106.9
6	3/21/2017 22:27	99	99	99.4	107.5	108.1	107.8	107	107.6	107.6

NO	Date & Time	Twall (titik 3)			Twall (titik 4)			Twall (titik 5)			Daya (W)
		CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15	CH16	CH17	CH18	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	
1	3/21/2017 14:19	106.4	106.3	106.7	108.2	107.9	107.7	106.9	107.3	107.1	134
2	3/21/2017 15:34	107	106.7	107	108	107.4	107.9	107.5	107.4	106.8	134.5
3	3/21/2017 16:53	107.2	107.2	107.5	108.1	107.9	107.6	107.4	107.5	107.9	133.5
4	3/21/2017 18:15	107.1	107.8	107.4	106.7	107.5	107	107.7	107.9	108.2	134
5	3/21/2017 20:07	107.3	107	107.2	107.8	107.3	107.7	107.8	108	107.8	132.5
6	3/21/2017 22:27	107	107.3	107.3	107.2	107.4	107.1	107.4	107.8	107.3	133.5

## Perhitungan

- Perhitungan Nilai Kualitas (x)

$$U_{in} = U_f \text{ at } T_{in} \quad ; \text{ kemudian}$$

$$U = U_{in} + Q \quad ; \text{ sehingga}$$

$$x = \frac{U - U_f}{U_{fg}}$$

No	Date & Time	Laju Aliran (L/m)	Daya (W)	Tin (degC)	Tfluid (degC)	Uin (kJ/kg)	Laju aliran massa (kg/s)	Q (kJ/kg)	U (kJ/kg)	Uf (kJ/kg)	Ufg (kJ/kg)	x
1	3/21/2017 14:19	6	134	97.1	97.4	406.8	0.1	1340	1746.8	408.1	2094.8	0.639059
2	3/21/2017 15:34	6	134.5	99.3	99.5	416.1	0.1	1345	1761.1	416.9	2088.5	0.64362
3	3/21/2017 16:53	6	133.5	98.4	98.6	412.3	0.1	1335	1747.3	413.1	2091.2	0.638007
4	3/21/2017 18:15	6	134	97.6	97.7	408.9	0.1	1340	1748.9	409.4	2093.9	0.639715
5	3/21/2017 20:07	6	132.5	97.8	98.0	409.8	0.1	1325	1734.8	410.6	2093	0.63268
6	3/21/2017 22:27	6	133.5	99	99.2	414.8	0.1	1335	1749.8	415.7	2089.4	0.638509

- Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas (h)

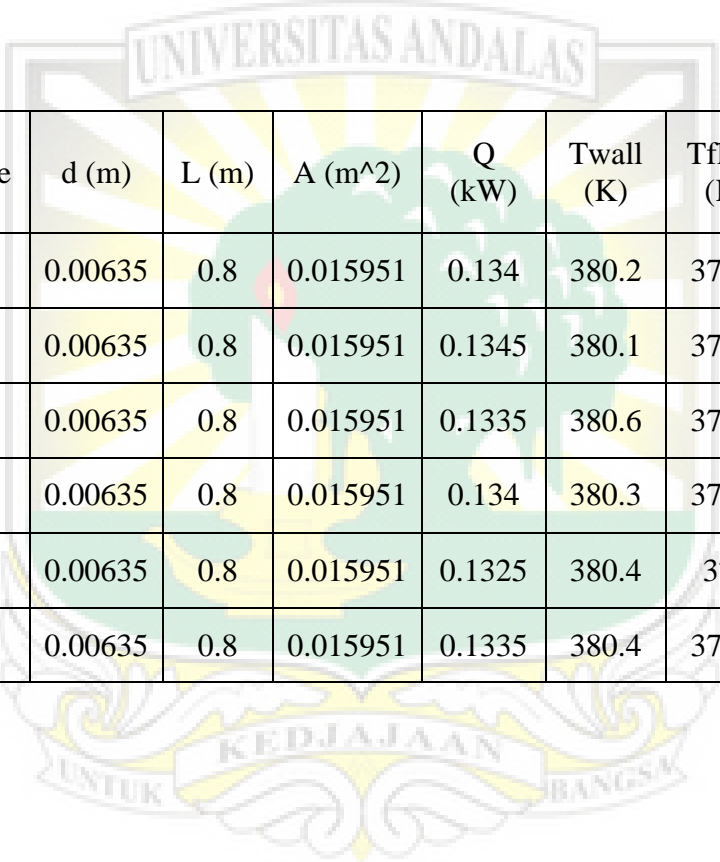
Temperatur dinding koil (Twall) merupakan rata-rata dari CH4 sampai dengan CH18.

No	Date & Time	Titik 1			Rata-Rata	Titik 2			Rata-Rata	Titik 3			Rata-Rata
		CH4	CH5	CH6		CH7	CH8	CH9		CH10	CH11	CH12	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/21/2017 14:19	107.2	107.3	107.1	107.2	107.4	107.3	107.3	107.3	106.4	106.3	106.7	106.5
2	3/21/2017 15:34	107.1	106.6	106.7	106.8	107.2	106.9	106.9	107	107	106.7	107	106.9
3	3/21/2017 16:53	107.2	107.2	107.8	107.4	107.6	108	107.9	107.8	107.2	107.2	107.5	107.3
4	3/21/2017 18:15	107.1	106.8	106.6	106.8	107.5	107.4	107.1	107.3	107.1	107.8	107.4	107.4
5	3/21/2017 20:07	107.4	107.7	107.7	107.6	107.3	106.7	106.9	107	107.3	107	107.2	107.2
6	3/21/2017 22:27	107.5	108.1	107.8	107.8	107	107.6	107.6	107.4	107	107.3	107.3	107.2

No	Date & Time	Titik 4			Rata-Rata	Titik 5			Rata-Rata	Twall
		CH13	CH14	CH15		CH16	CH17	CH18		
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/21/2017 14:19	108.2	107.9	107.7	107.9	106.9	107.3	107.1	107.1	107.2
2	3/21/2017 15:34	108	107.4	107.9	107.8	107.5	107.4	106.8	107.2	107.1
3	3/21/2017 16:53	108.1	107.9	107.6	107.9	107.4	107.5	107.9	107.6	107.6
4	3/21/2017 18:15	106.7	107.5	107	107.1	107.7	107.9	108.2	107.9	107.3
5	3/21/2017 20:07	107.8	107.3	107.7	107.6	107.8	108	107.8	107.9	107.4
6	3/21/2017 22:27	107.2	107.4	107.1	107.2	107.4	107.8	107.3	107.5	107.4

Sehingga :

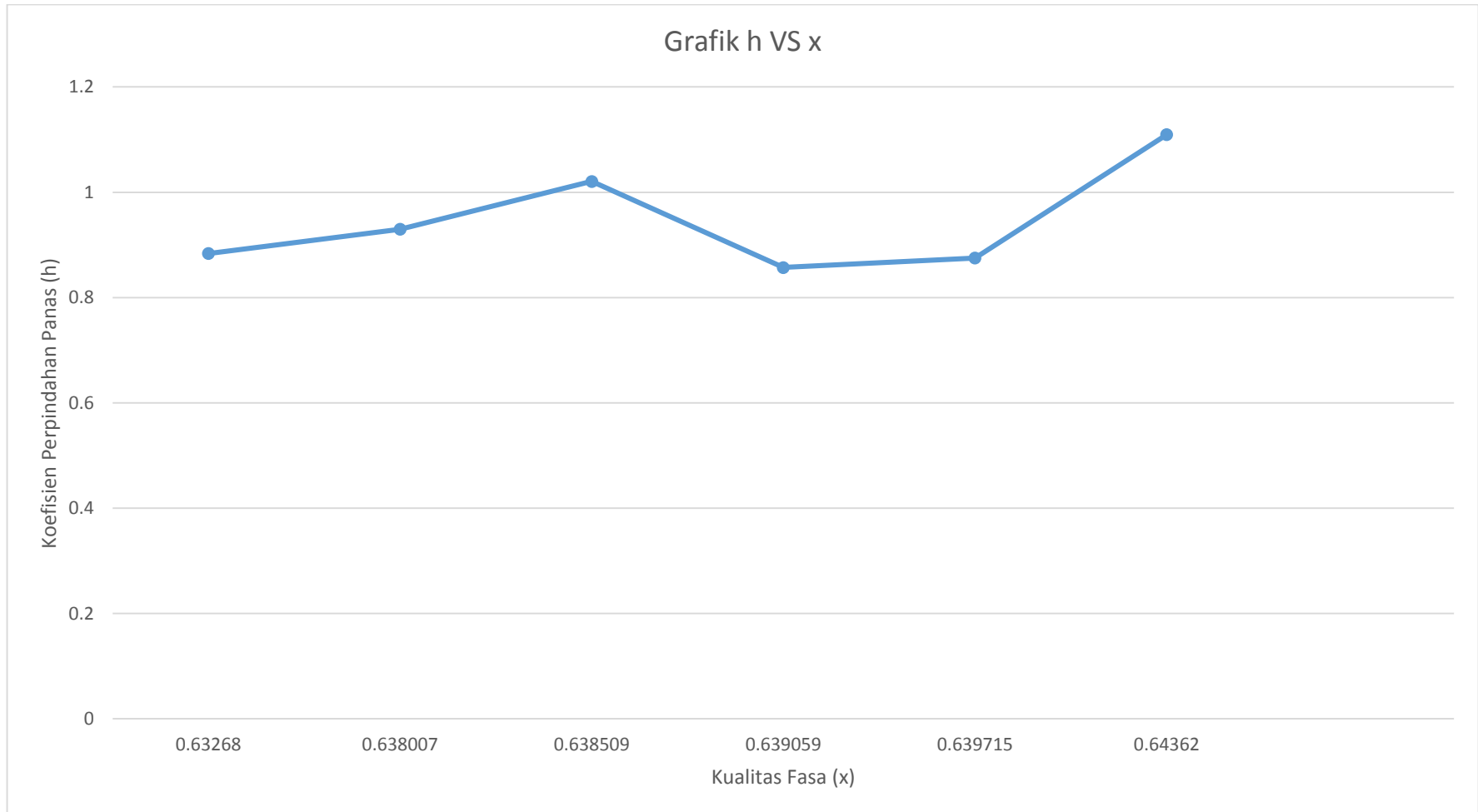
$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_{wall} - T_{fluid})}$$



No	Date & Time	d (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (kW)	T <sub>wall</sub> (K)	T <sub>fluid</sub> (K)	h (kW/m <sup>2</sup> .K)
1	3/21/2017 14:19	0.00635	0.8	0.015951	0.134	380.2	370.4	0.85720632
2	3/21/2017 15:34	0.00635	0.8	0.015951	0.1345	380.1	372.5	1.10946941
3	3/21/2017 16:53	0.00635	0.8	0.015951	0.1335	380.6	371.6	0.92991959
4	3/21/2017 18:15	0.00635	0.8	0.015951	0.134	380.3	370.7	0.87506478
5	3/21/2017 20:07	0.00635	0.8	0.015951	0.1325	380.4	371	0.88367926
6	3/21/2017 22:27	0.00635	0.8	0.015951	0.1335	380.4	372.2	1.02064345

## Grafik

Grafik h VS x



#### 4. Nilai Kualitas Fasa (x) = 0.8

##### Data

NO.	Date & Time	Tawal	Tin	Tout	Twall (titik 1)			Twall (titik 2)		
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 14:49	98.6	98.6	99.7	108.7	109.2	109	108.3	109	108
2	3/24/2017 15:57	98.7	98.6	99.8	108.7	109	109	108.4	109	108
3	3/24/2017 17:13	98.9	98.5	99.9	108.9	109	109	108.6	109.1	108
4	3/24/2017 19:35	98.9	98.6	99.7	108.9	109	109	108.7	109.2	108
5	3/24/2017 21:17	99	98.6	99.6	107	109	109.9	108.7	109.3	108.1
6	3/24/2017 23:04	99	98.7	99.8	108.8	109	109.2	108.6	109.3	108.4

NO	Date & Time	Twall (titik 3)			Twall (titik 4)			Twall (titik 5)			Daya (W)
		CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15	CH16	CH17	CH18	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	
1	3/24/2017 14:49	108.8	109.2	108	108.5	109.1	107.8	109.4	108.6	108.5	172
2	3/24/2017 15:57	108.3	109.1	109.6	109.6	108.4	108.8	108.8	109	109.6	171
3	3/24/2017 17:13	109.6	108.7	108.9	109.3	109	108	109.3	108	108.2	171.5
4	3/24/2017 19:35	108.1	109.5	109.1	108.4	108.7	109.3	109.8	109.7	108.9	173
5	3/24/2017 21:17	109.8	109	109.8	109.6	108.7	108.6	108.3	108.5	109.3	172
6	3/24/2017 23:04	108.1	109.7	109.8	109.5	109.3	109.8	108.7	108.4	108.3	172.5

## Perhitungan

- Perhitungan Nilai Kualitas (x)

$$U_{in} = U_f \text{ at } T_{in} \quad ; \text{ kemudian}$$

$$U = U_{in} + Q \quad ; \text{ sehingga}$$

$$x = \frac{U - U_f}{U_{fg}}$$

No	Date & Time	Laju Aliran (L/m)	Daya (W)	Tin (degC)	Tfluid (degC)	Uin (kJ/kg)	Laju aliran massa (kg/s)	Q (kJ/kg)	U (kJ/kg)	Uf (kJ/kg)	Ufg (kJ/kg)	x
1	3/24/2017 14:49	6	172	98.6	99.2	413.1632	0.1	1720	2133.163	415.4798	2089.55	0.822035
2	3/24/2017 15:57	6	171	98.6	99.2	413.1632	0.1	1710	2123.163	415.6904	2089.4	0.817207
3	3/24/2017 17:13	6	171.5	98.5	99.2	412.742	0.1	1715	2127.742	415.6904	2089.4	0.819399
4	3/24/2017 19:35	6	173	98.6	99.2	413.1632	0.1	1730	2143.163	415.4798	2089.55	0.826821
5	3/24/2017 21:17	6	172	98.6	99.1	413.1632	0.1	1720	2133.163	415.2692	2089.7	0.822077
6	3/24/2017 23:04	6	172.5	98.7	99.3	413.5844	0.1	1725	2138.584	415.901	2089.25	0.824546

- Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas (h)

Temperatur dinding koil (T<sub>wall</sub>) merupakan rata-rata dari CH4 sampai dengan CH18

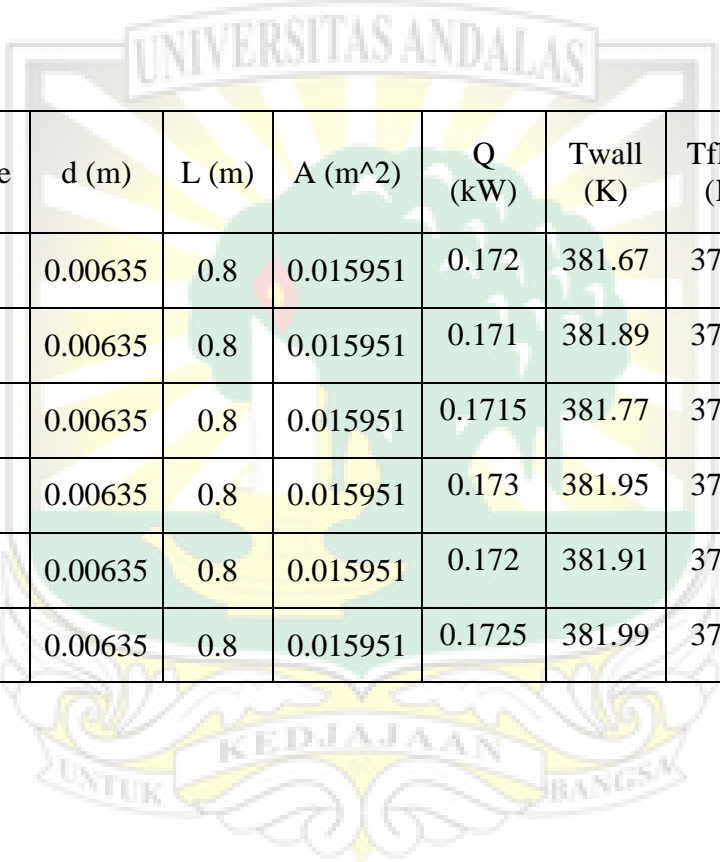
No	Date & Time	Titik 1			Rata-Rata	Titik 2			Rata-Rata	Titik 3			Rata-Rata
		CH4	CH5	CH6		CH7	CH8	CH9		CH10	CH11	CH12	
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 14:49	108.7	109.2	109	109	108.3	109	108	108.4	108.8	109.2	108	108.7
2	3/24/2017 15:57	108.7	109	109	108.9	108.4	109	108	108.5	108.3	109.1	109.6	109
3	3/24/2017 17:13	108.9	109	109	109	108.6	109.1	108	108.6	109.6	108.7	108.9	109.1
4	3/24/2017 19:35	108.9	109	109	109	108.7	109.2	108	108.6	108.1	109.5	109.1	108.9
5	3/24/2017 21:17	107	109	109.9	108.6	108.7	109.3	108.1	108.7	109.8	109	109.8	109.5
6	3/24/2017 23:04	108.8	109	109.2	109	108.6	109.3	108.4	108.8	108.1	109.7	109.8	109.2

No	Date & Time	Titik 4			Rata-Rata	Titik 5			Rata-Rata	T <sub>wall</sub>
		CH13	CH14	CH15		CH16	CH17	CH18		
		degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC
1	3/24/2017 14:49	108.5	109.1	107.8	108.5	109.4	108.6	108.5	108.8	108.67
2	3/24/2017 15:57	109.6	108.4	108.8	108.9	108.8	109	109.6	109.1	108.89
3	3/24/2017 17:13	109.3	109	108	108.8	109.3	108	108.2	108.5	108.77
4	3/24/2017 19:35	108.4	108.7	109.3	108.8	109.8	109.7	108.9	109.5	108.95
5	3/24/2017 21:17	109.6	108.7	108.6	109	108.3	108.5	109.3	108.7	108.91
6	3/24/2017 23:04	109.5	109.3	109.8	109.5	108.7	108.4	108.3	108.5	108.99



Sehingga :

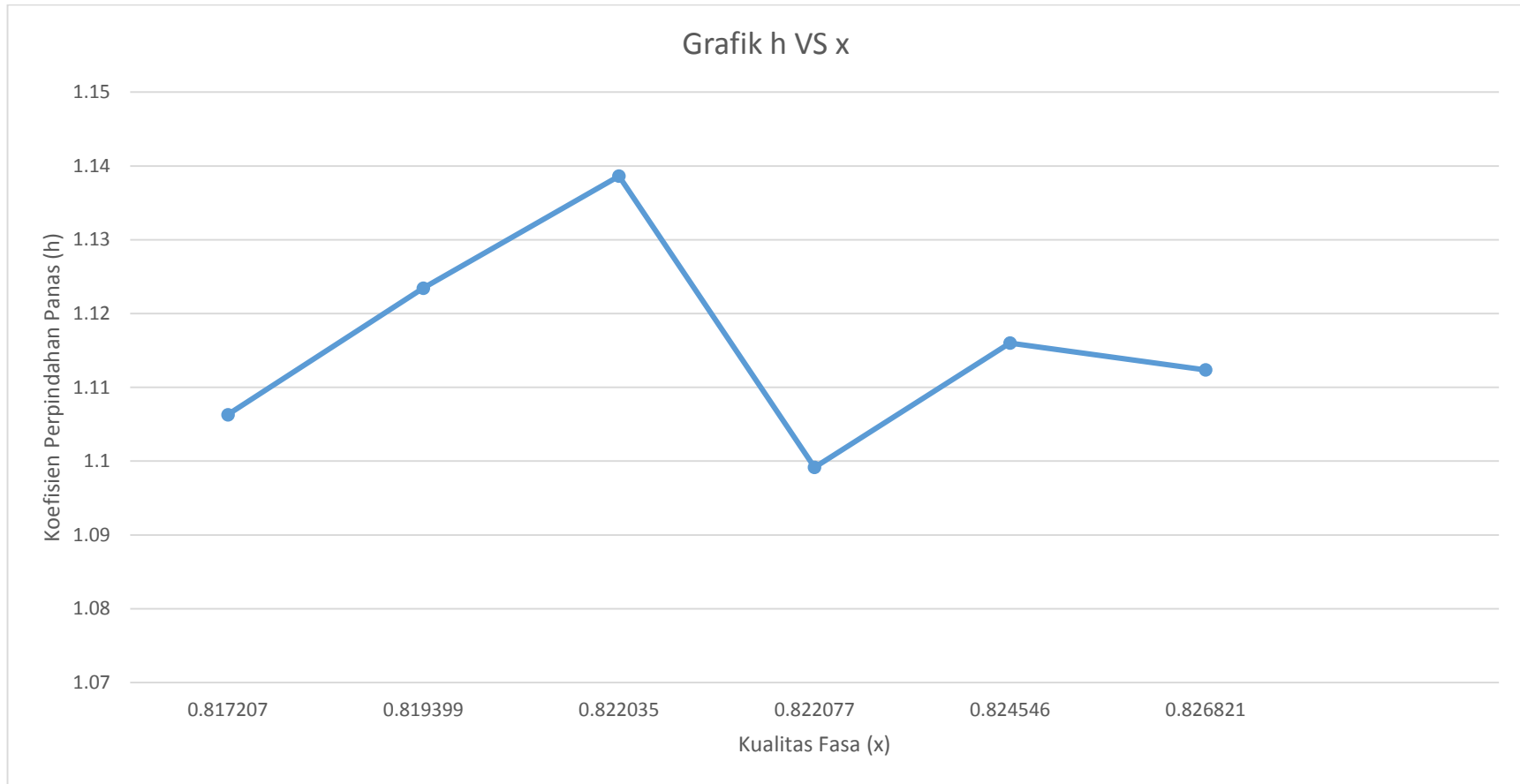
$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_{wall} - T_{fluid})}$$



No	Date & Time	d (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (kW)	T <sub>wall</sub> (K)	T <sub>fluid</sub> (K)	h (kW/m <sup>2</sup> .K)
1	3/24/2017 14:49	0.00635	0.8	0.015951	0.172	381.67	372.2	1.13863652
2	3/24/2017 15:57	0.00635	0.8	0.015951	0.171	381.89	372.2	1.10631544
3	3/24/2017 17:13	0.00635	0.8	0.015951	0.1715	381.77	372.2	1.12346314
4	3/24/2017 19:35	0.00635	0.8	0.015951	0.173	381.95	372.2	1.11236708
5	3/24/2017 21:17	0.00635	0.8	0.015951	0.172	381.91	372.1	1.09917307
6	3/24/2017 23:04	0.00635	0.8	0.015951	0.1725	381.99	372.3	1.11601996

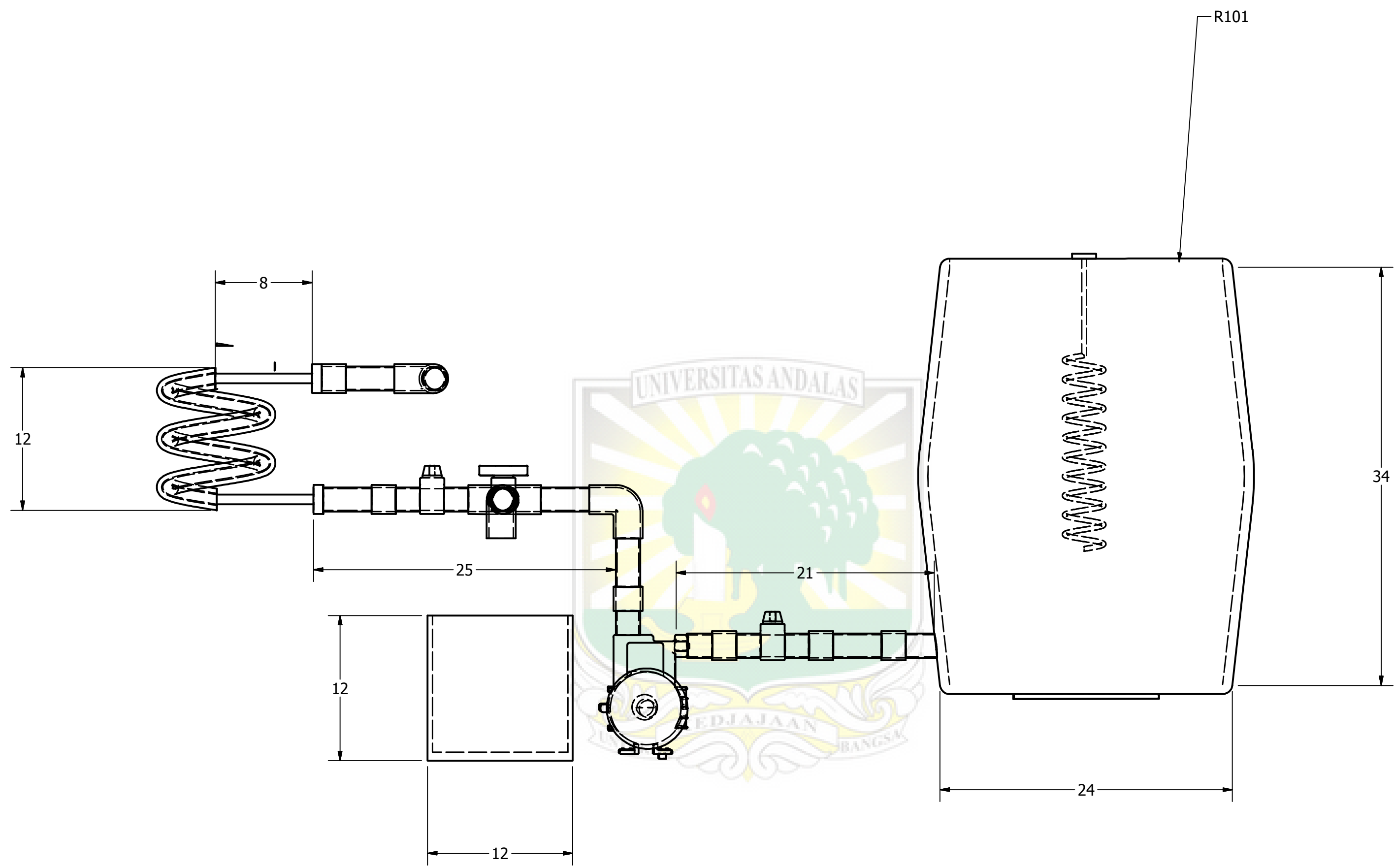
## Grafik

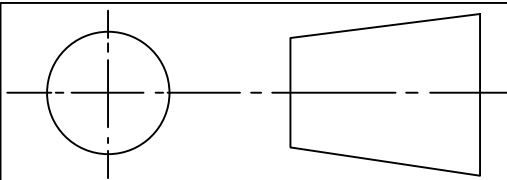
Grafik h VS x

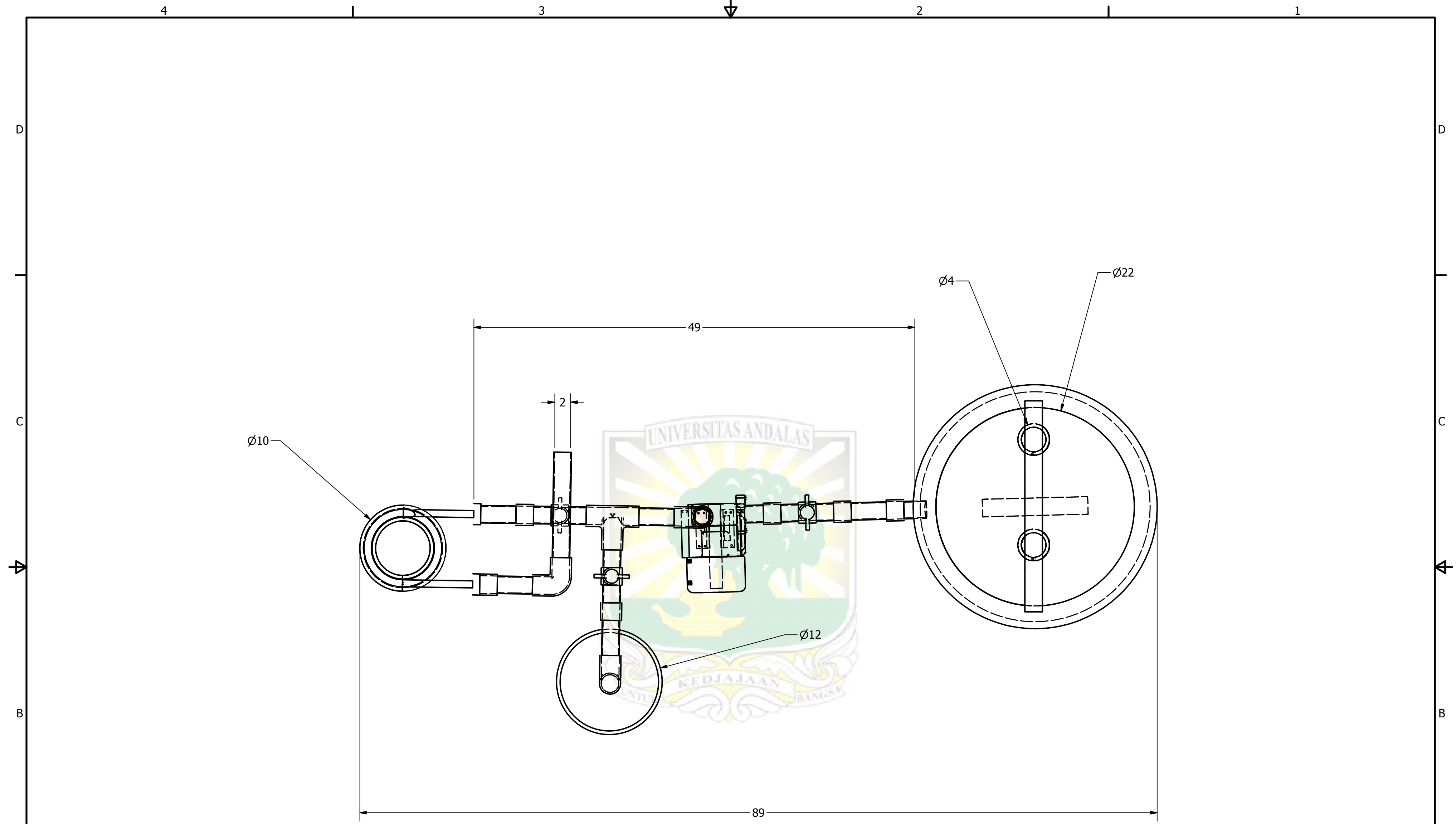


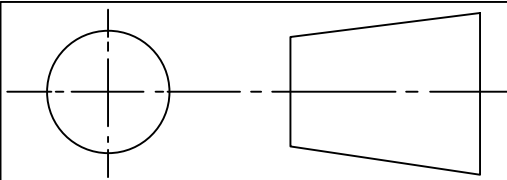


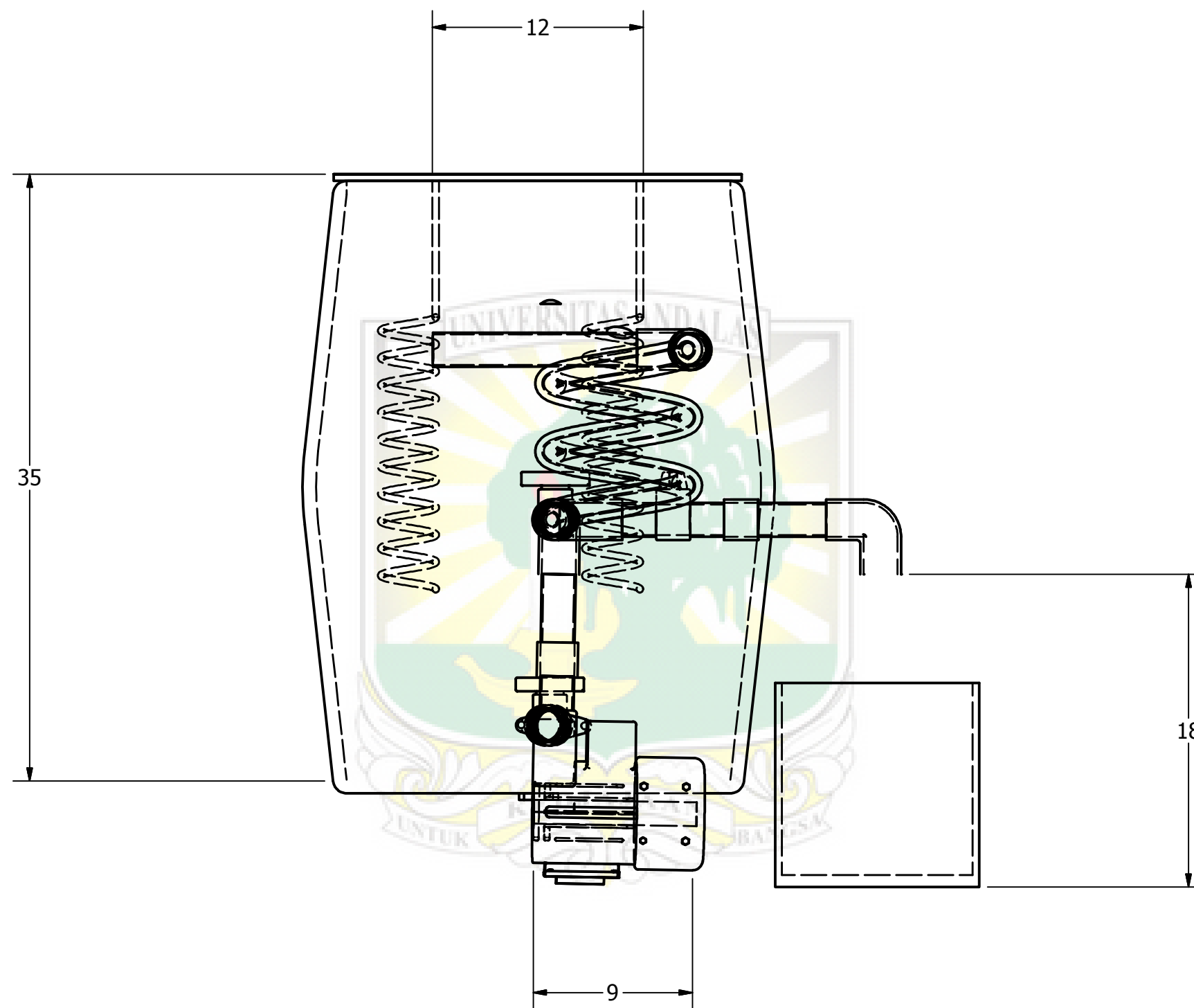
**LAMPIRAN B**  
**GAMBAR TEKNIK**



	Satuan : inchi	Digambar : Rahmadian Pratama	Peringatan
	Skala : 0.06 : 1	NIM : -	
	Tanggal : 21 - 01 - 2017	Dilihat : -	
Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas		Tugas Akhir	
		Gambar 2	A4



	Satuan : inchi	Digambar : Rahmadian Pratama	Peringatan
	Skala : 0.06 : 1	NIM : -	
	Tanggal : 21 - 01 - 2017	Dilihat : -	
Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas		Tugas Akhir	
		Gambar 2	A4



	Satuan : inchi	Digambar : Rahmadian Pratama	Peringatan
	Skala : 0.06 : 1	NIM : -	
	Tanggal : 21 - 01 - 2017	Dilihat : -	
Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas		Tugas Akhir	
		Gambar 2	A4