

TUGAS AKHIR

PENGARUH *BAFFLE CUT* TERHADAP PENURUNAN TEKANAN PADA ALAT PENUKAR KALOR SELONGSONG DAN TABUNG PADA TABUNG SEGI EMPAT

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RAHMAT FADILLAH
1607230011



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

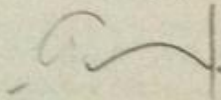
Nama : Rahmat Fadillah
NPM : 1607230011
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selongsong and Tabung Pada Tabung Segi Empat
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021

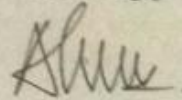
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



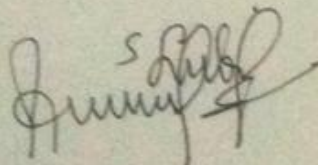
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji



Ir. Faisal Lubis, M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,


Afandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rahmat Fadillah
Tempat/Tanggal Lahir : Tangerang/05 Februari 1995
NPM : 1607230011
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selongsong dan Tabung Pada Tabung Segi Empat”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021



Saya yang menyatakan,

Rahmat Fadillah

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh *baffle cut* terhadap penurunan tekanan pada alat penukar kalos selongsong dan tabung *1-1 pass* dengan susunan tabung segi empat. Jenis *baffle* yang digunakan adalah jenis *baffle* segmen tunggal dengan jarak *baffle* 40 mm. Pengujian dilakukan dengan 1 variasi *baffle cut* yaitu 11%, 25,6%, 38,88%, dan 49,97%. Dari hasil penelitian diperoleh penurunan tekanan dengan hasil *baffle cut* 11% terjadi pressure drop sebesar 50.555.98 Pa, *baffle cut* 25.6 % terjadi pressure drop sebesar 11,893,52 Pa, *baffle cut* 38.88 % terjadi pressure drop sebesar 9.128.61 Pa, *baffle cut* 48.97 % terjadi pressure drop sebesar 9.697.30 Pa

Kata kunci : *Baffle cut*, penurunan tekanan, penukar kalor.

ABSTRACT

This research was conducted to investigate and determine the effect of the baffle cut on the pressure drop in a 1-1 pass tube and tube tube arrangement with a rectangular tube. The type of baffle used is a single segment baffle type with a baffle spacing of 40 mm. The test was carried out with 1 baffle cut variation, namely 11%, 25.6%, 38.88%, and 49.97%. From the research, it was found that the pressure drop was 11% with a baffle cut of 11%, a pressure drop of 50,555.98 Pa, a baffle cut of 25.6%, a pressure drop of 11,893.52 Pa, a baffle cut of 38.88% a pressure drop of 9,128.61 Pa, a baffle cut of 48.97 % there is a pressure drop of 9,697.30 Pa

Key words: Baffle cut, pressure drop, heat exchanger.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selongsong and Tabung Pada Tabung Segi Empat” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ir. Faisal Lubis M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku dosen Penguji I dan Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Affandi, S.T., M.T dan Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Yonnedi Ym dan Wirdatulaini Piliang, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Chairul Iskandar, Septian Fauzi Tarbin, Diki Prayogi, Muhammad Arif Harahap, Bayu Azhari, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Maret 2021

Rahmat Fadillah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Alat Penukar Kalor	3
2.1.1. Pengertian Alat Penukar Kalor	3
2.1.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor	6
2.1.3. Jenis – Jenis Alat Penukar Kalor	6
2.2. Alat Penukar Kalor Selongsong dan Tabung	7
2.2.1. <i>Baffle</i> (Sekat)	10
2.2.2. Diameter pipa didalam cangkang (<i>shell</i>)	10
2.2.3. Pengaruh pemasangan <i>baffle</i>	13
2.2.4. Penurunan tekanan	13
2.2.5. Fouling Factor (Faktor Pengotoran)	14
2.3. Tipe-tipe Alat Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Pipa	15
2.3.1. Alat Penukar Kalor Aliran Sejajar	15
2.3.2. Alat Penukar Kalor Aliran Berlawanan	15
2.3.3. Alat Penukar Kalor Aliran Silang	16
2.4. Landasan Teori	16
2.4.1 Koefisien Penurunan Tekanan	16
2.5 Penelitian Terdahulu	19
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat penelitian	21
3.1.2 Waktu penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan penelitian	21
3.2.2 Alat penelitian	22
3.3 Diagram Alir Penelitian	25

3.4	Rancangan Alat Penelitian	26
3.5	Prosedur Penelitian	28
3.5.1	Kalibrasi Termokopel	28
3.5.2	Persiapan Pendahuluan	28
3.5.3	Pengembalian Data	30
3.6	Variabel Penelitian	31
3.7	Analisa Data	31
3.8	Kerangka Konsep Penelitian	32
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Penurunan Tekanan didalam selongsong	34
4.2	Koefisien Gesek didalam Selongsong	37
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1.	Kesimpulan	40
5.2.	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	SK PEMBIMBINGAN	
	BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 faktor konstanta perhitungan kalor ideal	9
Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian	16
Tabel 3.2 parameter sisi tabung dan selongsong	21
Tabel 3.3 Data <i>Sheet</i> pengukuran untuk tiap-tiap <i>buffle cut</i>	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis-jenis aliran	4
Gambar 2.2 Alat penukar kalor selongsong dan tabung	5
Gambar 2.3 Aliran dalam sisi selongsong	5
Gambar 2.4 Distribusi aliran pada selongsong	6
Gambar 2.5 Susunan Tabung	8
Gambar 2.6 Profil aliran dan Kontruksi luas	8
Gambar 2.7 Jenis-jenis <i>Baffle</i>	9
Gambar 3.1 Blower	17
Gambar 3.2 Pompa sirkulasi	18
Gambar 3.3 Termo Resistance	18
Gambar 3.4 Diagram Alir	20
Gambar 3.5 Skema <i>set – up</i> alat uji penelitian	22
Gambar 3.6 Pengaturan jarak <i>baffle</i>	23
Gambar 3.7 APK siap diuji	24
Gambar 3.8 Rangkaian bak pemanas air	25
Gambar 3.9 Kerangka konsep penelitian	28
Gambar 4.1 Grafik Penurunan tekanan	31
Gambar 4.2 Grafik Koefisien Gesek	32

DAFTAR NOTASI

A	Luas alat penukar kalor, m^2
b, b_1, b_2, b_3, b_4	Parameter penyocokan kurva untuk koefisien gesekan
D_b	Diameter Pipa
D_o	Diameter <i>bundle</i> tabung
D_s	Diameter dalam selongsong
d_o	Diameter luar tabung
d_{in}	Diameter dalam tabung
f	Koefisien gesekan
f_A	Faktor bentuk susunan tabung
f_B	Faktor aliran <i>bypass</i> tabung <i>baffle</i> dan <i>baffle</i> selongsong
m_a	Laju aliran massa air
m_u	Laju aliran massa udara
N_b	Jumlah <i>baffle</i>
N_{pass}	Jumlah laluan tabung
N_t	Jumlah tabung
P_t	Jarak bagi tabung arah transversal
ΔP_{cc}	Penurunan tekanan pada sisi masuk dan keluar daerah aliran lintang
ΔP_{wz}	Penurunan tekanan pada jendela
ΔP_c	Penurunan tekanan pada interior aliran lintang
ΔP_s	Penurunan tekanan total pada sisi selongsong
ΔT	Perbedaan Temperatur
ΔT_m	Beda Temperature
v	Kapasitas aliran fluida didalam selongsong
V	Kecepatan maksimum udara didalam selongsong

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Perhitungan Penurunan Tekanan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun belakangan ini, penelitian mengenai aliran pada sisi selongsong, untuk memperkirakan koefisien penurunan tekanan alat penukar kalor selongsong dan tabung telah dipublikasikan untuk memperbaiki ketepatan perkiraan dari performa dan alat penukar kalor, (Kukral dan Stephen 1995)

Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *selongsong dan tabung pada alat penukar kalor*. Alat ini terdiri dari sebuah *selongsong* silindris di bagian luar dan sejumlah *tabung (tube bundle)* di bagian dalam, dimana temperatur fluida didalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tabung* (didalam *selongsong*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *tabung* dan di luar *tabung*.(J.P Holman, 1995).

Pada kasus aliran turbulen akan menyebabkan penurunan tekanan di sebabkan oleh *baffle* melebihi dari pada gesekan dinding dan gesekan tube (Hughes dkk, 2005).

Mengemukakan bahwa unjuk kerja APK dan tabung optimum terjadi pada perbandingan jarak *baffle* dan diameter selongsong sebesar 0,3 dan *baffle cut* sebesar 22,61 % dari diameter selongsong dan pada kondisi ini juga terjadi penurunan tekanan yang rendah. (Alfansury, 2007)

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *baffle* terhadap efektifitas dan penurunan tekanan dalam heat exchanger. Dari hasil penelitian didapat bahwa efektifitas meningkat dengan dipasangnya *baffle*. Efektifitas meningkat seiring dengan mengecilnya jarak antar *baffle* hingga suatu jarak tertentu, kemudian menurun. (Ekadewi Anggraini Handoyo, 2001)

Bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor.(Menurut Dean A Barlet,1996)

1.2. Rumusan Masalah

Tekanan yang minimal pada alat penukar kalor jenis selongsong dan tabung susunan segiempat, dipengaruhi oleh variasi *baffle cut*, dimana pada sisi selongsong dialiri fluida dingin yaitu udara dan pada sisi tabung mengalir fluida panas

1.3. Ruang lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah pada penurunan tekanan pada alat penukar kalor selongsong dan tabung dengan tabung segi empat dengan variasi nilai jarak *baffle*.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Untuk mendapatkan penurunan tekanan total pada APK (Alat penukar kalor).
- b. Mendapatkan Nilai Optimal dari penurunan tekanan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Menghasilkan informasi nilai *baffle cut* yang optimal untuk alat penukar kalor selongsong dan tabung pada tabung segi empat.
- b. Sebagai pengembang ilmu pengetahuan dan teknologi bidang alat penukar kalor selongsong dan tabung pada tabung segi empat.
- c. Sebagai pengembangan wawasan penelitian secara eksperimental.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Penukar Kalor

2.1.1 Pengertian Alat Penukar Kalor

Bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor menggunakan elemen–elemen konduksi termal yang pada umumnya berupa tabung “*tube*” atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut, memindahkan energi kalor ke elemen yang lainnya. (Menurut Dean A Barlet 1996)

2.1.2 Klasifikasi Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut :

1. Berdasarkan proses perpindahan kalor
 - Perpindahan kalor secara langsung
 - Perpindahan kalor secara tak langsung
2. Berdasarkan Konstruksi
 - Konstruksi Tabung (Tubular)
 - Konstruksi tipe plat
 - Konstruksi dengan luas permukaan diperluas.
3. Berdasarkan jenis aliran
 - Alat penukar kalor aliran sejajar (*parallel flow*).
 - Alat penukar kalor aliran berlawanan (*counter flow*).
 - Alat penukar kalor aliran silang (*cross flow*).
4. Berdasarkan pengaturan aliran
 - Aliran dengan satu pass.
 - Aliran dengan multi pass.
5. Berdasarkan dengan banyaknya fluida yang digunakan

- Dua jenis fluida
- Tiga jenis fluida atau lebih

1. Condenser

Condenser merupakan alat penukar panas yang digunakan untuk mendinginkan fluida sampai terjadi perubahan fase dari fase uap menjadi fase cair. Media pendingin yang dipakai biasanya air sungai atau air laut dengan suhu udara luar.

2. Chiller

Chiller merupakan alat penukar panas yang digunakan untuk mendinginkan (menurunkan suhu) cairan atau gas pada temperatur yang sangat rendah. Temperatur pendingin di dalam chiller jauh lebih rendah dibandingkan dengan pendinginan yang dilakukan oleh pendingin air. Media pendingin yang digunakan antara lain freon

3. Reboiler

Reboiler merupakan alat penukar panas yang bertujuan untuk mendidihkan kembali serta menguapkan sebagian cairan yang diproses. Media pemanas yang digunakan antara lain uap (steam) dan minyak (oil). Alat penukar panas ini digunakan pada peralatan distilasi.

4. Cooler

Cooler adalah alat penukar panas yang digunakan untuk mendinginkan (menurunkan suhu) cairan atau gas dengan menggunakan air sebagai media pendingin. Dengan perkembangan teknologi saat ini, media pendingin cooler menggunakan udara dengan bantuan kipas (fan).

5. Heat Exchanger

Heat Exchanger (HE) adalah alat penukar panas yang bertujuan memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk pemanasan aliran fluida yang lain. Dalam hal ini terjadi 2 fungsi sekaligus yaitu :

- Memanaskan fluida yang dingin
- Mendinginkan fluida yang panas

6.Heater

Heater merupakan alat penukar kalor yang bertujuan memanaskan (menaikkan suhu) suatu fluida proses dengan menggunakan media pemanas. Media pemanas yang biasa digunakan antara lain uap atau fluida panas lain.

7.Thermosiphon dan Forced Circulation Reboiler

Thermosiphon reboiler merupakan reboiler dimana terjadi sirkulasi fluida yang akan dididihkan dan diuapkan dengan proses sirkulasi alamiah (natural circulation). Sedangkan Forced Circulation Reboiler adalah reboiler yang sirkulasi fluida terjadi akibat adanya pompa sirkulasi sehingga menghasilkan sirkulasi paksaan (forced circulation).

8. Steam Generator

Alat ini sering disebut sebagai ketel uap dimana terjadi pembentukan uap dalam unit pembangkit. Panas hasil pembakaran bahan bakar dalam ketel dipindahkan dengan cara konveksi, konduksi dan radiasi. Berdasarkan sumber panasnya, steam generator dibagi 2 macam, yaitu :

- Steam generator tipe pipa air
- Tipe ini, fluida yang berada di dalam pipa adalah air ketel, sedangkan pemanas (berupa nyala api dan gas asap) berada di luar pipa. Hasilnya berupa uap dengan tekanan tinggi.
- Steam generator tipe pipa api

Tipe ini, fluida yang berada di dalam pipa adalah nyala api, sedangkan air yang akan diuapkan berada di luar pipa dalam bejana khusus pemanas (berupa nyala api

9.WHB (Waste Heat Boiler)

WHB adalah alat penukar panas sejenis dengan ketel uap tetapi memiliki perbedaan pada sumber panas yang digunakan. Sumber panas pada ketel uap yaitu hasil pembakaran bahan bakar sedangkan sumber panas pada WHB yaitu memanfaatkan panas dari gas asap pembakaran atau cairan panas yang diperoleh dari reaksi kimia

10. Superheater

Alat penukar panas jenis ini digunakan untuk mengubah uap basah (saturated steam) pada steam generator (ketel uap) menjadi uap kering (superheated steam).

11. Evaporator

Evaporator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk menguapkan cairan yang ada pada larutan sehingga diperoleh larutan yang lebih pekat (mother liquor)

12. Vaporizer

Alat penukar panas ini digunakan untuk menguapkan suatu cairan sehingga fasenya berubah dari cair menjadi gas.

13. Ekonomizer

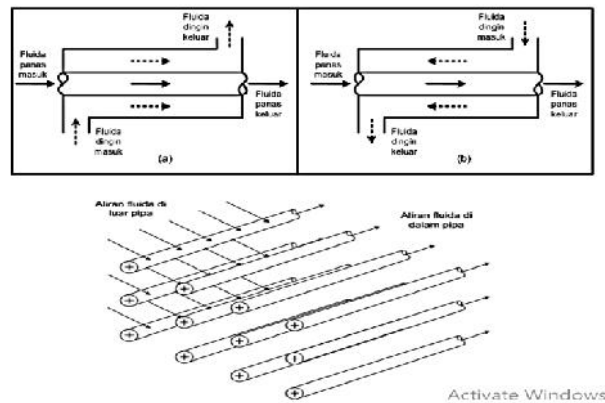
Ekonomizer (disebut juga pemanas air pengisi ketel uap) digunakan untuk menaikkan suhu air sebelum air masuk ke dalam ketel uap. Tujuannya untuk meringankan beban ketel (Sitompul, 1993)

2.1.3 Jenis – Jenis Alat Penukar Kalor

Penukar Kalor secara garis besar dibagi berdasarkan arah aliran fluidanya. Berdasarkan arah aliran fluida, penukar kalor dibedakan menjadi 3 jenis aliran, yaitu: aliran searah (*parallel flow*), aliran berlawanan (*counter flow*) dan aliran silang (*cross flow*). Pada penukar kalor jenis aliran searah, fluida yang memanaskan dan fluida yang dipanaskan masuk pada sisi yang sama kemudian keluar pada sisi yang sama. Pada penukar kalor aliran berlawanan, kedua fluida masuk dan keluar pada sisi yang berbeda, sedangkan pada penukar kalor aliran silang, kedua fluida mengalir dengan saling bersilangan. Ilustrasi ketiga jenis penukar kalor tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Azwinur, 2014)

Berdasarkan jenis fasa fluida yang mengalir, heat exchanger dapat dibagi menjadi:

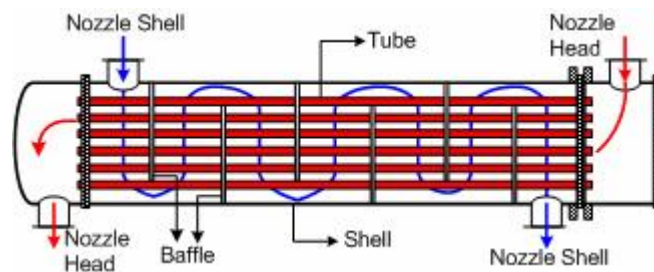
- Tipe cair – gas. Contohnya radiator mobil, cooler oli, peralatan pengkondisian udara, dan refrerjerasi, intercooler dan after cooler untuk kompresor serta cooler udara pada turbin gas.
- Tipe cair-cair
- Tipe gas-gas (dimensinya lebih besar dibanding yang lain).



Gambar 2.1 panas aliran searah (paralel flow) (b) Penukar panas aliran berlawanan (counter flow) (c) Penukar panas aliran silang (cross flow)

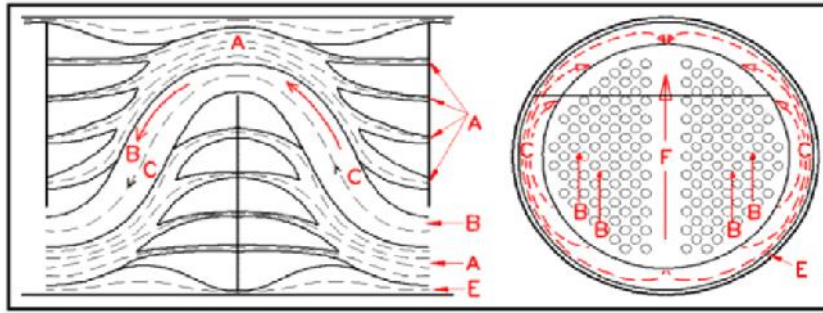
2.2 Alat Penukar Kalor *Selongsong dan Tabung*

Alat penukar kalor selongsong dan tabung di desain untuk dapat melakukan pertukaran kalor dari satu fluida ke fluida yang lain yang berbeda suhunya, dengan luas permukaan yang minimum dan kondisi operasi yang efektif serta konstruksi yang kokoh seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.1 (Bell, 1963)



Gambar 2.2 alat penukar kalor selongsong dan tabung (Bell, 1963)

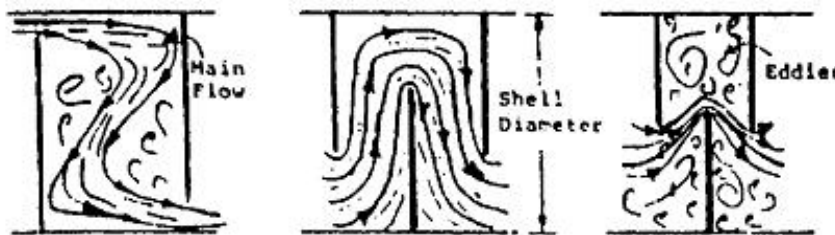
Secara umum lintasan fluida dalam APK selongsong dan tabung dapat terjadi dalam dua area lintasan yang terpisah yakni dalam selongsong dan dalam tabung. Dalam menganalisa aliran dalam selongsong selain terdapat aliran utama B yakni aliran yang melintasi tegak (*main cross flow*) terhadap *tube bundle*, juga terdapat kebocoran aliran seperti kebocoran A antara baffle dengan tabung, dan E kebocoran antara baffle dengan selongsong, serta aliran bypass C antara tube bundle dengan selongsong seperti gambar 2.2.



Gambar 2.3. aliran dalam sisi selongsong dengan *baffle segment* (Tinker, 1951)

Aliran fluida di sisi selongsong APK selongsong dan tabung yang memiliki baffle segmental sangat kompleks dari pada aliran di dalam tabung atau di dalam kanal, dan juga dalam menentukan penurunan tekanan di sisi selongsong adalah sangat kompleks. (Tinker, 1951)

Akibat tahanan aliran utama B seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, akan menyebabkan arus *bypass*, sementara itu aliran E tidak mempengaruhi perpindahan kalor secara signifikan. Suatu skema idealisasi dari aliran pada sisi selongsong daerah longitudinal dan *cross flow* pada tiap-tiap *tube bundle*, ditunjukkan dengan distribusi aliran pada selongsong akibat pengaruh *baffle cut*, Gambar 2.3.



Gambar 2.4 distribusi aliran pada selongsong akibat pengaruh *baffle cut* (Ibrahim, 2007)

Baffle segmental cenderung membuat distribusi aliran tidak baik jika perbandingan jarak baffle dan baffle cut tidak tepat seperti pada gambar 2.3. perbandingan yang terlalu tinggi atau rendah akan menyebabkan kesalahan aliran.

Susunan tabung selang-seling memberikan kinerja yang lebih baik untuk kecepatan fluida rendah dan tabung lebih panjang, sedangkan susunan sejajar

memberikan hasil lebih baik untuk kecepatan fluida yang lebih tinggi dan perbandingan pitch lebih besar.

Dari sekian banyak kalkulasi desain pada beberapa parameter yang terdapat dalam selongsong sehubungan dengan besarnya laju penurunan tekanan, maka kalkulasi untuk parameter baffle adalah yang paling rumit. Terdapatnya perbedaan kecepatan aliran fluida yang melintasi pada tube bundle, akan menyebabkan terjadinya percepatan dan perlambatan yang berulang-ulang di sepanjang lintasan selongsong dan tabung. Aliran demikian akan mengalami kontraksi dan ekspansi, yang kemudian akan mempengaruhi terhadap laju aliran penurunan tekanan. Untuk menghindari hal itu, maka di upayakan mengambil dimensi pemotong baffle dan jarak baffle yang sesuai agar luas penampang aliran pada jendela baffle kurang lebih mendekati sama luas penampang alir pada daerah aliran lintang bundle. (Ibrahim, 2007).

1. Nozzle.

Titik masuk fluida ke dalam *heat exchanger*, entah itu sisi *shell* ataupun sisi *tube*, dibutuhkan sebuah komponen agar fluida kerja dapat didistribusikan merata di semua titik. Komponen tersebut adalah nozzle. Nozzle ini berbeda dengan nozzle-nozzle pada umumnya yang digunakan pada mesin turbin gas atau pada berbagai alat ukur. Nozzle pada inlet *heat exchanger* akan membuat aliran fluida yang masuk menjadi lebih merata, sehingga didapatkan efisiensi perpindahan panas yang tinggi.

2. Front-End dan Rear-End Head.

Bagian ini berfungsi sebagai tempat masuk dan keluar dari fluida sisi pipa *tubing*. Selain itu bagian ini juga berfungsi untuk menghadapi adanya efek pemuaian. Berbagai tipe *front-end* dan *rear-end head* ditunjukkan pada gambar di atas.

3. Tubesheet.

Pipa-pipa *tubing* yang melintang longitudinal membutuhkan penyangga agar posisinya bisa stabil. Jika sebuah *heat exchanger* menggunakan *baffle* transversal, maka ia juga berfungsi ganda sebagai penyangga pipa *tubing*. Namun jika tidak menggunakan *baffle*, maka diperlukan penyangga khusus.

2.2.1 Baffle (Sekat)

Baffle adalah sebuah lempeng sirkular yang dipotong sebagian (tergantung nilai *baffle cut*) yang terpasang pada sepanjang aliran dalam *shell* berfungsi untuk memaksimalkan perpindahan panas yang terjadi antar fluida, menahan *tube-bundle* dan untuk mencegah atau menahan getaran pada pipa-pipa. Pada proyek akhir ini, digunakan *baffle* berjenis *double segmental baffle*. (Laili Bagus Kurniawan (2017)

Baffle atau sekat pada *heat exchanger* tipe *shell and tube* mempunyai beberapa fungsi antara lain:

- Mengarahkan aliran fluida menjadi *cross flow* yang mengalir di luar *tube*.
- Dengan adanya *cross flow* akan membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar dan lebih lama bersentuhan.
- Sebagai penahan *tube* untuk mencegah terjadinya getaran.

Ada dua macam sekat yang sering digunakan pada penukar panas jenis *shell and tube*, yaitu :

1. Sekat lingkaran terpotong (*segmental baffle*)

Sekat jenis ini paling umum digunakan pada penukar panas jenis *shell and tube*. Perbandingan bagian yang terpotong (*baffle cut ratio*) pada sekat jenis ini bermacam-macam (15%, 25%, 35%, dan 45%) dan yang paling banyak digunakan adalah sekat dengan *baffle cut ratio* 25%.

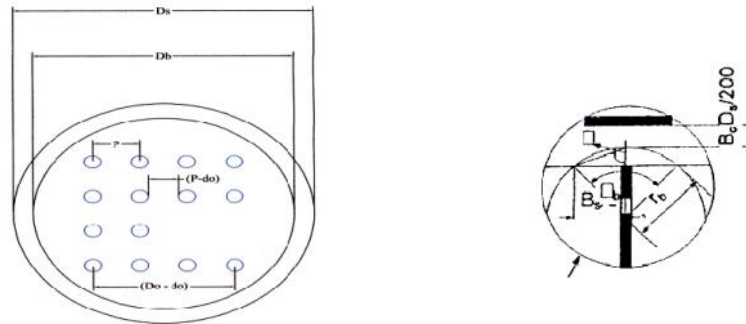
2. Sekat cakram dan donat (*disc and doughnut baffle*)

Penurunan tekanan fluida kerja yang diakibatkan oleh jenis sekat ini sangat rendah (60% lebih rendah) jika dibandingkan dengan sekat yang biasa digunakan. Biasanya sekat jenis ini digunakan untuk desain dengan batasan penurunan tekanan maksimum yang sangat rendah.

Secara skematik jenis sekat lingkaran terpotong (*segmental baffle*) dan sekat cakram dan donat (*disc and doughnut baffle*).

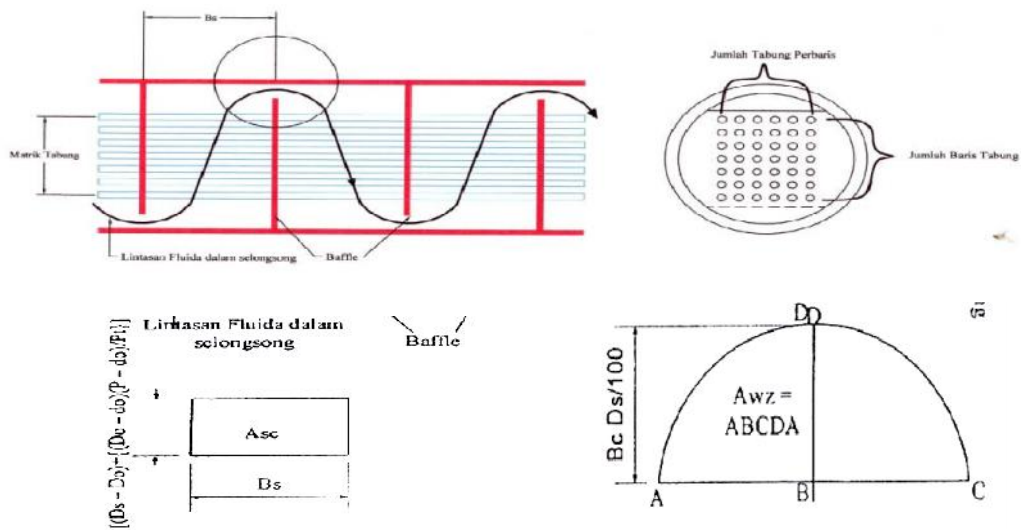
2.2.2. Diameter pipa didalam cangkang (*shell*)

Diameter pipa merupakan faktor penting dalam perancangan panas jenis *shell and tube*. Pemilihan diameter pipa akan mempengaruhi beberapa besaran yang digunakan dalam perhitungan penukar panas seperti: kecepatan aliran fluida, koefisien



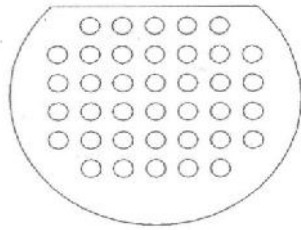
Gambar 2.5 Susunan tabung (Bell,1963)

Dimana pada penelitian ini menggunakan susunan tabung segi empat.



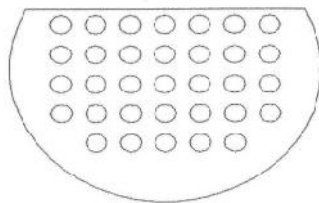
Gambar 2.6 Profil aliran dan Konstruksi Luas Jendela *Baffle Cut* (Tinker,1951)

Dimana yang berwarna merah adalah *baffle* dan warna biru adalah *tube* dan warna hitam adalah aliran fluida (udara). Dimana pada pemotongan *baffle cut* 25,6% alirannya adalah ideal (optimal) seperti garis warna hitam.



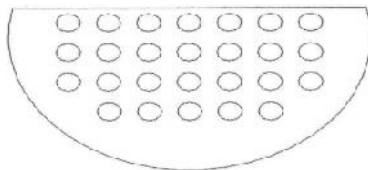
Baffle Cut = 11%

Jumlah lubang = 38 buah



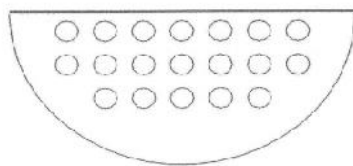
Baffle Cut = 25,6 %

Jumlah lubang = 33 buah



Baffle Cut = 38,88 %

Jumlah lubang = 26 buah



Baffle Cut = 48,97 %

Jumlah lubang = 19 buah

Table 2.1 faktor konstan untuk perhitungan koefisien perpindahan kalor ideal.

Layout angle	Reynold number	$\frac{f}{a^1}$	$\frac{h}{a^2}$	$\frac{H}{a^3}$	$\frac{h}{a^4}$	$\frac{St}{b^1}$	$\frac{St}{b^2}$	$\frac{C}{b^3}$	$\frac{C}{b^4}$
30°	10 ⁵ -10 ⁴	0.321	-0.388	1.450	0.519	0.372	-0.123	7.00	0.500
	10 ⁴ -10 ³	0.321	-0.388			0.486	-0.152		
	10 ³ -10 ²	0.593	-0.477			4.570	-0.476		
	10 ² -10	1.360	-0.657			45.100	-0.973		
	<10	1.400	-0.667			48.000	-1.000		
45°	10 ⁵ -10 ⁴	0.370	-0.396	1.930	0.500	0.303	-0.126	6.59	0.520
	10 ⁴ -10 ³	0.370	-0.396			0.333	-0.136		
	10 ³ -10 ²	0.730	-0.500			3.500	-0.476		
	10 ² -10	0.498	-0.656			26.200	-0.931		
	<10	1.550	-0.667			32.000	-1.000		
90°	10 ⁵ -10 ⁴	0.370	-0.395	1.187	0.370	0.391	-0.148	6.30	0.378
	10 ⁴ -10 ³	0.107	-0.266			0.0815	0.022		
	10 ³ -10 ²	0.408	-0.460			6.0900	-0.602		
	10 ² -10	0.900	-0.631			32.1000	-0.963		
	10	0.970	-0.667			35.0000	-1.000		

Table 2.1. Dimana sudut yang diambil adalah 45°. Dan itu berlaku pada *baffle cut* susunan tabung segi empat dan sudut =45°

2.2.3 Pengaruh pemasangan sekat (*baffle*)

Ekadewi Anggraini Handoyo (2001) pengaruh dengan dipasangnya *baffle* adalah penurunan tekanan aliran di sisi shell. Penurunan tekanan aliran sisi shell bahwa penurunan tekanan aliran sisi shell meningkat dengan naiknya laju aliran massa dan mengecilnya jarak antar *baffle* yang digunakan. Semakin banyak *baffle* yang dipasang, luas penampang aliran melintang (*cross flow*) dari udara semakin kecil. Lintasan yang ditempuh udara dingin semakin panjang dan untuk laju aliran massa yang sama, dibanding dengan jika jumlah *baffle* sedikit, akan membuat kecepatan udara dingin meningkat sehingga penurunan tekanan membesar. Untuk laju aliran massa yang lebih besar kecepatan fluida meningkat sehingga penurunan tekanan juga meningkat.

2.2.4 Penurunan tekanan

Penurunan tekanan pada suatu aliran yang disebabkan oleh gesekan pada dinding atau kerugian antara fluida dengan saluran. Pada alat penukar kalor, semakin tinggi *pressure drop* atau penurunan tekanan akan menyebabkan semakin tinggi daya yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengalirkan fluida.

Losses atau kerugian yang terjadi pada aliran fluida dapat dibagi menjadi 2 yaitu (major losses) yang mana jenis kerugian ini disebabkan karena adanya faktor gesekan yang dimiliki oleh dinding sedangkan (minor losses) adalah jenis kerugian yang disebabkan oleh instalasi saluran seperti kelokan, siku, sambungan, katup dll.: (White, 2001: 328)

Dalam banyak aplikasi penurunan tekanan (pressure drop) yang tersedia untuk mendorong fluida melalui penukar kalor akan ditetapkan oleh kondisi proses, dan penurunan tekanan yang tersedia akan bervariasi dari milibar dalam kondisi vakum hingga beberapa bar dalam sistem tekanan. Ketika desainer bebas untuk memilih penurunan tekanan, dari sebuah analisa ekonomis dapat dilakukan untuk menentukan desain penukar kalor yang memberikan biaya operasi terendah, dengan mempertimbangkan baik modal dan biaya pemompaan. Namun, analisis ekonomi secara keseluruhan hanya akan dibenarkan untuk penukar kalor yang sangat besar dan mahal. Nilai-nilai yang disarankan di bawah ini dapat digunakan sebagai panduan umum, dan biasanya akan memberikan desain dengan pendekatan optimal .

1. Cairan Viskositas

- $< 1 \text{ mN s/m}^2$ 35 kN/m^2
- 1 Sampai 10 mN s/m^2 $50\text{-}70 \text{ kN/m}^2$

2. Gas dan uap

- Vakum tinggi $0,4\text{-}0,8 \text{ kN/m}^2$
- Medium vakum $0,1 \times$ absolute pressure 25
- 1 sampai 2 bar $0,5 \times$ sistem tekanan gauge
- Di atas 10 bar $0,1 \times$ sistem tekanan gauge

Ketika penurunan tekanan tinggi yang digunakan, perawatan harus dilakukan untuk memastikan bahwa hasil dari kecepatan fluida yang tinggi tidak menyebabkan erosi atau getaran yang pada sisi pipa.

2.2.5 Fouling Factor (Faktor Pengotoran)

Faktor pengotoran ini sangat berpengaruh pada perpindahan panas dalam heat exchanger. Pengotoran ini bisa menyebabkan endapan dari fluida yang mengalir, juga disebabkan oleh korosi pada komponen dari heat exchanger, dialirinya Selama heat exchanger ini dioperasikan pengaruh pengotoran pasti akan selalu

terjadi. Terjadinya pengotoran tersebut bisa sangat mengganggu atau mempengaruhi temperatur fluida yang mengalir, Dan juga bisa menurunkan atau mempengaruhi koefisien dalam perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut. Beberapa faktor yang dipengaruhi akibat dari pengotoran antara lain :

- Temperatur fluida
- Temperatur dinding tube
- Kecepatan aliran fluida

2.3 Tipe-tipe Alat Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Pipa

Berdasarkan susunan aliran fluida yang dimaksud disini adalah berapa kali fluida mengalir sepanjang penukar kalor sejak saat masuk hingga meninggalkannya serta bagaimana arah aliran relatif antara kedua fluida apakah sejajar, berlawanan maupun bersilang. Berdasarkan berapa kali fluida melalui penukar kalor dibedakan jenis satu kali laluan atau multi laluan. Pada jenis satu laluan, masih terbagi ke dalam tiga tipe berdasarkan arah aliran dari fluida yaitu:

2.3.1. Penukar Kalor Tipe Aliran Sejajar

Alat penukar kalor tipe aliran sejajar yaitu apabila arah aliran dari kedua fluida didalam penukar kalor adalah sejajar. Dalam artian kedua fluida pemanas maupun pendingin masuk pada satu sisi dan keluar pada sisi yang lain dengan arah yang sama maupun sejajar. Pada alat penukar kalor jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak awal memasuki penukar kalor hingga keluar. Dengan demikian temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor saat keluar dari penukar kalor.

2.3.2. Alat Penukar Kalor Tipe Aliran Berlawanan

Alat penukar kalor tipe aliran berlawanan yaitu bila kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan. Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor saat meninggalkan penukar kalor. Bahkan idealnya apabila luas permukaan penukar kalor adalah tak 12 berhingga, maka temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar dari penukar kalor bisa menyamai temperatur fluida yang memberikan kalor saat memasuki penukar kalor.

Keuntungan utama dari penukar panas pipa ganda adalah bahwa hal itu dapat dioperasikan dalam pola berlawanan arah/counter flow, yang merupakan pola aliran yang paling efisien. Artinya, akan memberikan koefisien perpindahan panas tertinggi keseluruhan untuk desain penukar panas pipa ganda. Penukar panas pipa ganda dapat menangani tekanan tinggi dan temperatur. Ketika beroperasi diberlawanan arah, alat jenis ini dapat dapat beroperasi dengan suhu berlawanan.(Dwi Arif S, 2017)

2.3.3 Alat Penukar Kalor Tipe Aliran Silang

Penukar kalor dengan aliran silang yaitu bila arah aliran kedua fluida saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas. Contoh yang sering ditemui adalah radiator mobil dimana arah aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan. Dalam kasus radiator mobil, udara melewati radiator dengan temperatur rata-rata yang hampir sama dengan temperatur udara lingkungan kemudian memperoleh kalor dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda untuk kemudian bercampur lagi setelah meninggalkan radiator sehingga akan mempunyai temperatur yang hampir seragam.(Cengel, 2003).

2.4 Landasan Teori

2.4.1 Koefisien Penurunan Tekanan

Hal yang sama juga berlaku untuk menentukan penurunan tekanan, faktor koreksi untuk menghitung penurunan tekanan di dalam selongsong, juga memperhitungkan pengaruh dari kebocoran.

Penurunan tekanan total di dalam selongsong di bagi dalam beberapa komponen :

1. Penurunan tekanan total pada sisi masuk dan keluar nosel pada ujung-ujung APK selongsong dan tabung.
2. Penurunan tekanan yang terjadi pada interior penampang lintang.
3. Penurunan tekanan di sebabkan pola aliran pada sisi masuk pada ujung penampang lintang melintasi bundle tabung hingga pada ketinggian baffle dan sebelum memasuki luasan jendela.

Penurunan tekanan total pada APK selongsong dan tabung :

$$\Delta P_f = \Delta P_c + \Delta P_w + \Delta P_e \quad (2.1)$$

$$\Delta P_c = (Nb - 1)\Delta_{ideal}; R_l R_b \quad (2.2)$$

$$\Delta P_c = \frac{2 f_{ideal} N c G^2}{g c \rho \psi} \quad (2.3)$$

$$\phi = \text{faktor koreksi viskositas} \quad (2.4)$$

$$g c = 1,0(\text{kg/ms})/ \quad (2.5)$$

$$\Delta P_{ideal} = \frac{2 f_{ideal} N c g^2}{g c \rho W} \quad (2.6)$$

1

$$f_{ideal} = b_1 \quad (2.7)$$

$$f_{ideal} = b_1 \frac{(1,33)^b}{(P_t / d_o)^b} (\text{Re})^b \quad (2.8)$$

$$\Delta P_{wideal} = \left(\frac{2 + 0.6 N c w}{2 g c \dots S m S w} m a^2 \right) \quad (2.9)$$

1

1 1 1

Jumlah baris tabung efektif pada jendela baffle

$$N_{cw} = \frac{0.8 b c D s}{P_t} \quad (2.10)$$

P_t = PT untuk susunan segi empat

= $PT \cos \theta_{tp}$ untuk susunan segitiga $\theta_{tp} = 30^\circ$

= $PT \cos \theta_{tp}$ untuk susunan segitiga empat di putar

$\theta_{tp} = 45^\circ$

$$P_{e_{ideal}} = 2\Delta P_{ideal} \left(1 + \frac{Ncs}{N}\right) R_b R \quad (2.11)$$

Faktor koreksi akibat aliran *bypass* untuk penurunan tekanan

$$R_b = (-CR(Sb/Sm))(j = \sqrt{2rss}) \quad (2.12)$$

Untuk $rss < 0,5$

$$RB = 1$$

$$\text{Untuk } rss \geq 0,5 \quad (2.13)$$

Dimana

$$CR = 4,5 \text{ untuk } Re < 100 \quad (2.14)$$

$$CR = 3,7 \text{ untuk } Re \geq 100 \quad (2.15)$$

Faktor koreksi akibat aliran kebocoran untuk penurunan tekanan

$$R_L = \exp[-1,33(1+r_s)(r_1)^p] \quad (2.16) \quad 1$$

$$P = 0,8 - 0,15(1+rs) \quad (2.17)$$

Faktor koreksi akibat jarak *buffle* yang tidak sama untuk penurunan tekanan

$$R_s = 0,5 \left[\left(\frac{B}{B_{in}} \right)^{(2-n_2)} + \left(\frac{B}{B_{out}} \right)^{(2-n_2)} \right] \quad (2.18) \quad 1$$

Dimana :

$$N_2 = 0,2 \text{ untuk } Re \geq 100 \quad (2.19)$$

$$N_2 = 1,0 \text{ untuk } Re < 100 \quad (2.20)$$

$$\text{Untuk } B_{in} = B_{out} = B \text{ maka } R_s = 1 \quad (2.21)$$

Penurunan tekanan dalam selongsong hasil penelitian dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_s = \dots gh \quad (2.22)$$

2.5 Penelitian Terdahulu

1. Menurut I. Bizzy (2013) dengan judul “studi perhitungan alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan program heat transfer research inc. (htri).Perhitungan dimensi alat penukar kalor ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari alat penukar kalor berdasarkan koefisien perpindahan kalor keseluruhan, faktor pengotoran, dan penurunan tekanan yang akan terjadi Alat penukar kalor yang dirancang adalah alat penukar kalor tipe *shell and tube* 1 (satu) pass *shell* dan 1 (satu) pass tube aliran berlawanan dengan fluida panas berupa gas ammonia dan fluida dingin berupa air.
2. Menurut Reza Hidayatullah dan Bambang Arip Dwiyanoro (2014) dengan judul “Studi Numerik Pengaruh *Baffle* Inclination pada Alat Penukar Kalor Tipe *U – Tube* terhadap Aliran Fluida dan Perpindahan Panas”. Penelitian terhadap desain heat exchanger masih terus dilakukan untuk mencari kinerja dari heat exchanger yang paling optimal, baik pada bagian *baffle cut* dan *baffles inclination* maupun susunan dari tube dengan menggunakan heat exchanger ukuran kecil sebagai model. Berdasarkan pada permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian terhadap kinerja heat exchanger tipe U-tube dengan memvariasikan *baffle inclination*.
3. Menurut ekadewi Anggraini Handoyo (2001) dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Baffle* pada *Shell-and-Tube* Heat Exchanger” Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *baffle* terhadap efektifitas dan penurunan tekanan dalam heat exchanger. Dari hasil penelitian didapat bahwa efektifitas meningkat dengan dipasangnya *baffle*. Efektifitas meningkat seiring dengan mengecilnya jarak antar *baffle* hingga suatu jarak tertentu, kemudian menurun.
4. Menurut Si Putu Gede Gunawan Tista (2015) dengan judul “Pengaruh Alur Berbentuk Segi Empat Pada Permukaan Silinder Terhadap Koefisien Drag Dengan Variasi Diameter Silinder” Penelitian ini dilakukan pada wind tunnel yang terdiri dari blower, pipa pitot, U manometer, inclined manometer, neraca digital, silinder. Silinder

diletakkan vertikal dengan variasi diameter silinder yaitu: 48 mm, 60 mm dan 77 mm. Jarak antar alur adalah 30 mm, lebar alur 3 mm dan dalamnya 2 mm. Kecepatan aliran udara yang digunakan adalah 8,8 m/s. Distribusi tekanan diperoleh dengan mengukur tekanan permukaan silinder.

5. Menurut Eko Kiswoyo (2017) dengan judul “perancangan dan validasi desain alat penukar kalor tipe shell and tube menggunakan computational fluida dynamic”. Hasil analisa akan dibandingkan kemudian dicari perbedaan dan persamaan sehingga dapat diketahui pengaruh yang membuat perbedaan atau persamaan hasil analisa tersebut. Analisa dengan menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) meliputi pembuatan model, penentuan boundary condition, pembuatan mesh, input data material, kemudian proses iterasi. Setelah proses iterasi, akan didapatkan hasil dalam bentuk visual dengan menggunakan skala warna.
6. Menurut Sulis Yulianto (2014) dengan judul “perencanaan pembuatan alat penukar kalor jenis shell and tube skala laboratorium”. Alat penukar kalor (Heat Exchanger) adalah suatu alat pemindah panas dari fluida yang temperaturnya lebih tinggi ke fluida lain yang temperaturnya lebih rendah, dimana alat penukar kalor ini adalah salah satu alat yang sering dijumpai dalam dunia industri seperti thermal power plant, mesin proses kimia, peralatan pendingin ruangan, *refrigerator, radiator*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu penelitian direncanakan mulai dari persetujuan yang diberikan oleh komisi pembimbing, perencanaan alat, pengambilan data hingga pengolahan data sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Survey lokasi dan bahan						
3	Studi literatur						
4	Penulisan proposal						
5	Seminar proposal						
6	Perencanaan alat						
7	Pengambilan data dan hasil pengujian						
8	Penyelesaian / penulisan skripsi						
9	Seminar hasil dan sidang sarjana						

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan-bahan penelitian yang akan dirakit terdiri atas :

1. Bahan tabung tembaga diameter luar (12,7) mm
2. Bahan selongsong terbuat dari stainless steel diameter dalam (Ds) mm.
3. Bahan pelat aluminium tebal (t) mm sebagai bahan baffle.
4. Bahan lem silicon sebagai bahan perekat (kebocoran dan lain-lain).
5. Bahan selang plastik yang tahan panas untuk alat ukur tekanan.

6. Bahan pipa cast iron $\frac{3}{4}$ ".
7. Bahan stainless steel sebagai bender.
8. Bahan triplek dengan tebal 5 mm sebagai isolasi kalor untuk tangki air.
9. Paking tahan panas tebal 2 mm.

3.2.2 Alat

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri atas :

1. Blower

Untuk mengalirkan udara dari atmosfer kedalam alat uji dengan data-data teknis sebagai berikut:

- a. Tipe centrifugal air blower 3" daya, $p=370$ w
- b. Tegangan, $V = 220$ V
- c. Putaran, $n = 2800$ rpm
- d. Kapasitas, $Q = 8,5$ m³/menit



Gambar 3.1 Blower

2. Pompa sirkulasi

Untuk mengalirkan air dari tangki penampung ke tangki pemanas dengan data-data teknis:

- a. Mode : AQUA 125 B Head, $H = 33$ m
- b. Kapasitas, $Q = 421$ /menit Daya, $P = 125$ W
- c. Putaran $n = 2850$ rpm



Gambar 3.2 pompa sirkulasi

3. Thermo Resistance

Untuk mengukur suhu dengan data-data teknis:

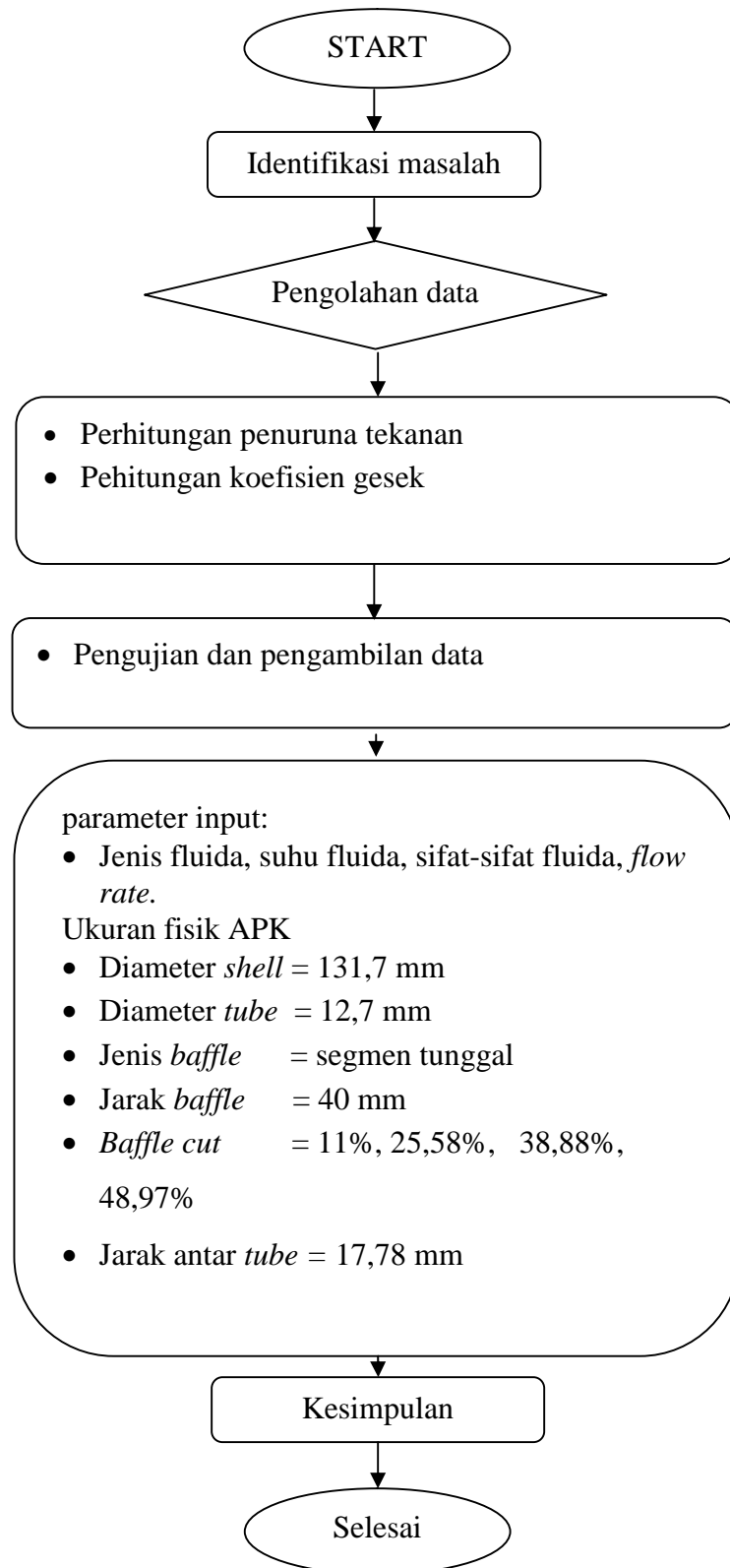
- a. Diameter = 0,50 mm
- b. Material , RTD BuLD
- c. Tipe : PT 100 ohm
- d. Continius : 0-500 °C



Gambar 3.3 termo resistance.

1. Kawat Termokopel.
2. Katup *bypass*, untuk mengukur kapasitas aliran udara menuju alat uji.
3. *Anemometer*, untuk mengukur kecepatan udara.
4. Tangki, pemanas tempat untuk memanaskan air.
5. Heater 5 kW, alat pemanas yang dicelup kedalam air pada tangki pemanas.
6. Flowmeter air, untuk mengukur laju aliran panas menuju alat uji
7. Katup control, untuk mengatur laju aliran air yang mengalir.
8. Manometer air pipa U untuk mengukur perbedaan tekanan dalam shell.
9. Termometer air raksa standar skala 0-100 °C sebagai pembanding dalam kalibrasi.
10. Alat ukur suhu.
11. Multimeter sebagai pengukur tahanan dalam kalibrasi alat ukur suhu.
12. Chanel indicator temperatur sebagai petunjuk skala suhu.
13. Termostat.
14. Katup, elbow, water mur dan sambungan pipa.

3.3 Diagram alir penelitian



Gambar 3.4 Diagram alir

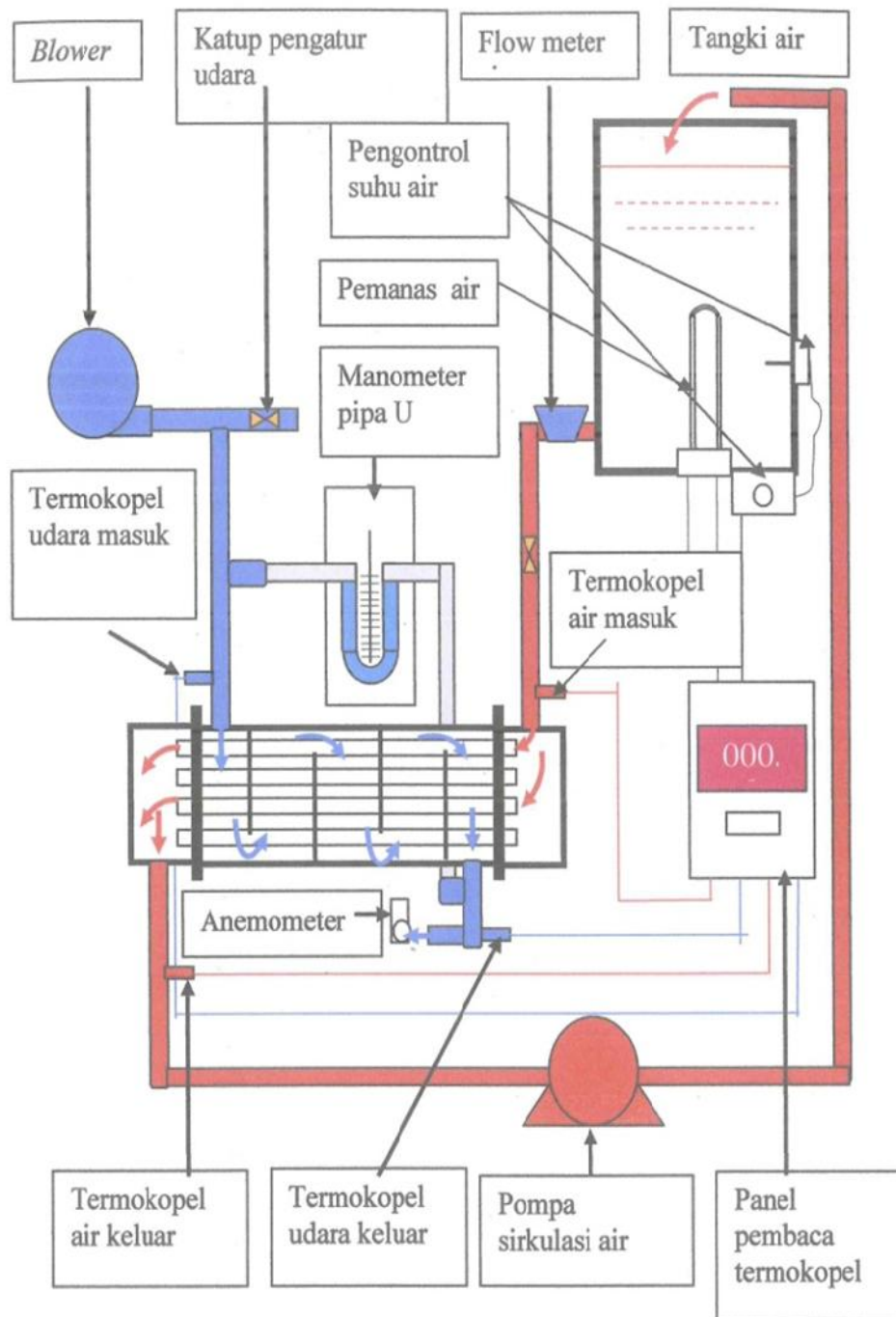
3.4 Rancangan Alat Penelitian

Dimensi utama (data konstruksi) APK selongsong dan tabung yang akan digunakan seperti pada tabel 3.2

Tabel 3.2 parameter sisi tabung dan selongsong

Parameter	Dimensi
Diameter luar tabung	12,7 mm
Nomor BWG	20
Diameter dalam tabung	10,92 mm
Panjang tabung	800 mm
Bahan tabung	Tembaga
Fluida didalam tabung	Air
Temperatur air masuk tabung	80 °C
Laju aliran air masuk tabung	0,01 kg/s
Arah aliran	Berlawanan
Diameter dalam tabung selongsong	132,25 mm
Diameter <i>baffle</i>	129,25 mm
Diameter luar <i>tube bank</i>	111,997 mm
Celah antara <i>bundle</i> dan selongsong	20 mm
Diameter <i>bundle</i>	111,82 mm
Celah antara <i>baffle</i> dan selongsong	3 mm
Celah antara tabung dan <i>baffle</i>	0,3 mm
<i>Pitch ratio</i>	1,25 do
Jumlah tabung	38
<i>Baffle cut</i>	11%, 25,6%, 38,88%, 48,88%
Panjang tabung	800 mm
Tebal <i>baffle</i>	2 mm
Jarak <i>baffle</i>	40 mm
Susunan tabung	Segiempat
Fluida didalam selongsong	Udara
Temperatur udara masuk selongsong	40 °C
Kecepatan udara masuk selongsong	10,11,12,13,14,15 m/s

Susunan beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan set-up alat uji yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Skema set-up alat uji penelitian

3.5. Prosedur penelitian

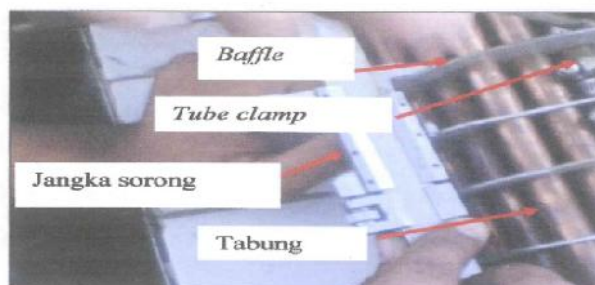
3.5.1. Kalibrasi Termokopel

Sebelum merangkai peralatan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat ukur dengan cara membandingkan alat ukur tersebut dengan alat ukur tersebut dengan alat terмомeter air raksa. Kalibrasi dilakukan dengan cara merendam thermometer air raksa bersama-sama dengan termokopel dilakukan didalam wadah yang berisi air, kemudian temperatur air divariasikan mulai dari 25 °C sampai 90 °C dengan kenaikan 10 °C. Setelah skala pada thermometer air raksa terbaca sesuai dengan kenaikan temperatur yang diinginkan, kemudian ukur tegangan yang terjadi pada ujung-ujung terminal termokopel dengan menggunakan *multi meter*. Setelah itu catat hasil pengukuran kemudian dianalisa untuk melihat keakuratan tegangan ukur dengan tegangan standart termokopel.

3.5.2. Persiapan Pendahuluan

Untuk merangkai alat uji APK selongsong dan tabung pertama masukan tabung tembaga kedalam lubang pada *baffle cut* 11% sebanyak 38 buah. Setelah tabung disusun pada tiap-tiap *baffle* 19 buah. Kemudian jarak antar *baffle* diatur sebesar 45 mm dengan menggunakan jangka sorong agar jarak tiap-tiap *baffle* sama panjang. Pengaturan jarak *baffle* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar

Setelah jarak antar *baffle* telah sama panjang maka tabung diketatkan dengan *tube clamp* agar *baffle* tidak bergeser sehingga menjadi *tube bundle* seperti pada Gambar



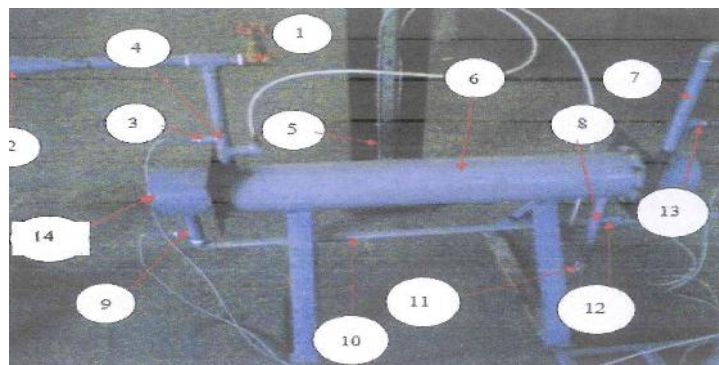
Gambar 3.6 Pengaturan jarak *baffle*

Setelah *tube bundle* selesai dipasang maka langkah selanjutnya yaitu memasang paking asbes antara selongsong dan *tube sheet* untuk mencegah kebocoran udara kedalam selongsong melalui celah antara *tube sheet* dan

selongsong. Kemudian masuk *tube bundle* kedalam selongsong, untuk menjegah kebocoran air kedalam selongsong dari celah tabung dengan *tune sheet* maka diantara celah antara tabung dan *tube sheet* diberi lem silicon tahan panas. Apabila seluruh celah antara *tube sheet* dan tabung telah diberi lem silicon kemudian pasang *tube sheet* sebelah luar kemudian ketatkan dengan mur dan baut seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.

Pemasang *header* dilakukan setelah *tube bundle* terpasang didalam selongsong. Untuk mencegah kebocoran udara didalam selongsong dan *header* maka diantara *tube sheet* sebelah luar dan *header* diberi paking asbes, kemudian *header* dan selongsong diketatkan dengan baut dan mur

Setelah APK telah siap dipasang langkah selanjutnya yaitu menguji kebocoran yang terjadi pada APK yaitu hidupkan *blower* untuk mengalirkan udara kedalam selongsong kemudian berikan air deterjen diantara celah *header* dan *tube sheet* bila tidak terdapat gelembung-gelembung udara maka tidak terjadi kebocoran udara didalam selongsong. Untuk menguji kebocoran air didalam tabung yaitu dengan cara mengalirkan air kedalam selongsong kemudian perhatikan apakah ada tetesan air keluar dari celah *header* atau saluran keluar udara, jika tidak ada maka tidak terjadi kebocoran air.



Gambar 3.7 APK siap diuji

Keterangan gambar :

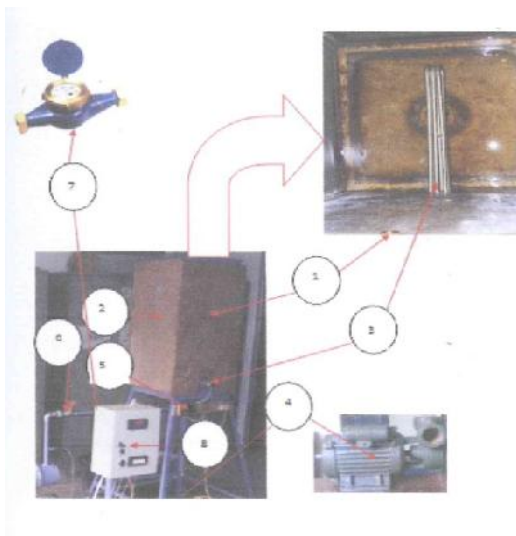
1. Katup pengantar aliran udara
2. Saluran dari *blower* udara masuk kedalam selongsong
3. Termokopel pengukur udara masuk

4. Saluran udara masuk kedalam selongsong
5. Pipa U untuk mengukur perbedaan tekanan didalam selongsong
6. APK selongsong dan tabung
7. Pipa saluran air panas masuk kedalam tabung
8. Saluran udara keluar selongsong
9. Termokopel pengukur suhu air panas keluar dari tabung
10. Pipa saluran air panas keluar tabung
11. Titik pengukuran laju aliran udara
12. Termokopel pengukur suhu udara keluar selongsong
13. Termokopel pengukur air panas masuk kedalam tabung
14. *Header*

Alat dan bahan penelitian dirangkai menjadi peralatan yang siap dipergunakan seperti terlihat pada gambar 3.7. Termokopel dipasang pada titik yang telah direncanakan dan dihubungkan dengan alat penunjuk suhu, demikian juga pemasangan alat ukur tekanan, *flow meter* air dan katup sebagai pangatur aliran.

3.5.3 Pengembalian Data

Setelah tahap persiapan telah dilaksanakan dan alat uji sudah dirangkai dan siap untuk pengujian maka langkah selanjutnya yaitu pengambilan data yang dimulai dengan memanaskan air didalam tangki terlebih dahulu dengan mengatur temperatur air bertahap sampai pada skala 80° C. Adapun tangki pemanas air yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat gambar 3.8.



Keterangan gambar :

1. Sensor temperatur air panas
2. Tangki air panas
3. Pemanas air
4. Pompa sirkulasi air panas
5. Thermostat
6. Katup pengatur laju aliran air panas
7. Flow Meter air
8. Panel pembaca termokope

Gambar 3.8 Rangkaian bak pemanas air

Setelah temperatur air didalam tangki air panas mencapai temperatur pengujian yaitu sebesar 80°C kemudian pompa air (4) dihidupkan secara kontinyu selama pengujian, demikian juga laju aliran air diatur pada katup (6) dengan memperhatikan *flow meter* air (7) yang semuanya ada pada gambar 3.8.

Selama pengujian temperatur air panas dijaga suhunya dengan mengatur suhu pemanas air secara otomatis melalui *thermostat* (5) pada gambar 3.8. Hidupkan kipas sentrifugal, buka katup *bypass* (1) dengan perlahan-lahan sementara itu *anemometer* udara diletakan pada titik pengukuran (11) kemudian dibaca untuk menentukan kecepatan aliran udara yang telah ditentukan. Setelah besaran-besaran dari penunjukan alat ukur menjadi stabil, maka pencatatan tersebut dapat dilakukan dan hasilnya diambil sebagai data pengamatan penelitian.

Temperatur air panas masuk, air panas keluar, udara masuk, udara keluar dibaca oleh termokopel (13,9,3,12) kemudian hasil pembacaan termokopel tersebut diterjemahkan menjadi data *digital* oleh panel pembaca termokopel (8). Hasil pembacaan tersebut menjadi data-data penelitian. Pembacaan penurunan tekanan dilakukan dengan melihat selisih ketinggian permukaan air pada manometer pipa U (5)., hasilnya dicatat sebagai data penelitian penurunan tekanan pada selongsong.

Setiap kali pengamatan dilakukan, laju aliran air dibuat konstan sebesar $0,206\text{ kg/s}$ serta 6 variasi kecepatan udara yaitu 2,6; 3,1; 3,6; 4,1; 4,6 dan 5,1 m/s untuk setiap *baffle cut* masing-masing 11%, 25,6%, 38,88%, 48,97%, pada jarak *baffle* yang tetap yaitu 40 mm.

3.6 Variabel Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian murni dengan variabel sebagai berikut :

1. Variabel bebas yaitu : 6 variasi laju aliran udara pada empat variasi, *baffle cut* pada jarak *baffle* yang sama.
2. Variabel terikat, yaitu : temperatur air panas keluar APK, temperatur udara keluar APK dan penurunan tekanan.

3.7 Analisa Data

Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diberikan dalam tinjauan pustaka, data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung penurunan tekanan,

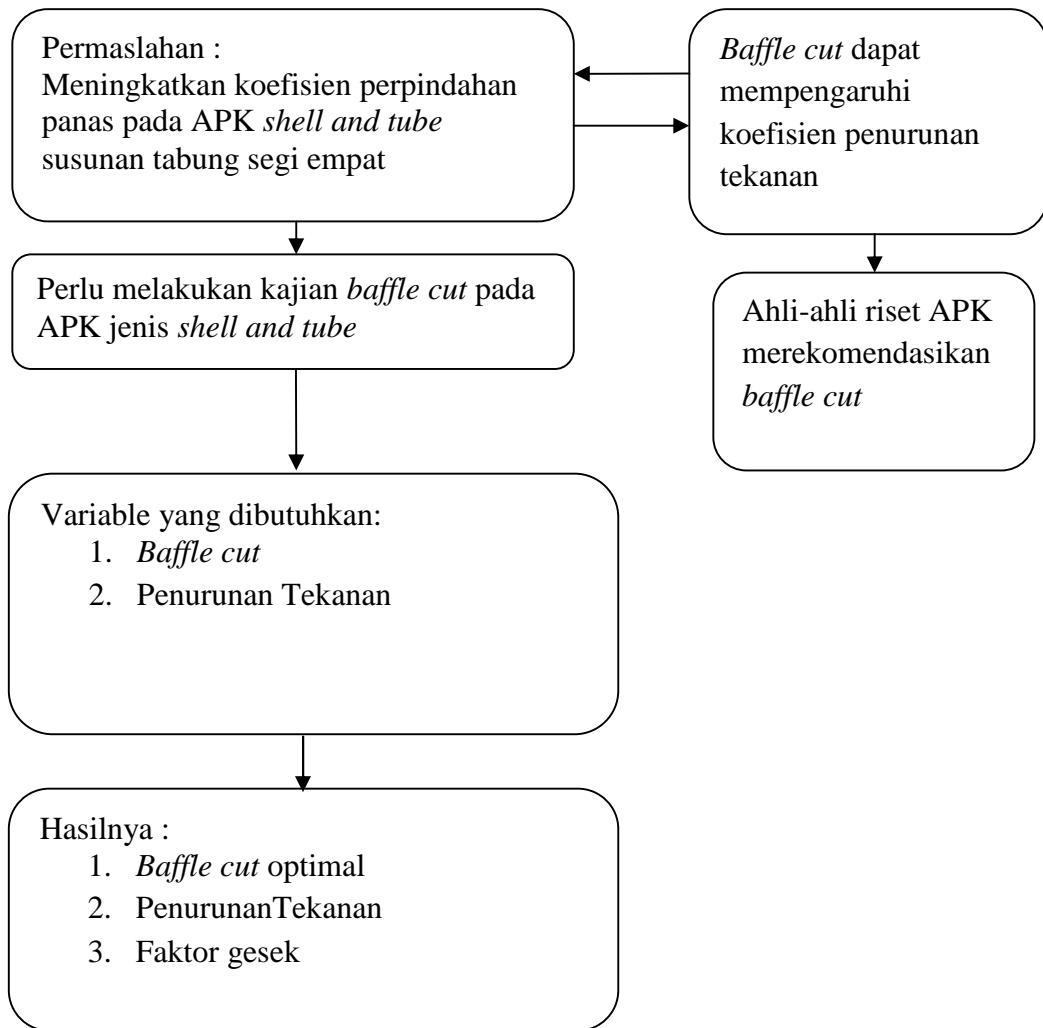
koefisien gesek. Untuk mengumpulkan data hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel. 3.3

Tabel 3.3 Data *Sheet* pengukuran untuk tiap-tiap *baffle cut*

Bc (%)	Thi (°C)	Ma (kg/s)	Vu (m/s)	Tho (°C)	Tco (°C)	Tci (°C)	Jarak <i>baffle</i> (mm)	ΔP (mm H ₂ O)
11	80 °C	0.206	2.6	80.1	31.6	61.1	40	
25.6	80 °C	0.206	2.6	80.5	31.6	62.7	40	
38.88	80 °C	0.206	2.6	80.1	31.6	61.8	40	
48.97	80 °C	0.206	2.6	80.1	31.6	61.1	40	

3.8 Kerangka Konsep Penelitian

Hasil yang diperoleh dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh variable-variabel itu sendiri. Kerangka konsep penelitian dapat dijelaskan seperti Gambar 3.9. kerangka konsep penelitian ini didasarkan pada identifikasi permasalahan yaitu peningkatan koefisien perpindahan APK selongsong dan tabung susunan segiempat yang di pengaruhi oleh *baffle cut*.



Gambar 3.9 Kerangka konsep penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan untuk tiap-tiap baffle cut dilakukan data penelitian kemudian dibuat rata-rata data pengujian dan selanjutnya ditabelkan.

Hasil data penelitian dibuatkan kedalam grafik hubungan antara bilangan reynold terhadap kalor yang diserap oleh udara didalam selongsong, penurunan tekanan, dan koefisien gesek untuk baffle cut 11%, 25,6%, 38,88%, 48,97%.

4.1 Penurunan Tekanan didalam selongsong

Selama aliran fluida mengalami percepatan, akan menyebabkan tekanan dihulu aliran akan menurun dalam arah aliran sehingga gaya-gaya tepi batas melawan hambatan terhadap fluida yang disebabkan oleh geseran dinding. Sebaliknya jika aliran fluida di perlambat maka tekanan luar maupun gaya-gaya geser cenderung untuk memperlambat fluida.

Bilangan Reynold Selongsong

$$w_o = \frac{m_{tu}}{D_s \times Lbc}$$

$$w_o = \frac{0,0663}{0,13225 \times 40}$$

$$w_o = 238,158 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Perhitungan penurunan tekanan pada selongsong

$$b = \frac{b_3}{1 + 0,4(\text{Re})^{b_4}}$$

Untuk $\text{Re} = 17.101$

$$b_1 = 0,39$$

$$b_2 = -0,15$$

$$b_3 = 0,63$$

$$b_4 = 0,38$$

$$b = \frac{7}{1 + 0,14(32379)^{0,5}}$$

$$b = 0,0096$$

$$f_{ideal} = 0,468 \left[\frac{1,33}{0,015875/0,0127} \right]^{1,2972} (9.457,09)^{-0,152}$$

$$f_{ideal} = 0,093$$

$$\Delta P_{ideal} = \frac{2 \times 0,105 \times 7 \times 38,77^2}{1 \times 1,043 \times 0,984}$$

$$\Delta P_{ideal} = 2619,167 Pa$$

Jumlah baris tabung efektif pada jendela *baffle*

$$\Delta P_{w,ideal} = \frac{(2 + 0,6 \times 0) \times 0,0663^2}{2 \times 1 \times 1,042632 \times 0,00171 \times 0,000122}$$

$$\Delta P_{w,ideal} = 24,501,94 Pa$$

Faktor koreksi akibat aliran *bypass* untuk penurunan tekanan

$$R_b = \exp[-3,7(0,0009/0,00171)](1 - \sqrt[3]{20})$$

$$R_b = 0,146$$

$$R_t = \exp[-1,33(1 + r_s(r_1))^p]$$

$$P = 0,8 - 0,15(1 + 0,688)$$

$$P = 0,5468$$

$$R_t = \exp[-1,33(1 + 0,688)(0,414)^{0,5468}]$$

$$R_t = 0,114$$

Faktor koreksi akibat jarak *baffle* yang tidak sama

$$R_s = 0,5 \left[\left(\frac{B}{B_{in}} \right)^{(2-n_2)} + \left(\frac{B}{B_{out}} \right)^{(2-n_2)} \right]$$

Dimana

$$N_2 = 0,2 \text{ untuk } Re \geq 100$$

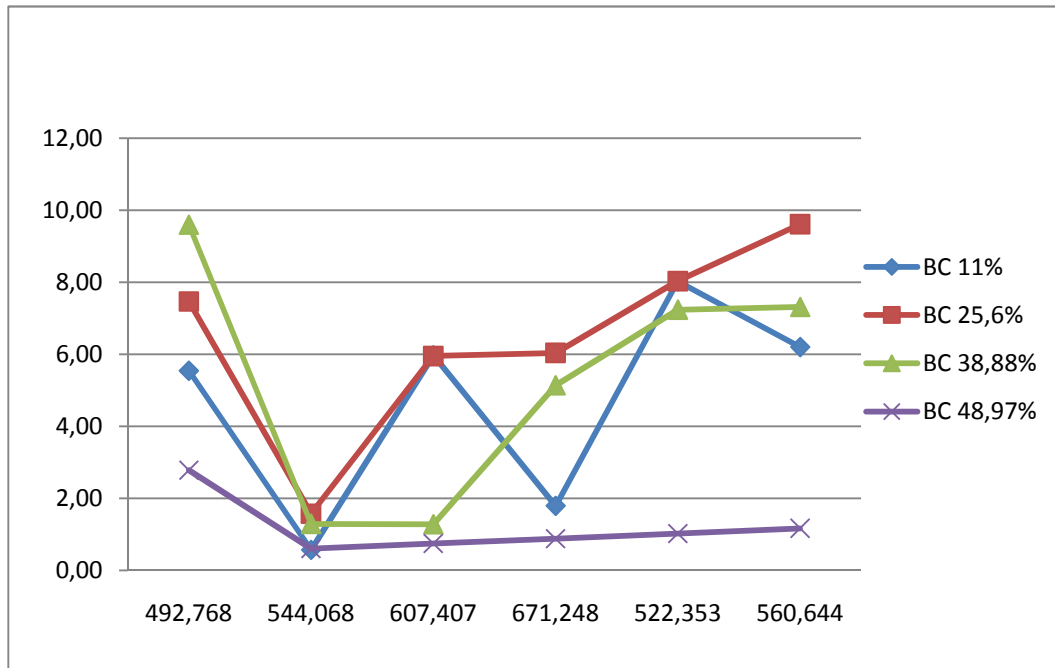
$$N_2 = 1,0 \text{ untuk } Re < 100$$

Untuk $B_{in} = B_{out} = B$ maks $Rs = 1$

Karena jarak *baffle* pada APK ini sama maka $Rs = 1$

Penurunan tekanan total pada selongsong

$$\Delta Pf = [(17 - 1) \times 162,1834 \times 0,146 + 17 \times 1,414 \times 1,4] \times 0,25 + 2 \times 162,1834 (1 + 0/7) \times 1,14 \times 1$$
$$\Delta Pf = 50.555,98 Pa$$



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara penurunan tekanan dan Bilangan Reynold di dalam selongsong

Penurunan tekanan pada selongsong menunjukkan variasi kenaikan penurunan tekanan bersesuaian dengan bertambahnya bilangan Reynold pada setiap baffle cut seperti terlihat pada gambar 4.1 hal ini memberi arti bahwa pertambahan nilai bilangan Reynold mengakibatkan bertambahnya efek turbulensi aliran didalam selongsong yang kemudian diikuti kenaikan penurunan tekanan. Hal ini serupa dinyatakan oleh Habib, pada penelitiannya mengatakan bahwasannya penurunan tekanan meningkat seiring dengan menurunnya pemotong baffle.

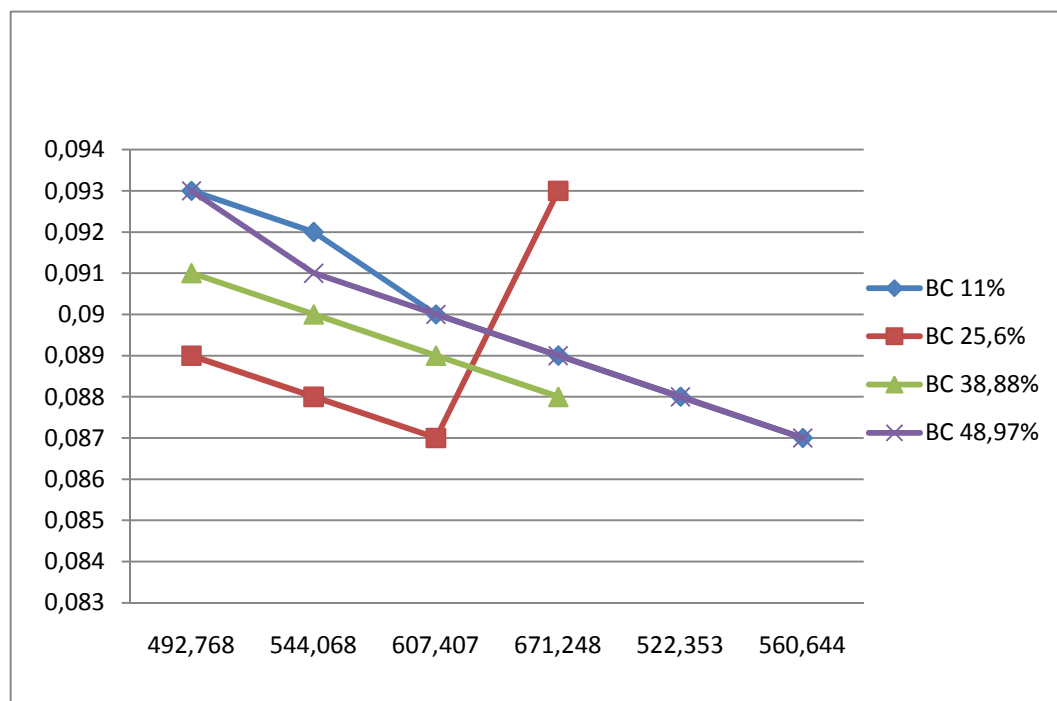
Dan hasil data penelitian yang telah diolah terlihat hubungan antara bilangan Reynold dan baffle cut menyebabkan terjadi perubahan pola aliran pada selongsong yaitu aliran konvergen-divergen pada jendela dan juga karena belokan arah aliran. Oleh karena itu terlihat setiap kenaikan kecepatan pada aliran di

jendela baffle menyebabkan terjadinya kenaikan penurunan tekanan seperti terlihat pada gambar 4.1 penurunan tekanan maksimum terjadi pada baffle cut 11% yaitu sebesar 492,768 pascal, penurunan tekanan minimum terjadi pada baffle cut 48,97% sebesar 560,644 pascal.

4.2 Koefisien Gesek didalam Selongsong

Ketika fluida mengalir pada suatu permukaan bersentuhan dengan fluida akan ada gaya dikerjakan pada benda atau fluida, sehingga muncul gaya gesek yang mengambat gerakan koefisien gerak akan lebih besar jika aliran fluida kecil

Pada gambar 4.2 terlihat profil koefisien gesek yang terjadi pada selongsong, kenaikan bilangan reynold pada selongsong diikuti dengan penurunan koefisien gesek hal ini sesuai dengan Taborek. Koefisien gesek maksimum terjadi pada baffle cut 11 % sebesar 0,093 sedangkan koefisien gesek minimum terjadi pada baffle cut 48,97 % sebesar 0,088.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara koefisien gesekan dan bilangan Reynold di dalam selongsong

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar pemotong baffle maka koefisien gesekan pada selongsong akan menurun seperti yang di perlihatkan pada

gambar 4.2. Dengan memperhatikan penyimpangan alat ukur yang telah dikeluarkan oleh pabrik lampiran 9 sampai 11, koefisien gesek akan mengalami penyimpangan berkisar -5,74 % sampai 6,25%

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .

1. Pada baffle cut 11% terjadi pressure drop sebesar 50.555.98 Pa
2. Pada baffle cut 25.6 % terjadi pressure drop sebesar 11,893,52 Pa
3. Pada baffle cut 38.88 % terjadi pressure drop sebesar 9.128.61 Pa
4. Pada baffle cut 48.97 % terjadi pressure drop sebesar 9.697.30 Pa
5. Dan Nilai Baffle cut yang Optimal untuk penurunan tekanan terjadi pada baffle cut 25.6 % 11.893.52 Pa

5.2 Saran

Untuk kelanjutan pengkajian alat penukar kalor ini, disarankan melakukan dan menggunakan double segmen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ekadewi Anggraini Handoyo *Pengaruh Penggunaan Baffle pada Shell-and-Tube Heat Exchanger* JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 3, No. 1, April 2001: 19 – 23
- Holman, J.P. *Perpindahan Kalor*, edisi keenam, Penerbit Erlangga, (1997), hal. 226-227
- Ibrahim Husin, *pengaruh jarak baffle terhadap unjuk kerja termal dan penurunan tekanan pada alat penukar kalor shell and tube susunan segitiga* Tesis Magister Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara (2007)
- Bizzy. I, *studi perhitungan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan program heat transfer research inc. (htri) jurnal rekayasa mesin* Vol. 13 No. 1 Maret 2013
- J.P Hughes, T.E.R Jones, and P.W James, *Numerical simulation and experimental Measurements of the flow in a multi-tube heat exchanger*, Proceeding of institution of Mechanical Engineering Nov. 2005 ; 219 ; E4
- Tinker, T, *Shell side characteristic of shell and tube heat exchanger, parts I, II, III, General Discussion on Heat Transfer . The Institutel of Mechanical Engineering, London, 1951, pp. 89-116*
- Reza Hidayatullah dan Bambang Arip Dwiyantoro, *Studi Numerik Pengaruh Baffle Inclination pada Alat Penukar Kalor Tipe U – Tube terhadap Aliran Fluida dan Perpindahan Panas.* jurnal teknik pomits vol. 3, no. 2, (2014) issn: 2337-3539
- R, Kukral, L. Stephen, *The effect of internal leakage on steady stade and transient behavior of shell and tube heat exchanger*, International Heat Transfer Conference, Brighton, UK, August 1994, pp. 393-398
- S. Alfansury. Munawar, *Pengaruh jarak baffle terhadap unjuk kerja termal dan penurunan tekanan pada alat penukar kalor shell and tube pada*

susunan segitiga Tesis Magister Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara (2007).

Laili Bagus Kurniawan, *studi perbandingan efektifitas heat exchanger tipe shell and tube dengan helical baffle dan double segmental baffle* jtm Volume 05 Nomor 03 Tahun 2017, hal 27-33

Sulis Yulianto Seminar, *perencanaan pembuatan alat penukar kalor jenis shell and tube skala laboratorium*, Nasional Sains dan Teknologi 2014 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 12 November 2014

Dwi Arif Santoso, 2017, Jurnal Ilmiah komputasi, Volume 16 No :2, Depok.

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME> Pengaruh diameter lubang pembangkit vorteks winglet melengkung terhadap unjuk kerja alat penukar kalor (K.Umurani, Muharnif M)

LAMPIRAN

HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN TEKANAN

BC %	Vu m/s	rs	rlm	Rl	Rb	Jl	Jb	Jc	b1	b2	b3
11	10	0,019	2,078	0,114	0,046	0,44	0,57	1,25	0,39	-0,15	0,63
11	11	0,019	2,078	0,114	0,079	0,44	0,54	1,25	0,39	-0,15	0,63
11	12	0,019	2,078	0,114	0,079	0,44	0,54	1,25	0,39	-0,15	0,63
11	13	0,019	2,078	0,114	0,079	0,44	0,54	1,25	0,39	-0,15	0,63
11	14	0,019	2,078	0,114	0,079	0,44	0,54	1,25	0,39	-0,15	0,63
11	15	0,019	2,078	0,114	0,079	0,44	0,54	1,25	0,39	-0,15	0,63
12	10	0,019	2,064	0,115	0,046	0,44	0,57	1,24	0,39	-0,15	0,63
12	11	0,019	2,064	0,115	0,079	0,44	0,54	1,24	0,39	-0,15	0,63
12	12	0,019	2,064	0,115	0,079	0,44	0,54	1,24	0,39	-0,15	0,63
12	13	0,019	2,064	0,115	0,079	0,44	0,54	1,24	0,39	-0,15	0,63
12	14	0,019	2,064	0,115	0,079	0,44	0,54	1,24	0,39	-0,15	0,63
12	15	0,019	2,064	0,115	0,079	0,44	0,54	1,24	0,39	-0,15	0,63
13	10	0,019	2,049	0,116	0,046	0,44	0,57	1,23	0,39	-0,15	0,63
13	11	0,019	2,049	0,116	0,079	0,44	0,54	1,23	0,39	-0,15	0,63
13	12	0,019	2,049	0,116	0,079	0,44	0,54	1,23	0,39	-0,15	0,63
13	13	0,019	2,049	0,116	0,079	0,44	0,54	1,23	0,39	-0,15	0,63
13	14	0,019	2,049	0,116	0,079	0,44	0,54	1,23	0,39	-0,15	0,63
13	15	0,019	2,049	0,116	0,079	0,44	0,54	1,23	0,39	-0,15	0,63
14	10	0,019	2,033	0,117	0,046	0,44	0,57	1,22	0,39	-0,15	0,63
14	11	0,019	2,033	0,117	0,079	0,44	0,54	1,22	0,39	-0,15	0,63
14	12	0,019	2,033	0,117	0,079	0,44	0,54	1,22	0,39	-0,15	0,63
14	13	0,019	2,033	0,117	0,079	0,44	0,54	1,22	0,39	-0,15	0,63
14	14	0,019	2,033	0,117	0,079	0,44	0,54	1,22	0,39	-0,15	0,63
14	15	0,019	2,033	0,117	0,079	0,44	0,54	1,22	0,39	-0,15	0,63
15	10	0,019	2,016	0,119	0,046	0,44	0,57	1,21	0,39	-0,15	0,63

15	11	0,019	2,016	0,119	0,079	0,44	0,54	1,21	0,39	-0,15	0,63
15	12	0,019	2,016	0,119	0,079	0,44	0,54	1,21	0,39	-0,15	0,63
15	13	0,019	2,016	0,119	0,079	0,44	0,54	1,21	0,39	-0,15	0,63
15	14	0,019	2,016	0,119	0,079	0,44	0,54	1,21	0,39	-0,15	0,63
15	15	0,019	2,016	0,119	0,079	0,44	0,54	1,21	0,39	-0,15	0,63
16	10	0,019	1,997	0,12	0,046	0,44	0,57	1,2	0,39	-0,15	0,63
16	11	0,019	1,997	0,12	0,079	0,44	0,54	1,2	0,39	-0,15	0,63
16	12	0,019	1,997	0,12	0,079	0,44	0,54	1,2	0,39	-0,15	0,63
16	13	0,019	1,997	0,12	0,079	0,44	0,54	1,2	0,39	-0,15	0,63
16	14	0,019	1,997	0,12	0,079	0,44	0,54	1,2	0,39	-0,15	0,63
16	15	0,019	1,997	0,12	0,079	0,44	0,54	1,2	0,39	-0,15	0,63
17	10	0,019	1,978	0,122	0,046	0,44	0,57	1,18	0,39	-0,15	0,63
17	11	0,019	1,978	0,122	0,079	0,44	0,54	1,18	0,39	-0,15	0,63
17	12	0,019	1,978	0,122	0,079	0,44	0,54	1,18	0,39	-0,15	0,63
17	13	0,019	1,978	0,122	0,079	0,44	0,54	1,18	0,39	-0,15	0,63
17	14	0,019	1,978	0,122	0,079	0,44	0,54	1,18	0,39	-0,15	0,63
17	15	0,019	1,978	0,122	0,079	0,44	0,54	1,18	0,39	-0,15	0,63
18	10	0,019	1,957	0,123	0,046	0,44	0,57	1,17	0,39	-0,15	0,63
18	11	0,019	1,957	0,123	0,079	0,44	0,54	1,17	0,39	-0,15	0,63
18	12	0,019	1,957	0,123	0,079	0,44	0,54	1,17	0,39	-0,15	0,63
18	13	0,019	1,957	0,123	0,079	0,44	0,54	1,17	0,39	-0,15	0,63
18	14	0,019	1,957	0,123	0,079	0,44	0,54	1,17	0,39	-0,15	0,63
18	15	0,019	1,957	0,123	0,079	0,44	0,54	1,17	0,39	-0,15	0,63
19	10	0,019	1,936	0,125	0,046	0,44	0,57	1,15	0,39	-0,15	0,63
19	11	0,019	1,936	0,125	0,079	0,44	0,54	1,15	0,39	-0,15	0,63
19	12	0,019	1,936	0,125	0,079	0,44	0,54	1,15	0,39	-0,15	0,63
19	13	0,019	1,936	0,125	0,079	0,44	0,54	1,15	0,39	-0,15	0,63
19	14	0,019	1,936	0,125	0,079	0,44	0,54	1,15	0,39	-0,15	0,63
19	15	0,019	1,936	0,125	0,079	0,44	0,54	1,15	0,39	-0,15	0,63

20	10	0,019	1,914	0,127	0,046	0,44	0,57	1,14	0,39	-0,15	0,63
20	11	0,019	1,914	0,127	0,079	0,44	0,54	1,14	0,39	-0,15	0,63
20	12	0,019	1,914	0,127	0,079	0,44	0,54	1,14	0,39	-0,15	0,63
20	13	0,019	1,914	0,127	0,079	0,44	0,54	1,14	0,39	-0,15	0,63
20	14	0,019	1,914	0,127	0,079	0,44	0,54	1,14	0,39	-0,15	0,63
20	15	0,019	1,914	0,127	0,079	0,44	0,54	1,14	0,39	-0,15	0,63
21	10	0,019	1,891	0,129	0,046	0,44	0,57	1,12	0,39	-0,15	0,63
21	11	0,019	1,891	0,129	0,079	0,44	0,54	1,12	0,39	-0,15	0,63
21	12	0,019	1,891	0,129	0,079	0,44	0,54	1,12	0,39	-0,15	0,63
21	13	0,019	1,891	0,129	0,079	0,44	0,54	1,12	0,39	-0,15	0,63
21	14	0,019	1,891	0,129	0,079	0,44	0,54	1,12	0,39	-0,15	0,63
21	15	0,019	1,891	0,129	0,079	0,44	0,54	1,12	0,39	-0,15	0,63
22	10	0,019	1,868	0,131	0,046	0,44	0,57	1,11	0,39	-0,15	0,63
22	11	0,019	1,868	0,131	0,079	0,44	0,54	1,11	0,39	-0,15	0,63
22	12	0,019	1,868	0,131	0,079	0,44	0,54	1,11	0,39	-0,15	0,63
22	13	0,019	1,868	0,131	0,079	0,44	0,54	1,11	0,39	-0,15	0,63
22	14	0,019	1,868	0,131	0,079	0,44	0,54	1,11	0,39	-0,15	0,63
22	15	0,019	1,868	0,131	0,079	0,44	0,54	1,11	0,39	-0,15	0,63
23	10	0,019	1,844	0,134	0,046	0,44	0,57	1,09	0,39	-0,15	0,63
23	11	0,019	1,844	0,134	0,079	0,44	0,54	1,09	0,39	-0,15	0,63
23	12	0,019	1,844	0,134	0,079	0,44	0,54	1,09	0,39	-0,15	0,63
23	13	0,019	1,844	0,134	0,079	0,44	0,54	1,09	0,39	-0,15	0,63
23	14	0,019	1,844	0,134	0,079	0,44	0,54	1,09	0,39	-0,15	0,63
23	15	0,019	1,844	0,134	0,079	0,44	0,54	1,09	0,39	-0,15	0,63
24	10	0,019	1,819	0,136	0,046	0,44	0,57	1,07	0,39	-0,15	0,63
24	11	0,019	1,819	0,136	0,079	0,44	0,54	1,07	0,39	-0,15	0,63
24	12	0,019	1,819	0,136	0,079	0,44	0,54	1,07	0,39	-0,15	0,63
24	13	0,019	1,819	0,136	0,079	0,44	0,54	1,07	0,39	-0,15	0,63
24	14	0,019	1,819	0,136	0,079	0,44	0,54	1,07	0,39	-0,15	0,63

24	15	0,019	1,819	0,136	0,079	0,44	0,54	1,07	0,39	-0,15	0,63
25	10	0,019	1,794	0,138	0,046	0,44	0,57	1,06	0,39	-0,15	0,63
25	11	0,019	1,794	0,138	0,079	0,44	0,54	1,06	0,39	-0,15	0,63
25	12	0,019	1,794	0,138	0,079	0,44	0,54	1,06	0,39	-0,15	0,63
25	13	0,019	1,794	0,138	0,079	0,44	0,54	1,06	0,39	-0,15	0,63
25	14	0,019	1,794	0,138	0,079	0,44	0,54	1,06	0,39	-0,15	0,63
25	15	0,019	1,794	0,138	0,079	0,44	0,54	1,06	0,39	-0,15	0,63
26	10	0,019	1,769	0,141	0,046	0,44	0,57	1,04	0,39	-0,15	0,63
26	11	0,019	1,769	0,141	0,079	0,44	0,54	1,04	0,39	-0,15	0,63
26	12	0,019	1,769	0,141	0,079	0,44	0,54	1,04	0,39	-0,15	0,63
26	13	0,019	1,769	0,141	0,079	0,44	0,54	1,04	0,39	-0,15	0,63
26	14	0,019	1,769	0,141	0,079	0,44	0,54	1,04	0,39	-0,15	0,63
26	15	0,019	1,769	0,141	0,079	0,44	0,54	1,04	0,39	-0,15	0,63
27	10	0,019	1,742	0,144	0,046	0,44	0,57	1,02	0,39	-0,15	0,63
27	11	0,019	1,742	0,144	0,079	0,44	0,54	1,02	0,39	-0,15	0,63
27	12	0,019	1,742	0,144	0,079	0,44	0,54	1,02	0,39	-0,15	0,63
27	13	0,019	1,742	0,144	0,079	0,44	0,54	1,02	0,39	-0,15	0,63
27	14	0,019	1,742	0,144	0,079	0,44	0,54	1,02	0,39	-0,15	0,63
27	15	0,019	1,742	0,144	0,079	0,44	0,54	1,02	0,39	-0,15	0,63
28	10	0,019	1,716	0,146	0,046	0,44	0,57	1	0,39	-0,15	0,63
28	11	0,019	1,716	0,146	0,079	0,44	0,54	1	0,39	-0,15	0,63
28	12	0,019	1,716	0,146	0,079	0,44	0,54	1	0,39	-0,15	0,63
28	13	0,019	1,716	0,146	0,079	0,44	0,54	1	0,39	-0,15	0,63
28	14	0,019	1,716	0,146	0,079	0,44	0,54	1	0,39	-0,15	0,63
28	15	0,019	1,716	0,146	0,079	0,44	0,54	1	0,39	-0,15	0,63
29	10	0,019	1,689	0,149	0,046	0,44	0,57	0,98	0,39	-0,15	0,63
29	11	0,019	1,689	0,149	0,079	0,44	0,54	0,98	0,39	-0,15	0,63
29	12	0,019	1,689	0,149	0,079	0,44	0,54	0,98	0,39	-0,15	0,63
29	13	0,019	1,689	0,149	0,079	0,44	0,54	0,98	0,39	-0,15	0,63

29	14	0,019	1,689	0,149	0,079	0,44	0,54	0,98	0,39	-0,15	0,63
29	15	0,019	1,689	0,149	0,079	0,44	0,54	0,98	0,39	-0,15	0,63
30	10	0,019	1,661	0,152	0,046	0,44	0,57	0,97	0,39	-0,15	0,63
30	11	0,019	1,661	0,152	0,079	0,44	0,54	0,97	0,39	-0,15	0,63
30	12	0,019	1,661	0,152	0,079	0,44	0,54	0,97	0,39	-0,15	0,63
30	13	0,019	1,661	0,152	0,079	0,44	0,54	0,97	0,39	-0,15	0,63
30	14	0,019	1,661	0,152	0,079	0,44	0,54	0,97	0,39	-0,15	0,63
30	15	0,019	1,661	0,152	0,079	0,44	0,54	0,97	0,39	-0,15	0,63
31	10	0,019	1,663	0,155	0,046	0,44	0,57	0,95	0,39	-0,15	0,63
31	11	0,019	1,633	0,155	0,079	0,44	0,54	0,95	0,39	-0,15	0,63
31	12	0,019	1,633	0,155	0,079	0,44	0,54	0,95	0,39	-0,15	0,63
31	13	0,019	1,663	0,155	0,079	0,44	0,54	0,95	0,39	-0,15	0,63
31	14	0,019	1,633	0,155	0,079	0,44	0,54	0,95	0,39	-0,15	0,63
31	15	0,019	1,633	0,155	0,079	0,44	0,54	0,95	0,39	-0,15	0,63
32	10	0,019	1,605	0,159	0,046	0,44	0,57	0,93	0,39	-0,15	0,63
32	11	0,019	1,605	0,159	0,079	0,44	0,54	0,93	0,39	-0,15	0,63
32	12	0,019	1,605	0,159	0,079	0,44	0,54	0,93	0,39	-0,15	0,63
32	13	0,019	1,605	0,159	0,079	0,44	0,54	0,93	0,39	-0,15	0,63
32	14	0,019	1,605	0,159	0,079	0,44	0,54	0,93	0,39	-0,15	0,63
32	15	0,019	1,605	0,159	0,079	0,44	0,54	0,93	0,39	-0,15	0,63
33	10	0,019	1,576	0,162	0,046	0,44	0,57	0,91	0,39	-0,15	0,63
33	11	0,019	1,576	0,162	0,079	0,44	0,54	0,91	0,39	-0,15	0,63
33	12	0,019	1,576	0,162	0,079	0,44	0,54	0,91	0,39	-0,15	0,63
33	13	0,019	1,576	0,162	0,079	0,44	0,54	0,91	0,39	-0,15	0,63
33	14	0,019	1,576	0,162	0,079	0,44	0,54	0,91	0,39	-0,15	0,63
33	15	0,019	1,576	0,162	0,079	0,44	0,54	0,91	0,39	-0,15	0,63
34	10	0,019	1,547	0,165	0,046	0,44	0,57	0,89	0,39	-0,15	0,63
34	11	0,019	1,547	0,165	0,079	0,44	0,54	0,89	0,39	-0,15	0,63
34	12	0,019	1,547	0,165	0,079	0,44	0,54	0,89	0,39	-0,15	0,63

34	13	0,019	1,547	0,165	0,079	0,44	0,54	0,89	0,39	-0,15	0,63
34	14	0,019	1,547	0,165	0,079	0,44	0,54	0,89	0,39	-0,15	0,63
34	15	0,019	1,547	0,165	0,079	0,44	0,54	0,89	0,39	-0,15	0,63
35	10	0,019	1,518	0,169	0,046	0,44	0,57	0,87	0,39	-0,15	0,63
35	11	0,019	1,518	0,169	0,079	0,44	0,54	0,87	0,39	-0,15	0,63
35	12	0,019	1,518	0,169	0,079	0,44	0,54	0,87	0,39	-0,15	0,63
35	13	0,019	1,518	0,169	0,079	0,44	0,54	0,87	0,39	-0,15	0,63
35	14	0,019	1,518	0,169	0,079	0,44	0,54	0,87	0,39	-0,15	0,63
35	15	0,019	1,518	0,169	0,079	0,44	0,54	0,87	0,39	-0,15	0,63
36	10	0,019	1,489	0,173	0,046	0,44	0,57	0,85	0,39	-0,15	0,63
36	11	0,019	1,489	0,173	0,079	0,44	0,54	0,85	0,39	-0,15	0,63
36	12	0,019	1,489	0,173	0,079	0,44	0,54	0,85	0,39	-0,15	0,63
36	13	0,019	1,489	0,173	0,079	0,44	0,54	0,85	0,39	-0,15	0,63
36	14	0,019	1,489	0,173	0,079	0,44	0,54	0,85	0,39	-0,15	0,63
36	15	0,019	1,489	0,173	0,079	0,44	0,54	0,85	0,39	-0,15	0,63
37	10	0,019	1,459	0,177	0,046	0,44	0,57	0,83	0,39	-0,15	0,63
37	11	0,019	1,459	0,177	0,079	0,44	0,54	0,83	0,39	-0,15	0,63
37	12	0,019	1,459	0,177	0,079	0,44	0,54	0,83	0,39	-0,15	0,63
37	13	0,019	1,459	0,177	0,079	0,44	0,54	0,83	0,39	-0,15	0,63
37	14	0,019	1,459	0,177	0,079	0,44	0,54	0,83	0,39	-0,15	0,63
37	15	0,019	1,459	0,177	0,079	0,44	0,54	0,83	0,39	-0,15	0,63
38	10	0,019	1,429	0,181	0,046	0,44	0,57	0,81	0,39	-0,15	0,63
38	11	0,019	1,429	0,181	0,079	0,44	0,54	0,81	0,39	-0,15	0,63
38	12	0,019	1,429	0,181	0,079	0,44	0,54	0,81	0,39	-0,15	0,63
38	13	0,019	1,429	0,181	0,079	0,44	0,54	0,81	0,39	-0,15	0,63
38	14	0,019	1,429	0,181	0,079	0,44	0,54	0,81	0,39	-0,15	0,63
38	15	0,019	1,429	0,181	0,079	0,44	0,54	0,81	0,39	-0,15	0,63
39	10	0,019	1,399	0,185	0,046	0,44	0,57	0,79	0,39	-0,15	0,63
39	11	0,019	1,399	0,185	0,079	0,44	0,54	0,79	0,39	-0,15	0,63

39	12	0,019	1,399	0,185	0,079	0,44	0,54	0,79	0,39	-0,15	0,63
39	13	0,019	1,399	0,185	0,079	0,44	0,54	0,79	0,39	-0,15	0,63
39	14	0,019	1,399	0,185	0,079	0,44	0,54	0,79	0,39	-0,15	0,63
39	15	0,019	1,399	0,185	0,079	0,44	0,54	0,79	0,39	-0,15	0,63
40	10	0,019	1,368	0,19	0,046	0,44	0,57	0,76	0,39	-0,15	0,63
40	11	0,019	1,368	0,19	0,079	0,44	0,54	0,76	0,39	-0,15	0,63
40	12	0,019	1,368	0,19	0,079	0,44	0,54	0,76	0,39	-0,15	0,63
40	13	0,019	1,368	0,19	0,079	0,44	0,54	0,76	0,39	-0,15	0,63
40	14	0,019	1,368	0,19	0,079	0,44	0,54	0,76	0,39	-0,15	0,63
40	15	0,019	1,368	0,19	0,079	0,44	0,54	0,76	0,39	-0,15	0,63
41	10	0,019	1,338	0,194	0,046	0,44	0,57	0,74	0,39	-0,15	0,63
41	11	0,019	1,338	0,194	0,079	0,44	0,54	0,74	0,39	-0,15	0,63
41	12	0,019	1,338	0,194	0,079	0,44	0,54	0,74	0,39	-0,15	0,63
41	13	0,019	1,338	0,194	0,079	0,44	0,54	0,74	0,39	-0,15	0,63
41	14	0,019	1,338	0,194	0,079	0,44	0,54	0,74	0,39	-0,15	0,63
41	15	0,019	1,338	0,194	0,079	0,44	0,54	0,74	0,39	-0,15	0,63
42	10	0,019	1,307	0,199	0,046	0,44	0,57	0,72	0,39	-0,15	0,63
42	11	0,019	1,307	0,199	0,079	0,44	0,54	0,72	0,39	-0,15	0,63
42	12	0,019	1,307	0,199	0,079	0,44	0,54	0,72	0,39	-0,15	0,63
42	13	0,019	1,307	0,199	0,079	0,44	0,54	0,72	0,39	-0,15	0,63
42	14	0,019	1,307	0,199	0,079	0,44	0,54	0,72	0,39	-0,15	0,63
42	15	0,019	1,307	0,199	0,079	0,44	0,54	0,72	0,39	-0,15	0,63
43	10	0,019	1,276	0,204	0,046	0,44	0,57	0,7	0,39	-0,15	0,63
43	11	0,019	1,276	0,204	0,079	0,44	0,54	0,7	0,39	-0,15	0,63
43	12	0,019	1,276	0,204	0,079	0,44	0,54	0,7	0,39	-0,15	0,63
43	13	0,019	1,276	0,204	0,079	0,44	0,54	0,7	0,39	-0,15	0,63
43	14	0,019	1,276	0,204	0,079	0,44	0,54	0,7	0,39	-0,15	0,63
43	15	0,019	1,276	0,204	0,079	0,44	0,54	0,7	0,39	-0,15	0,63
44	10	0,019	1,245	0,209	0,046	0,44	0,57	0,68	0,39	-0,15	0,63

44	11	0,019	1,245	0,209	0,079	0,44	0,54	0,68	0,39	-0,15	0,63
44	12	0,019	1,245	0,209	0,079	0,44	0,54	0,68	0,39	-0,15	0,63
44	13	0,019	1,245	0,209	0,079	0,44	0,54	0,68	0,39	-0,15	0,63
44	14	0,019	1,245	0,209	0,079	0,44	0,54	0,68	0,39	-0,15	0,63
44	15	0,019	1,245	0,209	0,079	0,44	0,54	0,68	0,39	-0,15	0,63
45	10	0,019	1,214	0,214	0,046	0,44	0,57	0,66	0,39	-0,15	0,63
45	11	0,019	1,214	0,214	0,079	0,44	0,54	0,66	0,39	-0,15	0,63
45	12	0,019	1,214	0,214	0,079	0,44	0,54	0,66	0,39	-0,15	0,63
45	13	0,019	1,214	0,214	0,101	0,44	0,54	0,66	0,39	-0,15	0,63
45	14	0,019	1,214	0,214	0,1175	0,44	0,54	0,66	0,39	-0,15	0,63
45	15	0,019	1,214	0,214	0,134	0,44	0,54	0,66	0,39	-0,15	0,63
46	10	0,019	1,183	0,22	0,046	0,44	0,57	0,64	0,39	-0,15	0,63
46	11	0,019	1,183	0,22	0,079	0,44	0,54	0,64	0,39	-0,15	0,63
46	12	0,019	1,183	0,22	0,079	0,44	0,54	0,64	0,39	-0,15	0,63
46	13	0,019	1,183	0,22	0,079	0,44	0,54	0,64	0,39	-0,15	0,63
46	14	0,019	1,183	0,22	0,079	0,44	0,54	0,64	0,39	-0,15	0,63
46	15	0,019	1,183	0,22	0,079	0,44	0,54	0,64	0,39	-0,15	0,63
47	10	0,019	1,152	0,225	0,046	0,44	0,57	0,61	0,39	-0,15	0,63
47	11	0,019	1,152	0,225	0,079	0,44	0,54	0,61	0,39	-0,15	0,63
47	12	0,019	1,152	0,225	0,079	0,44	0,54	0,61	0,39	-0,15	0,63
47	13	0,019	1,152	0,225	0,079	0,44	0,54	0,61	0,39	-0,15	0,63
47	14	0,019	1,152	0,225	0,079	0,44	0,54	0,61	0,39	-0,15	0,63
47	15	0,019	1,152	0,225	0,079	0,44	0,54	0,61	0,39	-0,15	0,63
48	10	0,019	1,121	0,231	0,046	0,44	0,57	0,59	0,39	-0,15	0,63
48	11	0,019	1,121	0,231	0,079	0,44	0,54	0,59	0,39	-0,15	0,63
48	12	0,019	1,121	0,231	0,079	0,44	0,54	0,59	0,39	-0,15	0,63
48	13	0,019	1,121	0,231	0,079	0,44	0,54	0,59	0,39	-0,15	0,63
48	14	0,019	1,121	0,231	0,079	0,44	0,54	0,59	0,39	-0,15	0,63
48	15	0,019	1,121	0,231	0,079	0,44	0,54	0,59	0,39	-0,15	0,63

49	10	0,019	1,089	0,237	0,046	0,44	0,57	0,57	0,39	-0,15	0,63
49	11	0,019	1,089	0,237	0,079	0,44	0,54	0,57	0,39	-0,15	0,63
49	12	0,019	1,089	0,237	0,079	0,44	0,54	0,57	0,39	-0,15	0,63
49	13	0,019	1,089	0,237	0,079	0,44	0,54	0,57	0,39	-0,15	0,63
49	14	0,019	1,089	0,237	0,079	0,44	0,54	0,57	0,39	-0,15	0,63
49	15	0,019	1,089	0,237	0,079	0,44	0,54	0,57	0,39	-0,15	0,63

b4	b	f	Dpideal	Dpwzideal	Dptotal
			Pa	Pa	Pa
0,38	0,096	0,093	2.619,17	24.501,94	50.555,98
0,38	0,093	0,092	3.148,77	29.942,18	62.197,73
0,38	0,09	0,09	3.707,00	35.751,01	74.247,28
0,38	0,087	0,089	4.308,50	42.095,49	87.405,34
0,38	0,085	0,088	4.953,13	48.980,52	101.681,85
0,38	0,083	0,087	5.660,20	56.593,74	117.466,46
0,38	0,096	0,093	2.552,05	16.895,07	35.328,72
0,38	0,093	0,092	3.068,08	20.646,33	43.582,02
0,38	0,09	0,09	3.612,01	24.651,75	52.020,40
0,38	0,087	0,089	4.918,09	29.026,53	61.234,33
0,38	0,085	0,088	4.826,20	33.774,03	71.230,73
0,38	0,083	0,087	5.515,15	39.023,65	82.282,57
0,38	0,096	0,093	2.484,94	12.602,57	26.736,69
0,38	0,093	0,092	2.987,40	15.400,76	33.074,90
0,38	0,09	0,09	3.517,02	18.388,53	39.475,18
0,38	0,087	0,089	4.699,27	25.193,13	54.043,91
0,38	0,085	0,088	5.370,10	29.108,98	62.424,71
0,38	0,083	0,087	2.417,83	9.900,65	21.329,94
0,38	0,096	0,093	2.906,72	12.098,92	26.460,36
0,38	0,093	0,092	3.422,04	14.446,12	31.577,72
0,38	0,09	0,09	3.977,29	17.009,78	37.164,46
0,38	0,087	0,089	5.225,05	22.868,17	49.924,20
0,38	0,085	0,088	2.350,72	8.069,13	17.666,92
0,38	0,083	0,087	4.572,35	19.791,85	43.224,73
0,38	0,096	0,093	2.826,05	9.860,74	21.976,78

0,38	0,093	0,092	3,327,05	11,773,74	26,224,61
0,38	0,09	0,09	3,866,89	13,863,15	30,861,69
0,38	0,087	0,089	4,445,43	16,130,57	35,891,42
0,38	0,085	0,088	5,080,01	18,637,80	41,451,40
0,38	0,083	0,087	2,283,62	6,759,24	15,049,36
0,38	0,096	0,093	2,745,37	8,260,02	18,770,83
0,38	0,093	0,092	3,232,07	9,862,47	22,396,98
0,38	0,09	0,09	3,756,49	11,612,70	26,355,11
0,38	0,087	0,089	4,318,51	13,521,04	30,648,09
0,38	0,085	0,088	4,934,97	15,612,27	35,393,44
0,38	0,083	0,087	2,216,51	5,783,57	13,102,00
0,38	0,096	0,093	2,664,69	7,067,71	16,383,89
0,38	0,093	0,092	3,137,09	8,438,85	19,547,27
0,38	0,09	0,09	3,646,09	9,936,44	22,999,99
0,38	0,087	0,089	4,191,59	11,561,62	26,744,55
0,38	0,085	0,088	4,789,94	13,358,68	30,883,51
0,38	0,083	0,087	2,149,40	5,033,29	11,606,94
0,38	0,096	0,093	2,584,02	6,150,85	14,549,68
0,38	0,093	0,092	3,042,11	7,344,12	17,357,50
0,38	0,09	0,09	3,535,69	8,647,43	20,421,93
0,38	0,087	0,089	4,064,67	10,061,78	23,745,16
0,38	0,085	0,088	4,644,90	11,625,72	27,418,26
0,38	0,083	0,087	2,082,29	4,441,46	10,429,83
0,38	0,096	0,093	2,503,34	5,427,46	13,103,99
0,38	0,093	0,092	2,947,12	6,480,40	15,631,64
0,38	0,09	0,09	3,425,30	7,630,43	18,390,11
0,38	0,087	0,089	3,937,75	8,878,45	21,381,35
0,38	0,085	0,088	4,499,86	10,258,45	24,687,38
0,38	0,083	0,087	2,015,18	3,964,34	9,483,76

0,38	0,096	0,093	2,422,66	4,844,55	11,940,62
0,38	0,093	0,092	2,852,14	5,784,40	14,242,87
0,38	0,09	0,09	3,314,90	6,810,92	16,755,20
0,38	0,087	0,089	3,810,83	7,924,90	19,479,37
0,38	0,085	0,088	4,354,81	9,156,69	22,490,12
0,38	0,083	0,087	1,948,07	3,573,11	8,710,30
0,38	0,096	0,093	2,341,98	4,366,46	10,988,14
0,38	0,093	0,092	2,757,15	5,213,56	13,105,90
0,38	0,09	0,09	3,683,90	7,142,81	17,922,37
0,38	0,087	0,089	4,209,76	8,253,04	20,691,45
0,38	0,085	0,088	1,880,96	3,247,37	8,068,80
0,38	0,083	0,087	2,261,31	3,968,40	10,196,87
0,38	0,096	0,093	2,662,17	4,738,27	12,161,42
0,38	0,093	0,092	3,094,09	5,579,14	14,304,99
0,38	0,09	0,09	3,556,98	6,491,65	16,629,09
0,38	0,087	0,089	4,064,72	7,500,67	19,197,51
0,38	0,085	0,088	1,813,85	2,972,64	7,530,25
0,38	0,083	0,087	2,567,18	4,337,41	11,367,06
0,38	0,096	0,093	2,983,70	5,107,14	13,370,00
0,38	0,093	0,092	3,430,05	5,942,45	15,541,51
0,38	0,09	0,09	3,919,66	6,866,11	17,941,24
0,38	0,087	0,089	1,746,73	2,738,32	7,073,40
0,38	0,085	0,088	2,099,94	3,346,32	8,965,56
0,38	0,083	0,087	2,472,18	3,995,51	10,691,83
0,38	0,096	0,093	2,873,29	4,704,57	12,575,26
0,38	0,093	0,092	3,303,12	5,474,03	14,617,13
0,38	0,09	0,09	3,774,61	6,324,88	16,873,54
0,38	0,087	0,089	1,679,62	2,536,49	6,682,39
0,38	0,085	0,088	2,012,25	3,089,57	8,452,34

0,38	0,083	0,087	2,377,19	3,701,02	10,112,56
0,38	0,096	0,093	2,762,88	4,357,81	11,893,52
0,38	0,093	0,092	3,176,19	5,070,57	13,824,23
0,38	0,09	0,09	3,617,05	5,839,78	15,905,94
0,38	0,087	0,089	1,612,50	2,361,13	6,345,16
0,38	0,085	0,088	1,931,84	2,875,97	8,033,92
0,38	0,083	0,087	2,282,19	3,445,15	9,611,64
0,38	0,096	0,093	3,049,25	4,720,01	13,138,68
0,38	0,093	0,092	3,472,49	5,436,05	15,116,77
0,38	0,09	0,09	1,545,38	2,207,59	6,052,38
0,38	0,087	0,089	1,851,42	2,688,95	7,669,53
0,38	0,085	0,088	2,187,19	3,221,12	9,175,44
0,38	0,083	0,087	2,542,04	3,792,74	10,790,77
0,38	0,096	0,093	2,922,31	4,413,08	12,541,83
0,38	0,093	0,092	3,327,92	5,082,55	14,429,76
0,38	0,09	0,09	1,472,33	2,065,44	5,777,54
0,38	0,087	0,089	1,771,00	2,524,06	7,350,27
0,38	0,085	0,088	2,092,18	3,023,59	8,793,31
0,38	0,083	0,087	2,431,62	3,560,17	10,341,16
0,38	0,096	0,093	2,795,36	4,142,46	12,019,06
0,38	0,093	0,092	3,183,35	4,770,88	13,828,07
0,38	0,09	0,09	1,405,47	1,945,74	5,554,01
0,38	0,087	0,089	1,690,58	2,377,78	7,069,06
0,38	0,085	0,088	1,990,26	2,839,10	8,429,12
0,38	0,083	0,087	2,321,19	3,353,84	9,945,25
0,38	0,096	0,093	2,668,41	3,902,38	11,558,77
0,38	0,093	0,092	3,038,77	4,494,38	13,298,34
0,38	0,09	0,09	1,338,60	1,838,94	5,357,11
0,38	0,087	0,089	1,610,15	2,247,27	6,820,23

0,38	0,085	0,088	1,895,58	2,683,27	8,132,35
0,38	0,083	0,087	2,210,76	3,169,76	9,595,02
0,38	0,096	0,093	2,541,45	3,688,19	11,151,63
0,38	0,093	0,092	2,894,19	4,247,70	12,829,85
0,38	0,09	0,09	1,271,74	1,743,18	5,183,06
0,38	0,087	0,089	1,529,72	2,130,24	6,599,18
0,38	0,085	0,088	1,800,89	2,543,54	7,868,74
0,38	0,083	0,087	2,100,32	3,004,69	9,283,98
0,38	0,096	0,093	2,414,50	3,496,12	10,790,11
0,38	0,093	0,092	2,749,60	4,026,50	12,413,89
0,38	0,09	0,09	1,204,87	1,656,90	5,028,81
0,38	0,087	0,089	1,449,29	2,024,80	6,402,12
0,38	0,085	0,088	1,706,20	2,417,65	7,633,80
0,38	0,083	0,087	1,989,87	2,855,97	9,006,81
0,38	0,096	0,093	2,287,52	3,323,09	10,468,00
0,38	0,093	0,092	2,605,00	3,827,21	12,043,34
0,38	0,09	0,09	1,137,99	1,578,84	4,891,80
0,38	0,087	0,089	1,368,84	1,929,41	6,225,95
0,38	0,085	0,088	1,611,49	2,303,74	7,423,81
0,38	0,083	0,087	1,879,42	2,721,42	8,759,12
0,38	0,096	0,093	2,160,55	3,166,53	10,180,21
0,38	0,093	0,092	2,460,39	3,646,90	11,712,31
0,38	0,09	0,09	1,071,11	1,507,93	4,769,94
0,38	0,087	0,089	1,288,40	1,842,76	6,068,08
0,38	0,085	0,088	1,516,78	2,200,29	7,235,67
0,38	0,083	0,087	1,762,85	2,590,78	8,509,43
0,38	0,096	0,093	2,033,56	3,024,32	9,922,47
0,38	0,093	0,092	2,315,77	3,483,12	11,415,91
0,38	0,09	0,09	1,004,23	1,443,30	4,661,46

0,38	0,087	0,089	1,207,94	1,763,78	5,926,33
0,38	0,085	0,088	1,422,06	2,105,97	7,066,79
0,38	0,083	0,087	1,652,77	2,479,73	8,310,98
0,38	0,096	0,093	1,906,56	2,894,69	9,691,22
0,38	0,093	0,092	2,171,15	3,333,82	11,150,04
0,38	0,09	0,09	937,33	1,384,18	4,564,86
0,38	0,087	0,089	1,127,48	1,691,53	5,798,88
0,38	0,085	0,088	1,327,34	2,019,72	6,914,99
0,38	0,083	0,087	1,542,67	2,378,17	8,132,64
0,38	0,096	0,093	1,779,56	2,776,13	9,483,47
0,38	0,093	0,092	2,026,52	3,197,27	10,911,24
0,38	0,09	0,09	870,44	1,329,95	4,478,90
0,38	0,087	0,089	1,047,01	1,625,26	5,684,15
0,38	0,085	0,088	1,232,60	1,940,58	6,778,40
0,38	0,083	0,087	1,432,56	2,284,98	7,972,23
0,38	0,096	0,093	1,652,54	2,667,35	9,296,66
0,38	0,093	0,092	1,881,88	3,071,99	10,696,56
0,38	0,09	0,09	803,53	1,280,05	4,402,49
0,38	0,087	0,089	966,54	1,564,28	5,580,84
0,38	0,085	0,088	1,137,86	1,867,77	6,655,44
0,38	0,083	0,087	1,322,46	2,199,25	7,827,88
0,38	0,096	0,093	1,525,51	2,567,27	9,128,61
0,38	0,093	0,092	1,737,22	2,956,73	10,503,51
0,38	0,09	0,09	736,62	1,234,02	4,334,72
0,38	0,087	0,089	886,06	1,800,60	5,487,79
0,38	0,085	0,088	1,043,11	2,120,17	6,544,75
0,38	0,083	0,087	1,212,33	2,474,95	7,697,99
0,38	0,096	0,093	1,398,48	2,850,41	8,977,45
0,38	0,093	0,092	1,592,55	1,191,45	10,329,92

0,38	0,09	0,09	669,70	1,456,00	4,274,80
0,38	0,087	0,089	805,56	1,738,49	5,404,03
0,38	0,085	0,088	948,35	2,047,03	6,445,17
0,38	0,083	0,087	1,102,19	2,389,58	7,581,19
0,38	0,096	0,093	1,271,43	2,752,08	8,841,58
0,38	0,093	0,092	1,447,86	1,159,62	10,173,97
0,38	0,09	0,09	606,46	1,407,79	5,328,70
0,38	0,087	0,089	725,06	1,680,92	6,355,67
0,38	0,085	0,088	853,57	1,680,92	6,355,67
0,38	0,083	0,087	1,127,48	1,691,53	5,798,88
0,38	0,096	0,093	1,327,34	2,019,72	6,914,99
0,38	0,093	0,092	1,542,67	2,378,17	8,132,64
0,38	0,09	0,09	1,779,56	2,776,13	9,483,47
0,38	0,087	0,089	2,026,52	3,197,27	10,911,24
0,38	0,085	0,088	870,44	1,329,95	4,478,90
0,38	0,083	0,087	1,047,01	1,625,26	5,684,15
0,38	0,096	0,093	1,232,60	1,940,58	6,778,40
0,38	0,093	0,092	1,432,56	2,284,98	7,972,23
0,38	0,09	0,09	1,652,54	2,667,35	9,296,66
0,38	0,087	0,089	1,881,88	3,071,99	10,696,56
0,38	0,085	0,088	803,53	1,280,05	4,402,49
0,38	0,083	0,087	966,54	1,564,28	5,580,84
0,38	0,096	0,093	1,137,86	1,867,77	6,655,44
0,38	0,093	0,092	1,322,46	2,199,25	7,827,88
0,38	0,09	0,09	1,525,51	2,567,27	9,128,61
0,38	0,087	0,089	1,737,22	2,956,73	10,503,51
0,38	0,085	0,088	736,62	1,234,02	4,334,72
0,38	0,083	0,087	886,06	1,800,60	5,487,79
0,38	0,096	0,093	1,043,11	2,120,17	6,544,75

0,38	0,093	0,092	1,212,33	2,474,95	7,697,99
0,38	0,09	0,09	1,398,48	2,850,41	8,977,45
0,38	0,087	0,089	1,592,55	1,191,45	10,329,92
0,38	0,085	0,088	669,70	1,456,00	4,274,80
0,38	0,083	0,087	805,56	1,738,49	5,404,03
0,38	0,096	0,093	948,35	2,047,03	6,445,17
0,38	0,093	0,092	1,102,19	2,389,58	7,581,19
0,38	0,09	0,09	1,271,43	2,752,08	8,841,58
0,38	0,087	0,089	1,447,86	1,159,62	10,173,97
0,38	0,085	0,088	606,46	1,407,79	5,328,70
0,38	0,083	0,087	725,06	1,680,92	6,355,67
0,38	0,096	0,093	853,57	1,680,92	6,355,67
0,38	0,093	0,092	1,204,87	1,656,90	5,028,81
0,38	0,09	0,09	1,449,29	2,024,80	6,402,12
0,38	0,087	0,089	1,706,20	2,417,65	7,633,80
0,38	0,085	0,088	1,989,87	2,855,97	9,006,81
0,38	0,083	0,087	2,287,52	3,323,09	10,468,00
0,38	0,096	0,093	2,605,00	3,827,21	12,043,34
0,38	0,093	0,092	1,137,99	1,578,84	4,891,80
0,38	0,09	0,09	1,368,84	1,929,41	6,225,95
0,38	0,087	0,089	1,611,49	2,303,74	7,423,81
0,38	0,085	0,088	1,879,42	2,721,42	8,759,12
0,38	0,083	0,087	2,160,55	3,166,53	10,180,21
0,38	0,096	0,093	2,460,39	3,646,90	11,712,31
0,38	0,093	0,092	1,071,11	1,507,93	4,769,94
0,38	0,09	0,09	1,288,40	1,842,76	6,068,08
0,38	0,087	0,089	1,516,78	2,200,29	7,235,67
0,38	0,085	0,088	1,762,85	2,590,78	8,509,43
0,38	0,083	0,087	289,54	2,174,65	9,405,49









0,38	0,096	0,093	67,20	921,57	4,015,01
0,38	0,093	0,092	80,83	1,126,17	4,974,24
0,38	0,09	0,09	95,15	1,344,65	5,936,33
0,38	0,087	0,089	110,587	1,583,27	6,987,03
0,38	0,085	0,088	126,8	1,836,22	8,100,34
0,38	0,083	0,087	144,782	2,121,63	9,355,89

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PENGARUH Baffle CUT TERHADAP PENURUNAN TEKANAN PADA ALAT PENUKAR KALOR SELONGSONG DAN TABUNG PADA TABUNG SEGI EMPAT

Nama : Rahmat Fadillah
NPM : 1607230011

Dosen Pembimbing : Ir. Faisal Lubis, M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Rabu/1-1-2020	Perbaiki pendahuluan	
2	Kamis/2-1-2020	Perbaiki rumusan masalah	
3	Jumat/3-1-2020	Lanjutkan bab II & III	
4	Rabu/8-1-2020	perbaiki spasi buat daftar pustaka	
5	Selasa/14-1-2020	dee seminar proposal	
6	Selasa/20-10-2020	buat grafik	
7	Kamis/22-10-2020	perbaiki ke- simpulan	
8	Rabu/28-10-2020	dee seminar hasil	



Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 319/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 22 Februari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAHMAT FADILLAH
Npm : 1607230011
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH BAFFLE CUT TERHADAP PENURUNAN TEKANAN PADA ALAT PENUKAR KALOR SELONGSONG DAN TABUNG PADA TABUNG SEGI EMPAT

Pembimbing : Ir. FAISAL LUBIS, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 10 Rajab 1442 H

22 Februari 2021 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT

NIDN: 0101017202



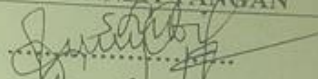
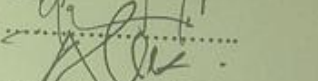
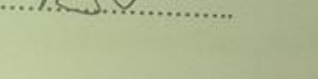
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 - 2021**

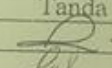
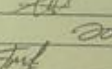
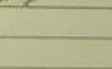
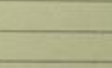
Peserta seminar

Nama : Rahma Fadillah
 NPM : 1607230011
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selangsung Dan Tabung Pada Tabung Segi Empat.

DAFTAR HADIR

TANDA TANGAN

Pembimbing - I : Ir. Faisai. M.T : 
 Pembimbing - II : Chandra A Siregar. S.T.M.T : 
 Pembimbing - II : Sudirman Lubis. S.T.M.T : 

NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1607230080	ADI STAHPUTRA	
1607230065	BAYU ADHARY	
1607230165	M. ILHAM INST	
1607230188	DANU TIPTA DEWA SURYA	

Medan, 19 Rab. Awal 1442 H
07 Nopember 2020 M

Ketua Prodi. T. Mesin



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Rahmat Fadillah
NPM : 1607230011
Judul T.Akhir : Pengaruh baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selangsur Dan Tabung Pada Tabung Segi Empat.

Dosen Pembimbing - I : Ir.Faisal.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

... Perbaikan... bahan pengaman
... Perbaikan... alat ukur... Perbaikan
... Perbaikan... Data... f... selang...

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 20 Rab.Awal 1442H
09 Nopember 2020M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Perbandingan- I

Sudirman Lubis.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Rahmat Fadillah
NPM : 1607239011
Judul T.Akhir : Pengaruh baffle Cut Terhadap Penurunan Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Selangsung Dan Tabung Pada Tabung Segi Empat.

Dosen Pembimbing - I : Ir.Faisal.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain : *lihat buku tugas akhir*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 20 Rab.Awal 1442H
09 Nopember 2020M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



[Signature]
S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

[Signature]
Chandra A Siregar.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Rahmat Fadillah
Npm : 1607230011
Tempat/Tgl Lahir : Tangerang
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat
 Desa : Perdagangan I
 Kecamatan : Bandar
 Kabupaten : Simalungun
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 0852-7072-5600
E – Mail : rahmatfadillah42@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Yonnedi YM
 Ibu : Wirdatul Aini

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SDN 1 PAGEDANGAN
2007-2010 : SMP N 1 PAGEDANGAN
2010-2013 : SMK AL-WASHLIYAH 2 PERDAGANGAN
2016-2021 : Mengikuti Pendidikan S1 Progan Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara