

TUGAS AKHIR

PENGARUH *BAFFLE CUT* TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT PENUKAR KALOR *SHELL AND TUBE* PADA SUSUNAN TABUNG SEGI EMPAT

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

Disusun Oleh:

BAYU AZHARY
1607230069



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

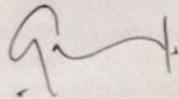
Nama : Bayu Azhary
NPM : 1607230069
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* Pada Susunan Tabung Segi Empat.
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Februari 2021

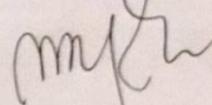
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



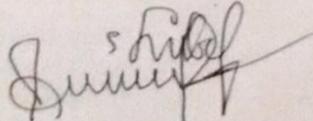
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji



Ir. Faisal Lubis, M.T

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,



S. T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bayu Azhary
Tempat /Tanggal Lahir : Ajamu/25 Juli 1998
NPM : 1607230069
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“ Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* Pada Susunan 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Februari 2021



Saya yang menyatakan,

Bayu Azhary

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh *baffle cut* terhadap perpindahan panas 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 4 variasi *baffle cut* yaitu 11%, 25,6%, 38,88%, dan 48,97%. Dari hasil penelitian diperoleh koefisien perpindahan panas yang dinyatakan dengan bilangan Nusselt (Nu) yang optimum diperoleh pada *baffle cut* $Nu = 0,000829 (Re)^{1,190241} (Bc/100)^{-0,09617}$ (untuk : $2100 < Re < 4000$ dan Bc 11% sampai 48,97%)

Kata kunci : *Baffle cut*, perpindahan panas, pada alat penukar kalor.

ABSTRACT

This research was conducted to investigate and determine the effect of baffle cut on heat transfer in a 1-1 pass tube and tube heat exchanger with a rectangular tube arrangement. The type of baffle used is single segment baffle type with a baffle spacing of 40 mm. The test was carried out with 4 variations of baffle cut, namely 11%, 25%, 38,88%, and 48,97%. From the research results obtained heat transfer coefficient which expressed by the optimum Nusselt number (Nu) obtained the baffle cut $Nu = 0.000829 (Re)^{1.190241} (Bc/100)^{-0.09617}$ (for: $2100 < Re < 4000$ and Bc 11% to 48.97%)

Key words: Baffle cut, heat transfer, in a heat exchanger

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* 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 Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ir. Faisal Lubis, M.T selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Jasri dan Sunarti, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Rahmat Fadillah, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Proposal 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, 8 Februari 2021



Bayu Azhary

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Perpindahan Panas	4
2.1.1. Proses Perpindahan Panas	4
2.1.2. Perpindahan Panas Secara Konduksi	4
2.1.3. Perpindahan Panas Secara Konveksi	5
2.1.4. Perpindahan Panas Secara Radiasi	5
2.2. Alat Penukar Kalor	6
2.2.1. Pengertian Alat Penukar Kalor Selongsong dan Tabung	6
2.2.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	8
2.2.3. Tabung dan Selongsong (<i>Shell and Tube</i>)	9
2.3. Landasan Teori	9
2.3.1. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh	9
2.3.2. Koefisien Perpindahan Panas	18
BAB 3 METODOLOGI	19
3.1. Tempat dan Waktu	19
3.1.1. Tempat Penelitian	19
3.1.2. Waktu Penelitian	19
3.2. Bahan dan Alat	20
3.2.1. Bahan	20
3.2.2. Alat	20
3.3. Diagram Alir Penelitian	23
3.4. Rancangan Alat Penelitian	24
3.5. Prosedur Penelitian	26

3.5.1	Kalibrasi Termokopel	26
3.5.2	Persiapan Pendahuluan	26
3.5.3	Pengambilan Data	29
3.6	Variabel Penelitian	30
3.7	Analisa Data	30
3.8	Kerangka Konsep Penelitian	30
BAB 4	KESIMPULAN DAN SARAN	32
4.1.	Penyerapan Kalor Pada APK	42
4.2.	Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Selongsong	43
4.3.	Efektivitas APK Selongsong dan Tabung	45
4.4.	Formulasi Bilangan Nusselt	46
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1.	Kesimpulan	49
5.2.	Saran	49
	DAFTAR PUSTAKA	50
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Konstan Untuk Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor	13
Tabel 3.1. Rencana Pelaksanaan Penelitian	18
Tabel 3.2. Parameter Sisi Tabung dan Selongsong	23
Tabel 3.3. Data <i>Sheet</i> Pengukuran Untuk Tiap-Tiap <i>Baffle Cut</i>	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Alat Penukar Kalor Selongsong dan Tabung	5
Gambar 2.2. Aliran Dalam Sisi Selongsong Dengan <i>Baffle Segment</i>	6
Gambar 2.3. Distribusi Aliran Pada Selongsong Akibat Pengaruh <i>Baffle Cut</i>	6
Gambar 2.4. Susunan Tabung	11
Gambar 2.5. Profil Aliran dan Konstruksi Luas Jendela <i>Baffle Cut</i>	12
Gambar 2.6. Jenis-jenis <i>Baffle Cut</i> Yang di uji	13
Gambar 2.7. Geometri <i>Baffle</i>	14
Gambar 2.8. Arah Aliran Fluida Didalam APK Selongsong dan Tabung	17
Gambar 3.1. Blower	19
Gambar 3.2. Pompa Sirkulasi	20
Gambar 3.3. Termo Resistance	20
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.5. Skema <i>set-up</i> Alat Uji Penelitian	24
Gambar 3.6. Pengaturan Jarak <i>Baffle</i>	35
Gambar 3.7. APK Siap Untuk Uji	36
Gambar 3.8. Rangkaian Bak Pemanas Air	28
Gambar 3.9. Kerangka Konsep Penelitian	30
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara bilangan reynold dan penyerapan kalor	42
Gambar 4.2. Grafik hubungan antara bilangan reynold dan bilangan nusselt didalam selongsong	43
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara bilangan nusselt dan koefisien perpindahan kalor konveksi di dalam selongsong	44
Gambar 4.4. Grafik hubungan antarabilangan reynold dan efektivitas APK	45

DAFTAR NOTASI

A	= Luas alat penukar kalor, m ²
a, a ₁ , a ₂ , a ₃ , a ₄ ,	= Parameter penyocokan kurva untuk koefisien perpindahan kalor
A _t	= Luas tabung, m ²
b, b ₁ , b ₂ , b ₃ , b ₄ ,	= Parameter penyocokan kurva untuk koefisien gesekan
B _c	= Persentase <i>baffle cut</i>
C _j	= Hubungan parameter untuk JB
C _c	= Laju aliran kapasitas panas perjam fluida dingin, kJ/s °C
C _h	= Laju aliran kapasitas panas perjam fluida dingin, kJ/s °C
C _{min}	= Laju aliran kapasitas panas perjam fluida minimum, kJ/s °C
C _{maks}	= Laju aliran kapasitas panas perjam fluida maksimum, kJ/s °C
C _{pa}	= Panas jenis air pada tekanan konstan, J/kg K
C _{pu}	= Panas jenis udara pada tekanan konstan, J/kg K
c _s	= Ruang bebas antara selongsong dan <i>baffle</i> , m
c _t	= Ruang bebas antara tabung dan <i>baffle</i> , m
D _b	= Diameter <i>baffle</i> , m
D _{ctl}	= Batas diameter tengah tabung pada <i>tube bundl</i> , m
D _e	= Diameter ekivalen <i>bundle</i> , m
D _o	= Diameter <i>bundle</i> tabung, m
D _{otl}	= Batas diameter luar tabung pada <i>tube bundle</i> , m
D _s	= Diameter dalam selongsong, m
d _o	= Diameter luar tanung, m
d _{in}	= Diameter dalam tabung, m
f	= Koefisien gesekan fanning
f _A	= Faktor bentuk susunan tabung
f _B	= Faktor aliran <i>bypass</i> tabung <i>baffle</i> dan <i>baffle</i> selongsong
F _w	= Fraksi tabung pada satu jendela <i>baffle</i>
g	= Percepatan gravitasi, 9,81 m/s ²
J _c	= Faktor koreksi koefisien perpindahan panas disebabkan bentuk jendela
J _L	= Faktor koreksi koefisien perpindahan panas disebabkan kebocoran jendela
J _B	= Faktor koreksi koefisien perpindahan panas disebabkan aliran <i>bypass bundle</i>
J _R	= Faktor koreksi aliran laminar
J _s	= Faktor koreksi akibat jarak <i>baffle</i> yang tidak sama
h	= Beda ketinggian air pada tabung U, mm
H _a	= Koefisien perpindahan panas konveksi air, W/m ² K
h _{ideal}	= Koefisien perpindahan panas ideal pada selongsong, W/m ² K
h _i	= Koefisien perpindahan panas konveksi pada tabung, W/m ² K
h _o	= Koefisien perpindahan panas konveksi pada selongsong, W/m ² K
h _u	= Koefisien perpindahan panas konveksi udara, W/m ² K
k _a	= Konduktivitas air, W/m K

k_t	= Konduktifitas tabung, W/m K
k_u	= Konduktifitas udara, W/m ² K
L_{bb}	= Ruang bebas <i>bundle tube</i> dengan selongsong, m
L_{bc}	= Jarak antar <i>baffle</i> , m
L_{sb}	= Ruang bebas diametral tabung dengan <i>baffle</i> , m
L_t	= Panjang <i>tube</i> , m
L_{tp}	= Ruang bebas diametral <i>baffle</i> dengan tabung, m
$L_{tp\ eff}$	= Jarak bagi tabung arah transversal efektif, m
m_a	= Laju aliran massa air, kg/s
m_u	= Laju aliran massa udar, kg/s
N_b	= Jumlah <i>baffle</i>
N_{pass}	= Jumlah laluan tabung
N_t	= Jumlah tabung
N_w	= Jumlah baris tabung pada daerah jendela
N_{ui}	= Bilangan Nusselt air
N_{uu}	= Bilangan Nusselt udara
N_{wt}	= Jumlah tabung pada daerah jendela
N_c	= Jumlah baris tabung pada daerah aliran lintang
P_{ri}	= Bilangan prandalt air
P_p	= Jarak bagi tabung arah memanjang, m
Q_a	= Kalor yang dilepaskan air panas, W
Q_u	= Kalor yang diserap udara, W
q_{maks}	= Kalor maksimum yang terjadi, W
q_{nyata}	= Kalor nyata yang terjadi, W
Re_o, Ψ	= Bilangan reynold sisi selongsong
Re_i	= Bilangan reynold sisi tabung
r_s	= Hubungan parameter untuk JL
r_{im}	= Hubungan parameter untuk JL
S_b	= Luas aliran <i>bypass</i> antara <i>bundle</i> dan selongsong, m
S_m	= Luas daerah aliran lintang pada selongsong, m ²
S_{tb}	= Total luas kebocoran pada satu <i>baffle</i> , m ²
S_{sb}	= Total luas kebocoran antara <i>baffle</i> dan selongsong, m ²
T_{ci}	= Tempratur fluida dingin masuk °C
T_{co}	= Tempratur fluida dingin keluar °C
T_{hi}	= Tempratur fluida panas masuk °C
T_{ho}	= Tempratur fluida panas keluar °C
T_i	= Tempratur dinding dalam <i>tube</i> °C
T_{to}	= Tempratur dinding luar tabung °C
T_{ti}	= Tempratur dinding dalam tabung °C
ΔT	= Perbedaan tempratur (°C)
ΔT_m	= Beda tempratur rata-rata logaritma (°C)
U	= Koefisien perpindahan panas menyeluruh W/m ² °C

V = Kapasitas aliran fluida didalam selongsong, m³/s
 V = Kecepatan maksimum udara didalam selongsong, m/s
 w_i = Laju massa aliran air kg/s
 w_o = Laju aliran massa aliran udara m³/s²

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada penelitian mengenai aliran dan proses perpindahan panas pada sisi selongsong, untuk memperkirakan koefisien perpindahan panas pada alat penukar kalor selongsong dan tabung telah dipublikasikan memperbaiki ketepatan perkiraan dari performa dan pengoptimalan perpindahan panas alat penukar kalor. (Kukral dan Stephan, 1995)

Dalam suatu *shell and tube heat exchanger*, fluida yang satu mengalir dalam pipa kecil (*tube*) dan fluida yang lain mengalir melalui selongsong (*shell*). Perpindahan panas dapat terjadi di antara kedua fluida, dimana panas akan mengalir dari fluida bersuhu lebih tinggi ke fluida bersuhu lebih rendah.

Umumnya, aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* adalah paralel atau berlawanan. Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle*. Aliran *cross flow* yang didapat dengan menambahkan *baffle* akan membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar, sehingga perpindahan panas di antara kedua fluida meningkat. Selain untuk mengarahkan aliran agar menjadi *cross flow*, *baffle* juga berguna untuk menjaga supaya *tube* tidak melengkung (berfungsi sebagai penyangga) dan mengurangi kemungkinan adanya vibrasi atau getaran oleh aliran fluida. (Ariyanto, Henry.2000)

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

Variasi dari koefisien perpindahan panas pada celah antara *baffle* dan tabung sangat besar, walaupun perpindahan panas rata-rata untuk bilangan Reynold yang kecil kurang dari 2000 dan lebih besar dari 2000. (Mika dkk,2000)

Mengemukakan bahwa koefisien perpindahan kalor konveksi yang dinyatakan dengan bilangan Nusselt (Nu) yang mencerminkan unjuk kerja termal lebih besar terjadi pada jarak *baffle* 40 mm atau ratio optimum jarak *baffle* terhadap diameter dalam *shell* adalah 0,340. Dengan demikian laju perpindahan kalor optimum terjadi pada jarak *baffle* 40 mm. (Ibrahim, 2007)

1.1. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mendapatkan faktor koefisien bentuk (*factor baffle cut*) terhadap koefisien perpindahan kalor pada sisi selongsong.
2. Bagaimana pengembangan tentang *baffle cut* dan teknologi dalam bidang alat penukar kalor selongsong dan tabung.

1.2. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Analisa perpindahan panas menyeluruh yang optimal pada alat penukar kalor jenis selongsong dan tabung susunan segi empat.
2. Variasi *baffle cut*, dimana pada sisi selongsong dialiri fluida dingin yaitu udara dan pada sisi tabung mengalir fluida panas yaitu air.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mendapatkan faktor koefisien bentuk (*factor baffle cut*) terhadap koefisien perpindahan kalor pada sisi selongsong.
2. Untuk mengetahui pengembangan tentang *baffle cut* dalam bidang alat penukar kalor selongsong dan tabung.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menghasilkan informasi-informasi yang bermanfaat berkaitan dengan *baffle cut* yang nantinya dapat dijadikan sebagai bahan rancang bangun alat penukar kalor selongsong dan tabung susunan segi empat.
2. Sebagai penelitian ilmu teknologi dalam bidang alat penukar kalor selongsong dan tabung.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perpindahan Panas

2.1.1. Proses Perpindahan panas

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari suatu tempat ke tempat akibat adanya perbedaan temperatur. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (J.P. Holman, 1994)

2.1.2. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. (J.P. Holman, 1994)

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut :

Persamaan dasar konduksi

$$Q_k = KA \frac{dt}{dx}$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas (kJ/det, W)

k = Konduktivitas Termal (W/m. °C)

A = Luas penampang (m²)

dt = Perbedaan temperatur (°C)

dx = Perbedaan jarak (m/det)

2.1.3. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi yaitu perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Panas dipindahkan oleh molekul-molekul yang bergerak (mengalir). Oleh karena adanya dorongan bergerak. Disini kecepatan gerakan (aliran) memegang peranan sangat penting. Konveksi hanya terjadi pada fluida. Besarnya koefisien perpindahan panas bergantung pada: jenis fluida dan keadaan alirannya (tekanan, temperatur, dan kecepatan alirannya). (Thermodinamika Dasar Mesin Konversi Energi, 2015).

Jika suatu plat dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah atau konveksi bebas, untuk membedakannya dengan konveksi paksa yaitu apabila pada plat udara dihembuskan diatas plat itu dengan kipas.

Persamaan laju perpindahan kalor secara konveksi telah diajukan newton pada tahun 1701, bersak dari gejala fisika, yaitu :

$$Q = h_c A (t_s - t_f)$$

Dengan h_c = koefisien konveksi, ($W/m^2.K$)

t_s = suhu permukaan, ($^{\circ}C$)

t_f = Suhu fluida, ($^{\circ}C$)

2.1.4. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi yaitu perpindahan panas tanpa melalui media. Suatu energi dapat dipindahkan dari satu tempat ketempat lainnya (dari benda panas ke benda dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain. Radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya dinamakan radiasi termal. (J.P.Holman, 1988).

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan, jadi :

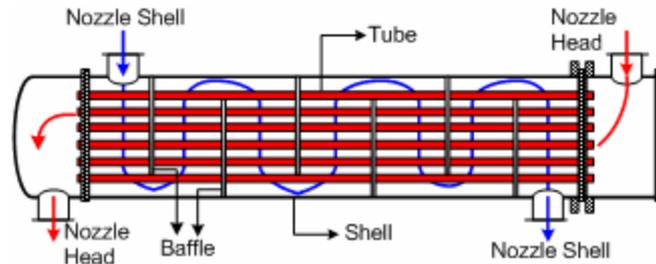
$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4$$

Dimana q ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$. Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Perlu dicatat bahwa persamaan diatas hanya berlaku untuk radiasi thermal saja, radiasi elektromagnetik lain tidaklah sesederhana itu.

2.2. Alat Penukar kalor

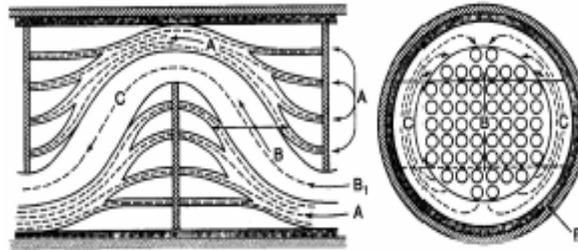
2.2.1. Pengertian Alat Penukar kalor Selongsong dan Tabung

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



Gambar 2.1 Alat penukar kalor selongsong dan tabung (Tinker, 1951)

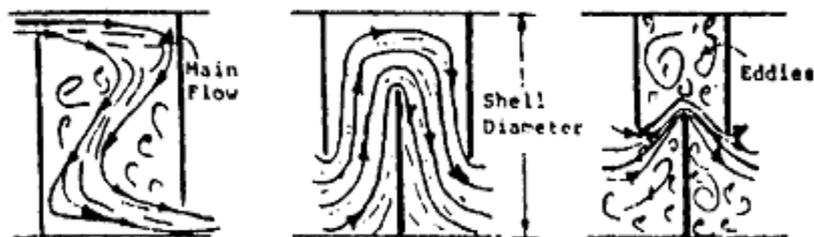
Secara umum lintasan fluida dalam APK selongsong dan tabung dapat terjadi dalam dua area lintasan yang terpisah yakni dalam selongsong dan dalam tabung. Dalam menganalisa aliran dalam selongsong selain terdapat aliran utama B yakni aliran yang melintasi tegak (*main cross flow*) terhadap *tube bundle*,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



Gambar 2.2. 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 didalam tabung atau didalam kanal, dan juga dalam menentukan perpindahan kalor 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*, pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. 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 dan menurunkan perpindahan kalor.

Distribusi aliran yang optimal dapat menghasilkan perpindahan panas yang lebih tinggi dan penurunan tekanan yang lebih rendah. Oleh karena itu, optimalisasi distribusi aliran adalah suatu langkah penting dalam desain optimasi APK . 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 perpindahan kalor konveksi dan 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 disepanjang lintasan selongsong dan tabung. Aliran demikian akan mengalami kontraksi dan ekspansi, yang kemudian akan mempengaruhi terhadap laju aliran perpindahan kalor konveksi dan penurunan tekanan. Untuk menghindari hal itu, maka diupayakan mengambil dimensi pemotongan *baffle* dan jarak *baffle* yang sesuai agar luas penampang aliran pada jendela *baffle* kurang lebih mendekati sama dengan luas penampang alir pada daerah aliran lintang *bundle*. (Ibrahim, 2007)

2.2.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Alat penukar kalor dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut

1. Berdasarkan perpindahan panas
 - a. Perpindahan kalor secara langsung
 - b. Perpindahan kslor tidak langsung
2. Berdasarkan kontruksi
 - a. Kontruksi tsbung
 - b. Kontruksi tipe plat
 - c. Kontruksi dengan luas permukaan diperluas
 - d. Kontruksi *regenerative*
3. Berdasarkan jenis aliran
 - a. Alat penukar kalor aliran sejaja (*paralel flow*)

- b. Alat penukar kalor berlawanan (*counter flow*)
 - c. Alat penukar kalor silang (*cross flow*)
- 4. Berdasarkan pengaturan aliran
 - a. Aliran dengan satu *pass*
 - b. Aliran dengan *multi pass*
- 5. Berdasarkan banyaknya fluida yang digunakan
 - a. Dua jenis fluida
 - b. Tiga jenis fluida atau lebih
- 6. Berdasarkan mekanisme perpindahan panas
 - a. Konveksi satu fasa
 - b. Konveksi dua fasa
 - c. Kombinasi perpindahan panas secara konveksi dan radiasi (Yunus A, 2003)

2.2.3. Tabung dan Selongsong (*Shell and Tube*)

Jenis umum dari penukar kalor biasanya digunakan dalam kondisi tekanan relative tinggi, yang terdiri dari sebuah selongsong yang didalamnya disusun suatu anulus dengan rangkaian tertentu (untuk mendapatkan luas permukaan yang optimal). Fluida mengalir di selongsong maupun di anulus sehingga terjadi perpindahan panas antar fluida dengan dinding anulus sebagai perantara. Beberapa jenis rangkain anulus misalnya: triangular, segiempat, dll.(Hughes dkk,2005)

2.3. Landasan Teori

2.3.1. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Studi eksperimental dan analisa analitis telah dilakukan untuk menentukan koefisien perpindahan panas pada APK selongsong dan tabung.

Keseimbangan energi APK adiabatic pada kondisi *steady-state*:

$$Q = m_a \cdot c_{pa}(T_{hi} - T_{ho}) = m_u c_{pu}(T_{co} - T_{ci}) \quad (2.1)$$

Jumlah kalor yang diserap oleh fluida pada selongsong dihitung dengan rumus:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_M \quad (2.2)$$

$$\Delta T_M = \frac{(T_{hi}-T_{ho})-(T_{co}-T_{ci})}{1n \frac{T_{hi}-T_{ho}}{T_{co}-T_{ci}}} \quad (2.3)$$

Sehingga, untuk performa panas APK

$$Q = U \cdot A \cdot \frac{(T_{hi} - T_{ho}) - (T_{co} - T_{ci})}{1 + n \frac{T_{hi} - T_{ho}}{T_{co} - T_{ci}}} \quad (2.4)$$

$$\varepsilon = \frac{q_{nyata}}{q_{maks}} \quad (2.6)$$

$$q_{maks} = C_{min}(T_{am} - T_{um}) \quad (2.7)$$

$$C_c = M_c C P_c \quad (2.8)$$

$$C_k = M_h C P_h \quad (2.9)$$

C_{min} adalah harga C_c atau C_h yang paling kecil.

Aliran searah

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1+c)]}{1+c} \quad (2.10)$$

Aliran berlawanan

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1+c)]}{1 - c \exp[-NTU(1-c)]} \quad (2.11)$$

Bilangan reynold sisi tabung:

$$Re_i = \frac{4 \cdot w_i \cdot n_{pass}}{\pi \cdot d_{in} \cdot v_i \cdot N_t} \quad (2.12)$$

Bilangan Nusselt sisi tabung dihitung dengan menggunakan persamaan Seider-Tate dan Hausen:

- a. Untuk $(Re_i \cdot Pr_i \cdot D_{in}/L_t)^{(1/3)} < 2$ maka koefisien perpindahan kalor pada sisi tabung dihitung dari persamaan:

$$h_i = 3,66 \frac{k}{d_{in}} \quad (2.13)$$

- b. Untuk $Re_i \geq 10^4$:

$$N_{ui} = 0.023 Re_i^{0.8} \cdot Pr_i^{1/3} (\mu/\mu_w)^{0.14} \quad (2.14)$$

- c. Untuk $2100 < Re_i < 10^4$:

$$N_{ui} = 0.116 [Re_i^{2/3} \cdot -125] Pr_i^{1/3} (\mu/\mu_w)^{0.14} [1 + (d_o/L_t)^{2/3}] \quad (2.15)$$

- d. Untuk $Re_i < 2100$:

$$Nui = 1.86[Re_i \cdot pr_i \cdot d_o/L_t]^{1/3} (\mu/\mu_w)^{1/3} \quad (2.16)$$

Koefisien perpindahan kalor pada bagian dalam tabung dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_i = Nui \frac{k}{d_{in}} \quad (2.17)$$

Suhu permukaan dinding dalam tabung dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_{ti} = \left(\frac{T_{hi} + T_{ho}}{2} \right) - \left(\frac{Q_a}{h_i N_t \pi d_{in} L_t} \right) \quad (2.18)$$

Suhu permukaan dinding luar tabung dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T_o = T_i - Q_a \frac{\ln(d_o/d_{in})}{2\pi k_t L_t} \quad (2.19)$$

Koefisien perpindahan kalor pada sisi selongsong:

$$h_o = h_{ideal}(J_c J_L J_B J_R J_s) \quad (2.20)$$

Bilangan Reynold dalam selongsong dapat dihitung dengan persamaan yang dikembangkan oleh Gadis E.S., Gnielinski V.

$$Re_{o,\psi} = Re_o = \frac{w_o \frac{\pi d_o}{4}}{v_o} \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} \Psi &= 1 - \frac{\pi}{4a} \text{ untuk } b \geq 1 \\ \Psi &= 1 - \frac{\pi}{4a} \text{ untuk } b < 1 \\ a &= \frac{P_t}{d_o}, \quad b = \frac{P_p}{d_o} \end{aligned} \quad (2.22)$$

(Void fraction)

$$a = S_1/d_o \quad (2.23)$$

$$b = S_2/d_o \quad (2.24)$$

Dimana

$$\begin{aligned} S_1 &= Ltp \\ S_2 &= Lbb \end{aligned}$$

Kapasitas laju aliran udara

$$\dot{V} = v D_s L b c \quad (2.25)$$

Laju massa aliran udara

$$m_u = \rho \dot{V} \quad (2.26)$$

Laju massa aliran udara

$$w_o = \frac{m_o}{D_{sx} L b c} \quad (2.27)$$

Koefisien perpindahan kalor ideal pada selongsong

$$h_{ideal} = \frac{j C p G}{p r^{2/3}} \quad (2.28)$$

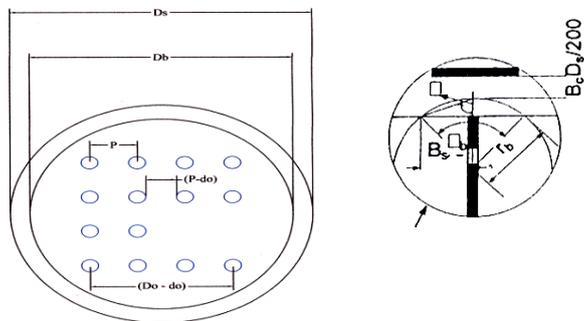
$$G = \frac{M_U}{S_m}$$

Luas daerah aliran lintang pada selongsong

$$S_m = L_{bc} \left(L_{bb} + \frac{D_{ctl}}{L_{tp,eff}} (L_{tp} - d_o) \right) \quad (2.29)$$

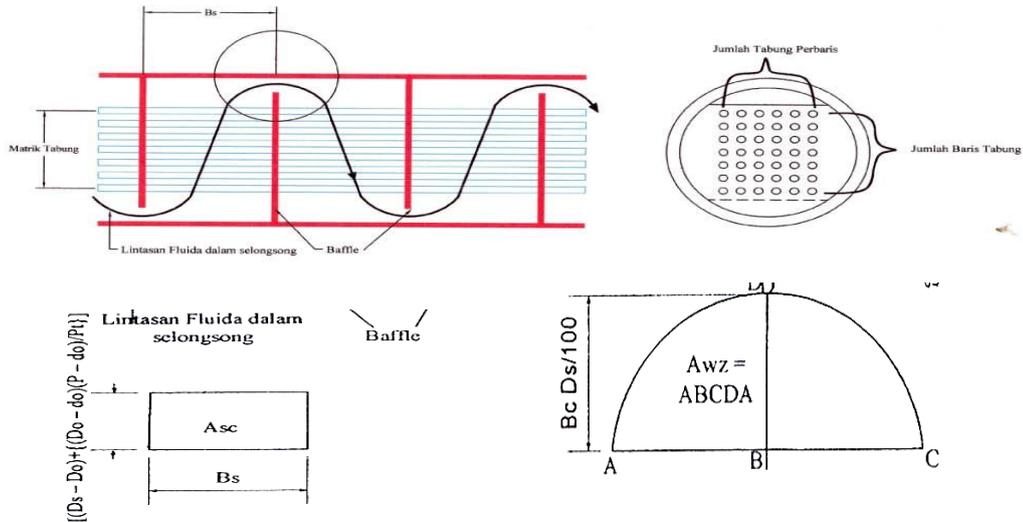
$$j = a_1 \left(\frac{a_3}{P_t/d_o} \right)^a (R_e)^{a_2} \quad (2.30)$$

$$a = \frac{a_3}{1 + 0,14(R_e)^{a_4}} \quad (2.31)$$



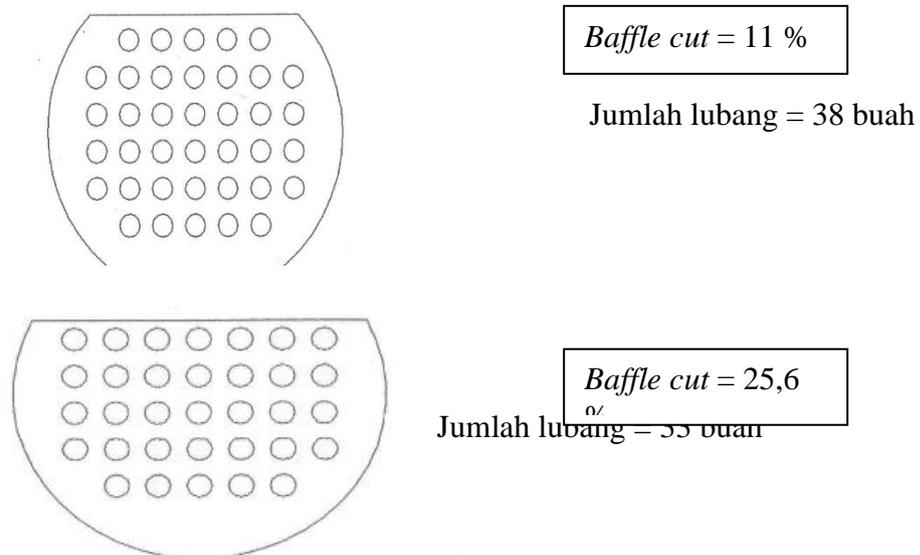
Gambar. 2.4 Susunan Tabung (Tinker, 1951)

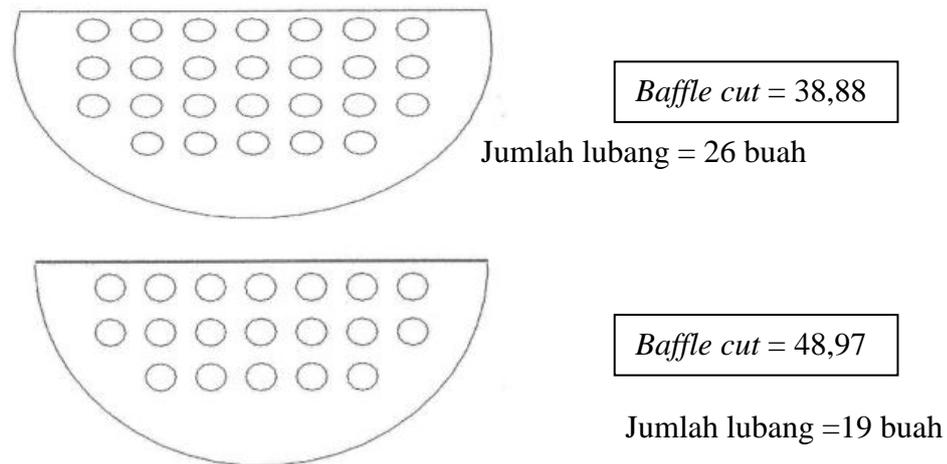
Gambar 2.4. Dimana pada penelitian ini menggunakan susunan tabung segi empat.



Gambar 2.5 Profil Aliran dan Konstruksi Luas Jendela *Baffle Cut* (Tinker, 1951)

Gambar 2.5. Dimana yang warna 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.





Gambar 2.6 jenis-jenis *baffle cut* yang di uji (Ibrahim, 2007)

Table 2.1 faktor konstan untuk perhitungan koefisien perpindahan kalor idel.

Layout angle	Reynold number	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	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 Θ yang diambil adalah 45°. Dan itu berlaku pada *baffle cut* susunan tabung segi empat dan sudut $\Theta = 45^\circ$.

Koefisien perpindahan kalor actual pada selongsong

$$h_o = h_{ideal} J_C J_L J_B J_S \quad (2.32)$$

Faktor koreksi untuk aliran jendela *baffle*

$$JC = 0.55 + 0.72 Fc \quad (2.33)$$

$$Fc = 1 - 2 Fw \quad (2.34)$$

$$Fw = \frac{\theta_{ctl}}{2\pi} - \frac{\sin\theta_{ctl}}{2\pi} \quad (2.35)$$

$$\theta_{ctl} = 2\cos^{-1} \left[\frac{Ds}{Dctl} \left(1 - 2 \frac{Bc}{100} \right) \right] \quad (2.36)$$

$$Dctl = Ds - Dotl \quad (2.37)$$

$$Dotl = Ds - 1bb \quad (2.38)$$

$$\theta_{ctl} = 2\cos^{-1} \left[\frac{0,132}{0,132 - (0,132 - 0,02)} \left(1 - 2 \frac{11}{100} \right) \right] \quad (2.39)$$

$$\theta_{ctl} = 0.80907 \text{ rad}$$

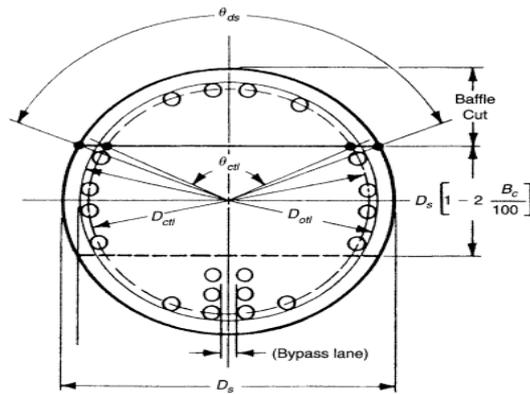
Faktor kebocoran aliran tabung *-baffle* dan *baffle-selongsong*

$$J_L = 0,44(1 - r_s) + [1 - 0.44(1 - r_s)]e^{-2,2r_{lm}} \quad (2.40)$$

Luas celah kebocoran antara selongsong dan *baffle*

$$\theta d_s = 2\cos^{-1}(1 - 2BC) \quad (2.41)$$

Gambar 2.7. menunjukkan geometri *baffle* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.7. Geometri *baffle* (Ibrahim, 2007)

Gambar 2.7. Menunjukkan pemotongan *baffle cut* dan sudut lubang pada *baffle cut* yang digunakan.

Luas kebocoran antara lubang tabung pada satu *baffle*

$$S_{tb} = \frac{\pi}{4} [(d + L_{tb})^2 - d^2] N_t (1 - Fw) \quad (2.42)$$

$$r_{tm} = \frac{S_{sb} + S_{tb}}{S_m} \quad (2.43)$$

$$r_s = \frac{S_{sb}}{S_{sb} + S_{tb}} \quad (2.44)$$

Faktor *Baypass Bundle*

$$J_B = \text{Exp}(-C_j Fsbp) \cdot (1 - (2r_{ss}))^{1/3} \quad (2.45)$$

Jika $Re_{0,\psi} \leq 100$, $C_j = 1,25$ $Re_{0,\psi} \leq 100$, $C_j = 1,35$

$$Fsbp = \frac{S_b}{s_m} \quad (2.46)$$

$$r_{ss} = \frac{N_{ss}}{N_c} \quad (2.47)$$

Jumlah baris tabung pada *baffle tip*

$$N_c = \frac{Ds(1-2Bc)}{P_T} \quad (2.48)$$

Karena APK tidak memakai *sealing strip* maka:

$$N_{ss} = 0$$

Faktor koreksi untuk jarak *baffle*

$$J_s = \frac{(nb-1) + \left(\frac{B}{B_{in}}\right)^{(2-n_1)} + \left(\frac{B_{out}}{B}\right)^{(1-n_1)}}{(nb-1) + \left(\frac{B}{B_{in}}\right) + \left(\frac{B_{out}}{B}\right)} \quad (2.49)$$

Dimana :

$N_1 = 0,6$ untuk $Re \geq 100$

$N_1 = 1/3$ untuk $Re \geq 100$

$J_s = 1$ untuk jarak *baffle* pada APK sama

Karena APK pada penelitian adalah APK satu selongsong dan satu aliran tabung maka efektivitas APK ini dianalogikan pada APK pipa ganda maka efektivitas APK dapat dihitung dari persamaan dari persamaan berikut:

Efektivitas APK aliran searah

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1+c)]}{1+c} \quad (2.50)$$

Efektivitas APK aliran berlawanan

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1-c)]}{1 - c \exp[-NTU(1-c)]} \quad (2.51)$$

Temperatur air panas keluar APK

$$Th_{out} = Th_{in} - \frac{Q_{nyata}}{C_h} \quad (2.52)$$

Temperatur udara keluar APK

$$Tc_{out} = Tc_{in} + \frac{Q_{nyata}}{C_c} \quad (2.53)$$

Perhitungan LMTD

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (2.54)$$

Aliran searah

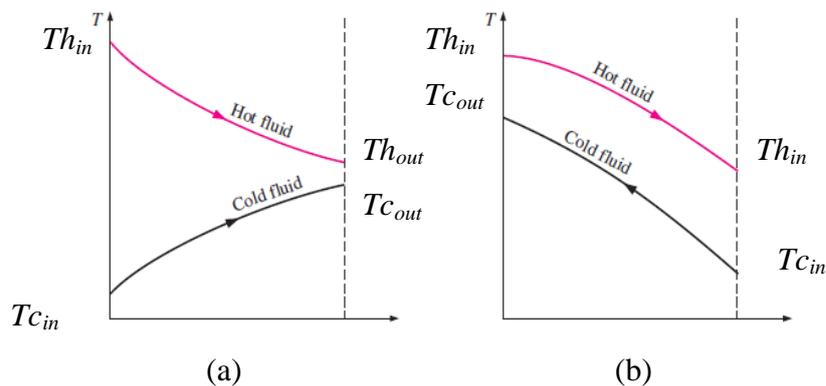
$$\Delta T_1 = Th_{in} - Tc_{in} \quad (2.55)$$

$$\Delta T_2 = Th_{out} - Tc_{out} \quad (2.56)$$

Aliran berlawanan

$$\Delta T_1 = Th_{in} - Tc_{out} \quad (2.57)$$

$$\Delta T_2 = Th_{out} - Tc_{in} \quad (2.58)$$



Gambar 2.7 Arah aliran fluida didalam APK selongsong dan tabung
(Tinker, 1951)

Gambar a, Dimana arah aliran air panas dan arah aliran udara satu arah, sehingga panas air panas yang diserap udara tidak terlalu banyak apabila dibandingkan dengan arah berlawanan.

Gambar b, Dimana arah aliran air panas dan arah aliran udara berlawanan, sehingga temperatur air panas keluar menurun dan temperatur udara keluar naik.

2.2.2. Koefisien Perpindahan Panas

Dalam perhitungan perpindahan panas konveksi atau perubahan wujud antara cair dan padat. Koefisien perpindahan panas banyak dimanfaatkan dalam ilmu termodinamika dan mekanik serta teknik kimia.

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

dimana

ΔQ = panas yang masuk atau panas yang keluar, W

h = koefisien perpindahan panas, W/(m²k)

A = luas permukaan perpindahan perpindahan panas, m²

ΔT = perbedaan temperatur antara permukaan padat dengan luas permukaan kontak dengan fluida, k (Ibrahim, 2007)

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Adapun tempat dilakukannya Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Waktu penelitian direncanakan mulai dari persetujuan yang d berikan oleh pembimbing, perencanaan alat, pengambilan data hingga pengolahan data, waktu penelitian ini dapat dilihat tabel 3.1 di bawah ini.

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. Alat dan Bahan

3.2.1. Bahan

Bahan-bahan penelitian yang akan dirakit terdiritas:

1. Bahan tabung tembaga diameter luar (12.7)
2. Bahan selongsong terbuat dari *stainless steel* diameter dalam (Ds) mm
3. Bahan plat 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 *header*
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. Termo 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

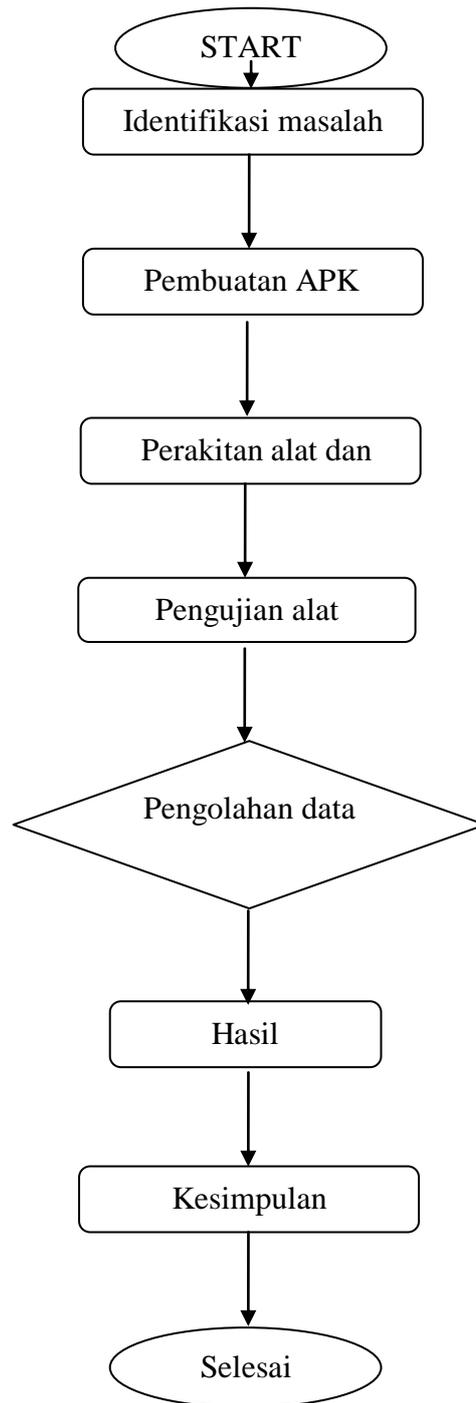


Gambar 3.3 termo resistance

1. Kawat termokopel
2. Katup *bypass*, untuk mengatur 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 d celup kedalam air pada tangki pemanas.

6. *Flow meter* 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. Thermometer air raksa standar skala 0-110 °C, sebagai pembanding dalam kalibrasi.
10. Alat ukur suhu
11. Multimeter , sebagai pengukur tahanan dalam kalibrasi alat ukur suhu.
12. *Chanel indicator* , temperature sebagai petunjuk skala suhu.
13. Termostat.
14. Katup, *elbow*, *water* mur dan sambungan pipa.

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4. diagram alir penelitian

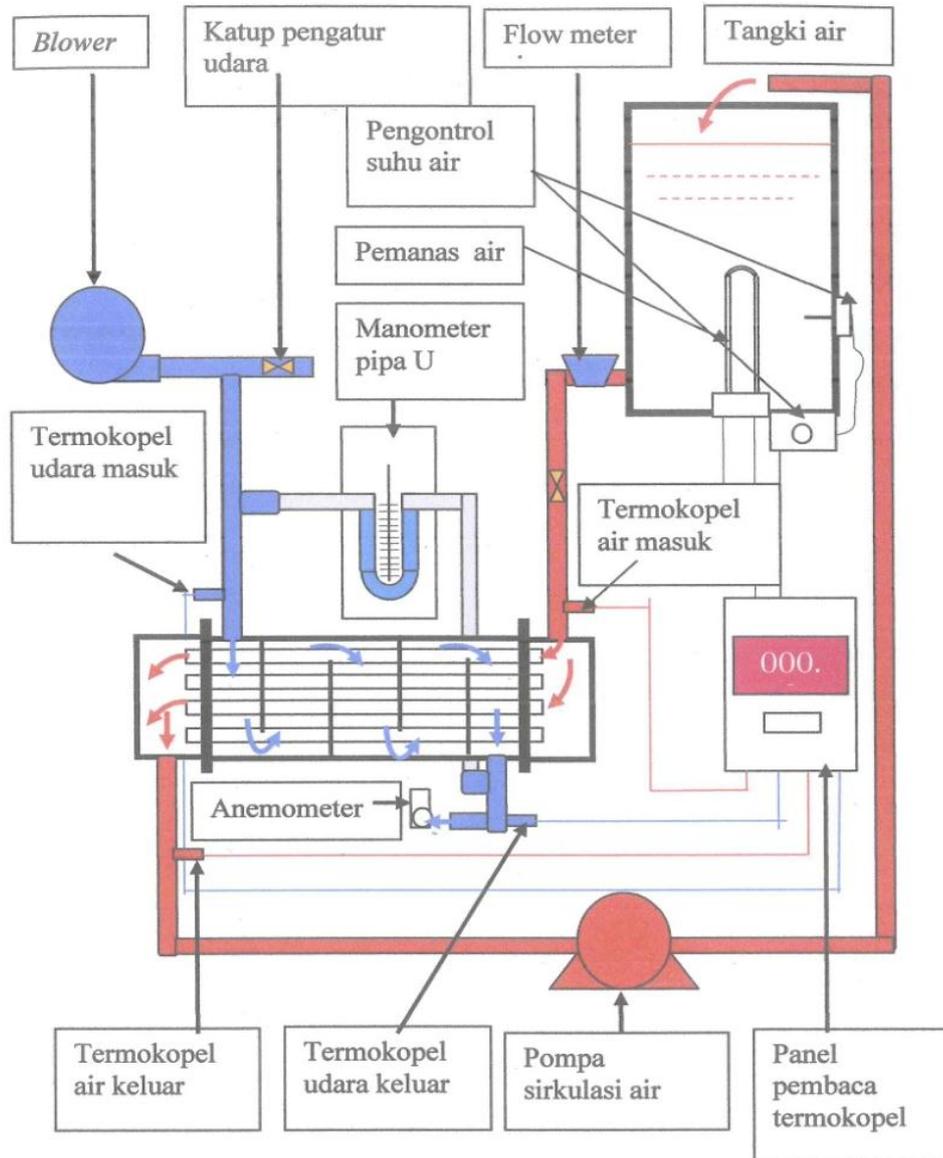
3.4. Rancangan alat penelitian

Dimensi utama (data konstruksi) APK *shell and tube* yang akan digunakan seperti pada Tabel 3.2.

Table 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	30 °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 Gambar 3.4



Gambar 3.5. skema *set-up* alat uji

3.5. Prosedur penelitian

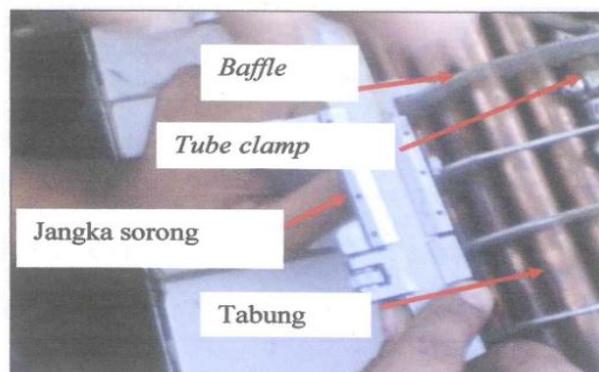
3.5.1. Kalibrasi Termokopel

Sebelum merangkai peralatan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat ukur dengan cara membandingkan alat ukur tersebut dengan alat ukur tersebut dengan alat termometer air raksa. Kalibrasi dengan cara merendam termometer 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 termometer 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 40 mm dengan menggunakan jangka sorong agar jarak tiap-tiap *baffle* sama panjang. Pengaturan jarak *baffle* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Setelah jarak antar *baffle* telah sama panjang maka tabung diketatkan dengan *tube clamp* agar *baffle* tidak bergeser sehingga menjadi *tube bundle* seperti pada Gambar 3.5

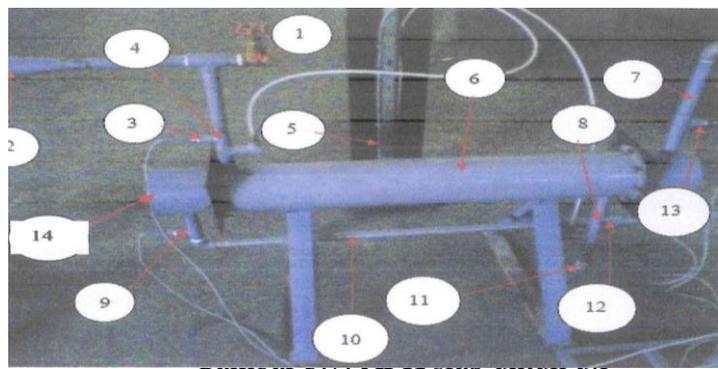


Gambar 3.6. pengaturan jarak *baffle*

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.

Pemasangan *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.



Keterangan gambar

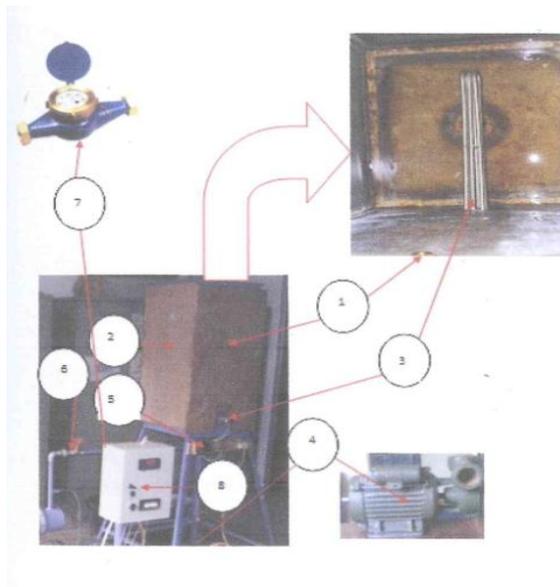
1. Katup pengatur aliran udara
2. Saluran dari blower udara masuk kedalam selongsong

3. Termokopel pengukur suhu 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
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 yang terlihat pada Gambar 3.6. 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 pengatur aliran.

3.5.3. Pengambilan 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 tempratur air bertahap sampai pada skala 80 °C. Adapun tangki pemanas air yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar



Keterangan gambar:

1. Sensor tempratur 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 termokopel

Gambar 3.8. rangkaian bak pemanas air

Setelah tempratur air dalam tangki air panas mencapai tempratur 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* (7) yang semuanya pada Gambar 3.7

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

Setiap kali pengamatan dilakukan, laju aliran dibuat konstan sebesar 0,206 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.

3.5. Variable penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian murni dengan variable sebagai berikut:

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

3.6. Analisa data

Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diberikan dalam tinjauan pustaka, data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung bilangan reynold, bilangan nusselt, koefisien perpindahan kalor konveksi menyeluruh, efektivitas, koefisien gesek. Untuk mengumpulkan data hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 3.3

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

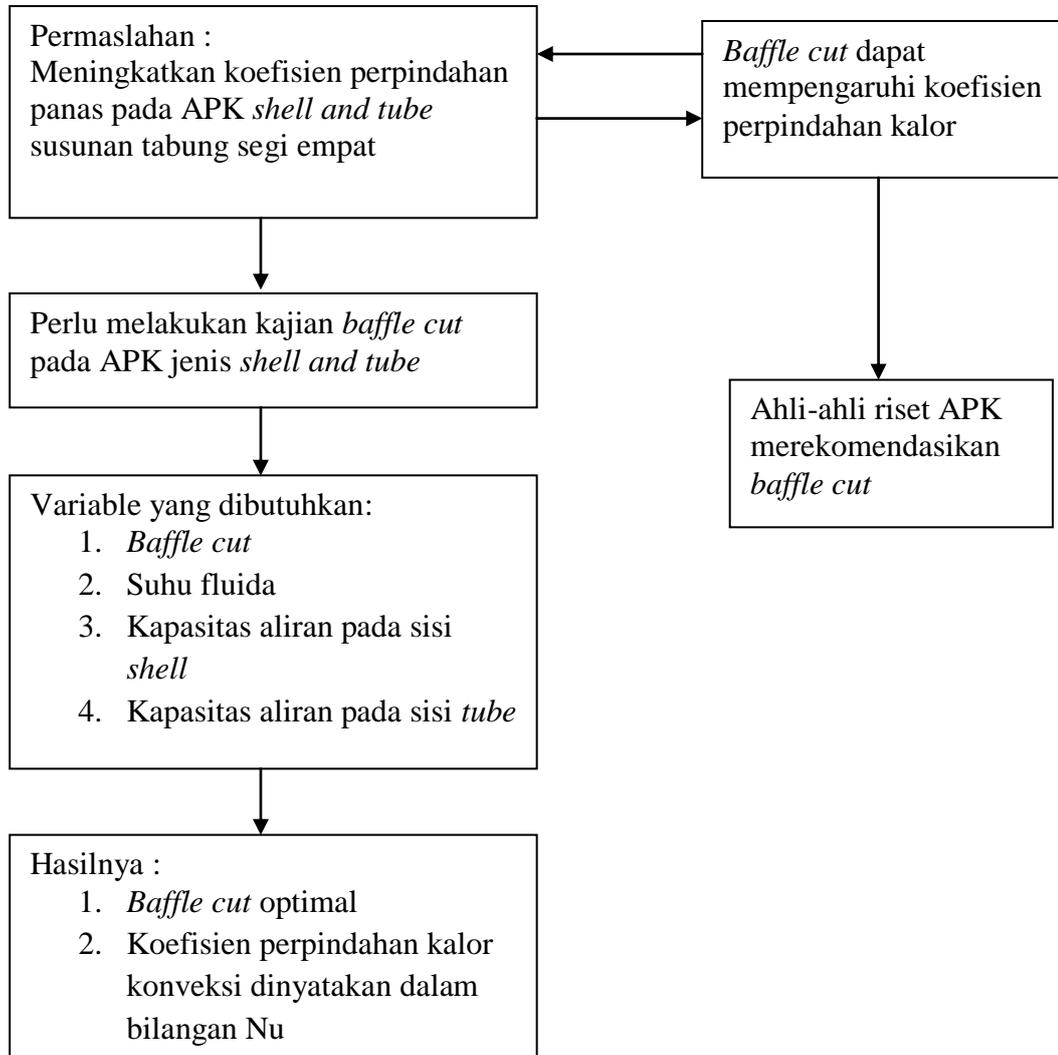
Bc (%)	Thi (°C)	Ma kg/s	Vu m/s	Tho (°C)	Tco (°C)	Tci (°C)	Jarak <i>baffle</i> mm
11	80 °C	0.206	2,6	76,6	61	31,5	40
25.6	80 °C	0.206	2,6	76,6	62,6	31,5	40
38.88	80 °C	0.206	2,6	76,6	61,7	31,5	40
48.97	80 °C	0.206	2,6	76,6	61	31,5	40

3.7. Kerangka Konsep Penelitian

Hasil yang diperoleh dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh variable-variabel itu sendiri. Kerangka konsep penelitian dapat dijelaskan seperti Gambar

3.8. kerangka konsep penelitian ini didasarkan pada identifikasi permasalahan

yaitu peningkatan koefisien perpindahan APK selongsong dan tabung susunan segitiga 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 tiga kali pengujian diperoleh data penelitian kemudian dibuat rata-rata data pengujian selanjutnya ditabelkan pada lampiran.

Hasil perhitungan data penelitian dibuatkan dalam grafik hubungan antara bilangan *Reynold* terhadap kalor yang diserap oleh udara di dalam selongsong, koefisien perpindahan panas pada selongsong, bilangan *Nuselt*, efektivitas apk, dan koefisien gesek *baffle cut* 11%, 25.6%, 38.88%, 48.97%.

Bilangan *Reynold* pada selongsong

Dari tabel udara diperoleh:

Visikositas kinematika udara	$U_u = 0,00001665 \text{ m}^2/\text{s}$
Bilangan prandalt udara	$pr_{udara} = 0,71$
Konduktifitas termal udara	$k_{udara} = 0,025763 \text{ (w/m k)}$
Densitas udara	$\rho_{udara} = 1,129895 \text{ kg/m}^3$
Panas jenis air	$cp_{udara} = 1,013 \text{ kj/kg } ^\circ\text{c}$

Kapasitas laju aliran udara

$$v = 10 \cdot D_s \cdot Lbc$$

$$\dot{V} = 10 \times 0,13225 \times 0,045$$

$$\dot{V} = 0,0529 \text{ m}^3/\text{s}$$

Laju massa aliran udara

$$m_u = \rho \cdot \dot{V}$$

$$m_u = 1,29895 \times 0,0529$$

$$m_u = 0,06871 \text{ kg/s}$$

Bilangan *Reynold* Selongsong

$$w_o = \frac{m_u}{D_s \times Lbc}$$

$$w_o = \frac{0,6871}{0,13225 \times 0,40}$$

$$w_o = 12,988 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

(Void fraction)

$$a = S_1 / d_o$$

$$b = S_2 / d_o$$

Dimana:

$$S_1 = Ltp$$

$$= 0,12925 \text{ m}$$

$$S_2 = Lbb$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$= 0,20 \cdot 0,12925$$

$$= 0,025844 \text{ m}$$

$$b = \frac{0,025844}{0,0127}$$

$$= 2,0349 > 1$$

$$\psi = 1 - \frac{\pi}{4x} \frac{0,12925}{0,0127}$$

Maka bilangan reynold pada selongsong adalah :

$$Re_{o,\psi} = \frac{12,988 \frac{\pi}{2} 0,0127}{\frac{0,00001665}{0,691}}$$

$$Re_{o,\psi} = 10,752$$

Untuk Re = 4000 dari Tabel 2.1 diperoleh

$$a_1 = 0,370$$

$$a_2 = -0,396$$

$$a_3 = 1,930$$

$$a_4 = 0,500$$

$$a = \frac{1,930}{1 + 0,14(4000)^{0,500}}$$

$$a = 0,0195$$

Koefisien perpindahan kalor ideal pada selongsong

$$G = \frac{M_u}{S_m}$$

$$G = \frac{0,6871}{0,0219}$$

$$G = 31,374 \text{ kg} / \text{m}^2 \text{ s}$$

$$h_{ideal} = \frac{jc\rho G}{pr^{2/3}}$$

$$h_{ideal} = \frac{1,25 \times 1012 \times 31,374}{0,71^{2/3}}$$

$$h_{ideal} = 55,89 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Faktor koreksi untuk aliran pada jendela *baffle*

$$Jc = 0.55 + 0.72Fc$$

$$Fc = 1 - 2Fw$$

$$Fw = \frac{\theta_{ctl}}{2\pi} - \frac{\sin \alpha_{ctl}}{2\pi}$$

$$\theta_{ctl} = 2\text{Cos}^{-1} \left[\frac{Ds}{Dctl} \left(1 - 2 \frac{Bc}{100} \right) \right]$$

$$Dctl = Ds - Dotl$$

$$Dotl = Ds - Ibb$$

$$\theta_{ctl} = 2\text{Cos}^{-1} \left[\frac{0,132}{0,132 - (0,132 - 0,02) \left(1 - 2 \frac{11}{100} \right)} \right]$$

$$\theta_{ctl} = 0.80907 \text{ rad}$$

$$Fw = \frac{0,80907}{2\pi} - \frac{\sin 0,80907}{2\pi}$$

$$Fw = 0,0136$$

$$Fc = 1 - 2x(0,0136)$$

$$Fc = 0,9728$$

$$Jc = 0.55 + 0.72x(0.9728)$$

$$Jc = 1,25$$

Faktor kebocoran aliran tabung *baffle* dan *baffle* selongsong

$$J_L = 0,44(1 - r_s) + [1 - 0,44(1 - r_s)] e^{-2,2r_m}$$

$$J_L = 0,44(1 - 0,688) + [1 - 0,44(1 - 0,688)] e^{-2,2 \times 0,771}$$

$$J_L = 0,295$$

Luas daerah aliran lintang pada selongsong

$$S_m = 0,40 \left[0,20 + \frac{0,90}{0,90} (0,12925 - 0,0127) \right]$$

$$S_m = 0,00219 \text{ m}^2$$

$$J = a_1 \left(\frac{a_3}{pt/do} \right)^a (\text{Re})^{a_2}$$

$$J = 0,321 \left(\frac{1,450}{0,01092 / 0,0127} \right)^{0,0322} (492,76)^{-0,388}$$

$$J = 0,00289 \text{ m}^2$$

Luas celah kebocoran antara selongsong dan *baffle*

$$\theta d_s = 2\text{Cos}^{-1}\left(1 - 2\frac{11}{100}\right)$$

$$\theta d_s = 1,3528\text{rad}$$

$$S_{s_b} = 3,14 \times 0,132 \times \frac{0,003}{2} \times \left(\frac{2\pi - 1,3528}{2\pi}\right)$$

$$S_{s_b} = 0,00048\text{m}^2$$

Luas *bypass* antara *bundle* dan selongsong

$$S_b = 0,045(0,132 - 0,112)$$

$$S_b = 0,0009\text{m}^2$$

Luas kebocoran antara lubang tabung pada satu *baffle*

$$S_{ib} = \frac{\pi}{4} [(d + L_{ib})^2 - d^2] N_t (1 - Fw)$$

$$S_{ib} = \frac{\pi}{4} [(0,0127 + 0,0003)^2 - 0,0127^2] \times 38 \times (1 - 0,136)$$

$$S_{ib} = 0,001210\text{m}^2$$

$$r_{lm} = \frac{S_{sb} + S_{ib}}{S_m}$$

$$r_{lm} = \frac{0,00048 + 0,001210}{0,002109}$$

$$r_{lm} = 0,771$$

$$r_s = \frac{S_{sb}}{S_{sb} + S_{ib}}$$

$$r_s = \left(\frac{0,00048}{0,00048 + 0,001210}\right)$$

$$r_s = 0,248$$

Faktor *Bypass Bundel*

$$J_B = \text{Exp}(-C_j F_{sbp}) \cdot (1 - (2r_{ss}))^{1/3}$$

Jika $Re_{0,\psi} \leq 100$, $C_j = 1,25$ $Re_{0,\psi} \geq 100$, $C_j = 1,35$

$$Fsbp = \frac{S_b}{sm}$$

$$Fsbp = \frac{0.0009}{0.00219}$$

$$Fsbp = 0.4109$$

$$Jb = \text{Exp}(1,35 \times 0,4109) \times (1 - (2 \times 0))^{1/3}$$

$$Jb = 0,513$$

Jumlah baris tabung pada *baffle tip*

$$Nc = \frac{Ds(1 - 2Bc)}{P_T}$$

$$Nc = \frac{0,132(1 - 2(11/100))}{0,01092}$$

$$Nc = 9 \text{ baris}$$

Karena APK tidak memakai *sealing strip* maka:

$$N_{ss} = 0$$

Faktor koreksi untuk jarak baffle

$$J_s = \frac{(nb - 1) + \left(\frac{B}{B_{in}}\right)^{(2-n_1)} + \left(\frac{B_{out}}{B}\right)^{(1-n_1)}}{(nb - 1) + \left(\frac{B}{B_{in}}\right) + \left(\frac{B_{out}}{B}\right)}$$

Dimana :

$$N_1 = 0,6 \text{ untuk } Re \geq 100$$

$$N_1 = 1/3 \text{ untuk } Re < 100$$

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

Koefisien perpindahan panas menyeluruh

Dimisalkan temperatur dinding rata-rata 80°C maka konduktifitas tabung = 394,115 W/m °C.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{219} + \frac{0,0109 \ln\left(\frac{0,0127}{0,0109}\right)}{394,115} + \frac{0,0109}{178 \times 0,0127}}$$

$$U = 180,36 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

NTU (*Number of transfer unit*)

$$C_h = 0,01 \times 4195$$

$$C_h = 41,95$$

$$C_c = 0,0663 \times 1013$$

$$C_c = 53,26$$

Jika $C_h < C_c$ maka:

$$C_{\min} = 41,95$$

$$C_{\max} = 53,26$$

$$C = \frac{41,95}{53,26}$$

$$C = 0,787$$

$$NTU = \frac{U A_{apk}}{C_{\min}}$$

$$NTU = \frac{180,36 \times 1,1804}{41,95}$$

$$NTU = 5,07$$

Karena APK pada penelitian ini aliran berlawanan maka efektifitas APK adalah:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-2,715(1 - 0,832)]}{1 - 0,832 \exp[-2,715(1 - 0,832)]}$$

$$\varepsilon = 0,905$$

Kalor maksimum yang diserap APK

$$Q_{maks} = 41,95 \times (80 - 30)$$

$$Q_{maks} = 1898,45 \text{ W}$$

Kalor nyata yang diserap APK

$$Q_{nyata} = 1000 \times 0,854$$

$$Q_{nyata} = 854 \text{ W}$$

Temperatur air panas keluar APK

$$Th_{out} = Th_{in} - \frac{Q_{nyata}}{C_h}$$

$$Th_{out} = 80 - \frac{854}{41,95}$$

$$Th_{out} = 59,64 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Temperatur udara keluar APK

$$Tc_{out} = Tc_{in} + \frac{Q_{nyata}}{C_c}$$

$$Tc_{out} = 30 + \frac{854}{53,26}$$

$$Tc_{out} = 46,03 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Log Mean Temperatur Defference (LMTD)

$$\Delta T_{in} = \frac{\Delta T - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2}\right)}$$

Aliran searah

$$\Delta T_1 = Th_{in} - Tc_{in}$$

$$\Delta T_2 = Th_{out} - Tc_{out}$$

Aliran berlawanan

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= Th_{in} - Tc_{in} \\ \Delta T_2 &= Th_{out} - Tc_{out} \\ \Delta T_1 &= 80 - 30 \\ \Delta T_2 &= 59,64 - 46,03 \\ \Delta T_{lm} &= \frac{(80 - 30) - (59,64 - 46,03)}{\ln\left(\frac{(80 - 30)}{(59,64 - 46,03)}\right)} \\ \Delta T_{lm} &= 28,02 \text{ } ^\circ C \end{aligned}$$

Koefisien perpindahan panas menyeluruh yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} U_{req} &= \frac{Th_i + Th_o}{2} \\ Th_{rata} &= \frac{80 + 30}{2} \\ Th_{rata} &= 55 \text{ } ^\circ C \\ Tc_{rata} &= \frac{Tco + Tci}{2} \\ Tc_{rata} &= \frac{59,64 + 46,03}{2} \\ Tc_{rata} &= 52,85 \text{ } ^\circ C \\ U_{req} &= 92,64 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ C \\ U &= 180,305 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ C \end{aligned}$$

Karena Th_{rata} akhir tidak sama dengan Th_{rata} awaldan juga Tc_{rata} akhir tidak sama dengan Tc_{rata} awal maka dilakukan perhitungan ulang atau dilakukan iterasi dengan bantuan softwer yang dikembangkan hingga diperoleh.

$$\begin{aligned} Th_o &= 30 \text{ } ^\circ C \\ Tco &= 46,03 \text{ } ^\circ C \\ hi &= 219,16 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C \\ ho &= 187,51 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C \\ U &= 180,305 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C \\ Q_{apk} &= 854 \text{ W} \\ \text{Efektifitas APK} &= 0,905 \\ LMTD &= 28,02 \text{ } ^\circ C \\ U_{req} &= 92,64 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{rata} &= 55 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{rata} &= 52,85 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Suhu permukaan dinding dalam tabung dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_{ii} &= \left(\frac{T_{hi} + T_{hi_{out}}}{2} \right) - \left(\frac{Q_{apk}}{h_i N_i \pi d_{in} L_t} \right) \\ T_{ii} &= \left(\frac{80 + 76,6}{2} \right) - \left(\frac{854}{219,16 \times 38 \pi 0,0109 \times 0,80} \right) \\ T_{ii} &= 75,1 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Suhu permukaan dinding luar tabung dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T_{to} = T_{ii} - Q_{apk} \frac{\ln(d_o / d_{in})}{2\pi k_t L_t}$$

Konduktifitas tabung analisa pada tempratur air rata-rata

$$\begin{aligned} T_{rata} &= \left(\frac{T_{hi} + T_{hout}}{2} \right) \\ T_{rata} &= \left(\frac{80 + 30}{2} \right) \end{aligned}$$

$$T_{rata} = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maka dari lampiran 6 di peroleh k tabung = 395,04 W/m °C

$$\begin{aligned} T_{to} &= 77,69359,4 - 726,3 \frac{\ln(0,0127 / 0,0109)}{2\pi 395,04 \times 0,8} \\ T_{to} &= 59,538 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Visikositas kinematic udara pada tempratur dinding

$$T_{to} = 59,538,644$$

$$V = 0,00002125 \text{ m/s}^2$$

Visikositas kinematika udara pada tempratur udara

$$T_{rata} = \frac{79,7717 + 30}{2} = 54,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari lampiran 4 diperoleh visikositas kinematis udara adalah

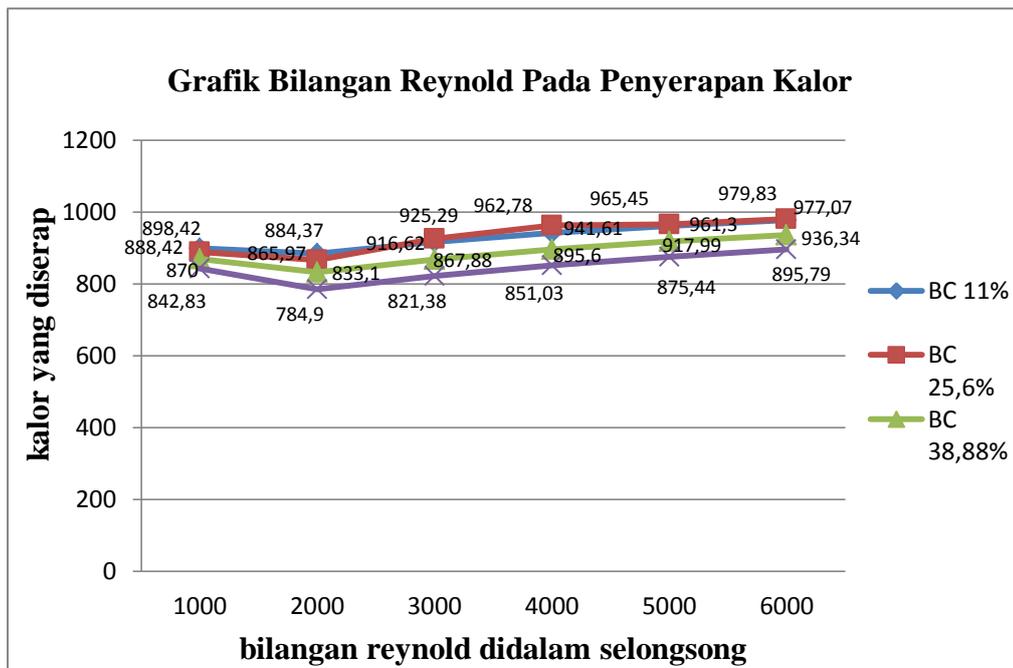
$$\begin{aligned}
v &= 0.00001665 \text{ m} / \text{s}^2 \\
\phi &= \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \\
&= \left(\frac{0.00001665}{0.0002125} \right)^{0,14} \\
\phi &= 0.078352
\end{aligned}$$

4.1. Penyerapan kalor pada APK

Gabungan dari konduksi dan aliran massa menyebabkan terjadinya perpindahan panas antara batas benda pada fluida. Dalam aliran turbulen mekanisme konduksi diubah serta dibantu oleh banyaknya aliran pusaran-pusaran yang membawa gumpalan-gumpalan fluida melintas garis-garis aliran. Partikel-partikel ini berperan sebagai pembawa energi dan memindahkan energi dengan cara pencampuran dengan partikel-partikel lain fluida tersebut.

Gambar 4.1 menunjukkan pengaruh dari pemotongan *baffle*, pada bilangan Reynold yang sama dan jarak pemasangan *baffle* yang sam tetapi pada pemotongan *baffle* yang berbeda akan memberikan dampak penyerapan kalor oleh udara berbeda pula.

Hal ini disebabkan karena terjadinya pola aliran udara pada *bundle* yang disebabkan pemotongan *baffle*.



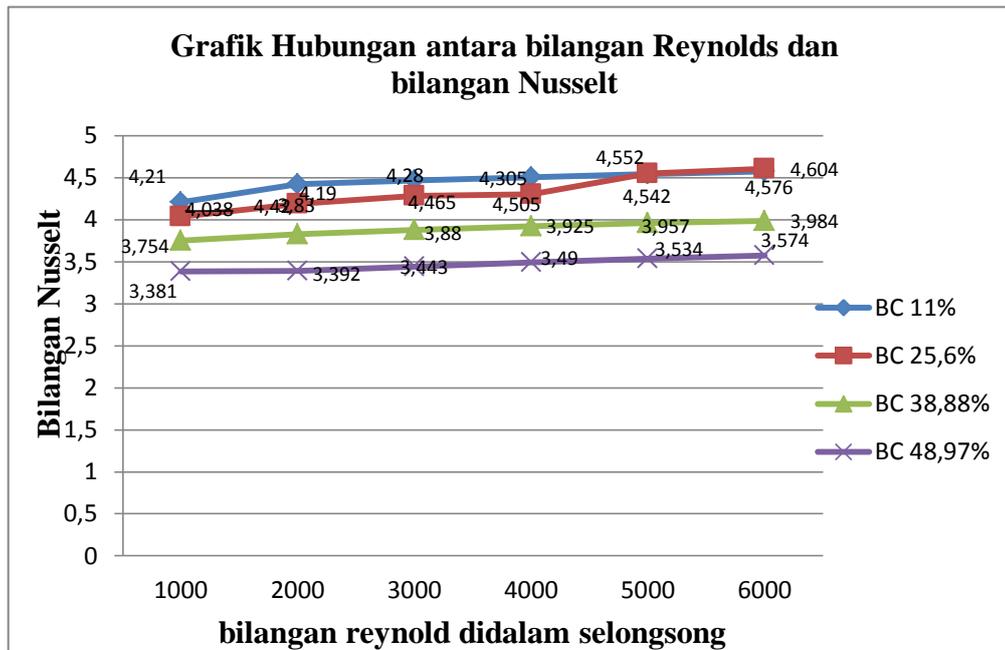
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara bilangan reynold dan penyerapan kalor didalam selongsong

Pada Gambar 4.1 tersebut terlihat penyerapan kalor yang optimum terjadi pada *baffle cut* 25,6% yaitu sebesar 979,83. hal ini menyatakan pemotongan yang ideal untuk pemotongan *baffle* diambil 25%. apabila pemotongan *baffle* diambil kurang dari 20% atau lebih dari 35%. Akan terjadinya kesalahan aliran yang akan menghasilkan penurunan penyerapan kalor.

4.2. Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Selongsong

Konduktifitas termal fluida dan laju aliran massa memegang peranan penting dalam perpindahan energi konveksi. Bilangan Nusselt merupakan gabungan antara konveksi, diameter tabung dan konduktivitas termal fluida.

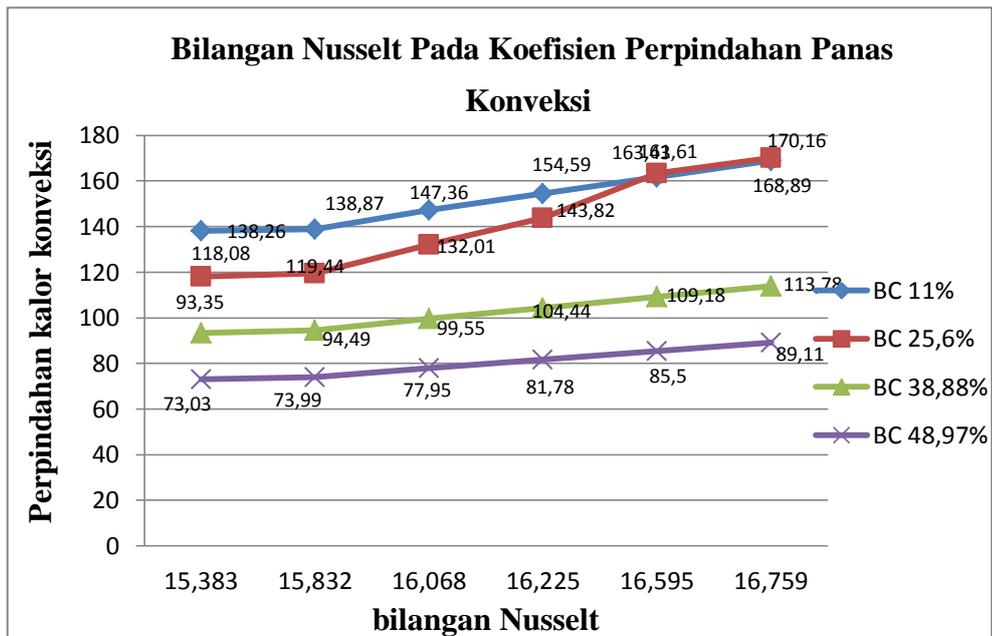
Dengan meningkatnya turbulensi didalam selongsong maka akan meningkatkan bilangan Nusselt. Hal ini yang menyatakan kenaikan rasio bilangan Nusselt seiring dengan ketinggian *baffle*. Pada Gambar 4.2 terlihat dengan meningkatnya pemotongan *baffle* akan menurunkan bilangan Nusslet didalam selongsong. Terlihat pada bilangan Reynold yang sama tetapi pada *baffle cut* yang besar akan menghasilkan bilangan Nusselt yang cenderung menurun.



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara bilangan Reynold dan bilangan Nusselt didalam selongsong

Pada Gambar 4.2. terlihat pemotongan *baffle* yang memberikan bilangan Nusselt optimum terjadi pada *baffle cut* 25% sebesar 4,604. hal ini se menyatakan pemotongan yang ideal untuk pemotongan *baffle* diambil 25%. apabila pemotongan *baffle* diambil kurang dari 20% dan lebih dari 35% dari diameter selongsong maka akan menurunkan penyerapan kalor.

Sedangkan Gambar 4.3 menunjukkan Grafik hubungan antara bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan kalor konveksi didalam selongsong. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan yang menyatakan bahwasanya perbandingan bilangan Nusselt dan meningkatkan ketinggian *baffle*.

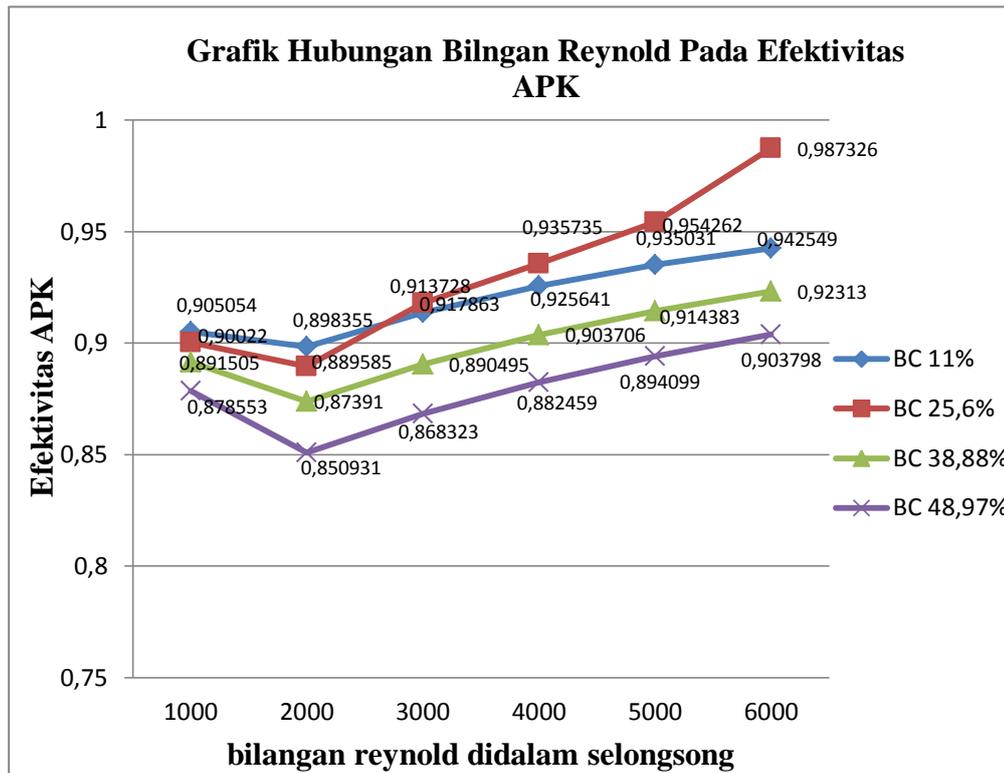


Gambar 4.3. Grafik hubungan antara bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan panas konveksi didalam selongsong

Koefisien perpindahan kalor konveksi berbanding lurus dengan bilangan Nusselt. Hal ini terlihat dari Gambar 4.3 dengan meningkatnya bilangan Nusselt maka koefisien perpindahan kalor konveksi juga akan meningkat. Koefisien perpindahan kalor konveksi maksimum sebesar $170,16 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ terjadi pada *baffle cut* 25%.

4.3. Efektifitas APK Selongsong dan Tabung

Perbandingan antara jumlah kalor yang diserap terhadap jumlah kalor maksimum merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan APK selongsong dan tabung, peningkatan efektifitas APK selongsong dan tabung meningkat dengan peningkatan bilangan Reynold. Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya turbulensi maka akan meningkatkan koefisien perpindahan panas dan akhirnya akan meningkatkan penyerapan kalor yang terjadi.



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara bilangan Reynold dan efektivitas APK selongsong dan tabung susunan segi empat

Pada Gambar 4.4. terlihat dengan meningkatnya pemotongan *baffle* akan menurunkan efektivitas APK, dan terlihat pada bilangan reynold yang sama tetapi pada *baffle cut* yang berbeda akan menghasilkan efektivitas yang berbeda pula. Efektivitas maksimum APK pada penelitian ini sebesar 0,987 terjadi pada *baffle cut* 25%.

4.4. Formulasi bilangan Nusselt

Seperti telah dijelaskan diatas bahwasanya bilangan Nusselt memiliki hubungan terhadap perpindahan panas. Untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi dalam hubungan antara bilangan Nusselt dari APK selongsong dan tabung yang di pengaruhi oleh bilangan Reynold dan *baffle cut* dapat di peroleh dari persamaan:

$$Nu = a(Re)^b (Bc / 100)^c \quad (4.1)$$

Pada penelitian ini hanya udara saja yang digunakan, maka perubahan bilangan prandalt akibat perubahan temperatur sangat kecil dan dapat diabaikan, persamaan di buat menjadi persamaan linier sebagai berikut

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad (4.2)$$

Dalam bentuk logaritma maka diperoleh persamaan baru yaitu:

$$\text{Log } Nu = \text{Log } a_0 + a_1 \text{ Log } Re + a_2 \text{ Log}(Bc/100) \quad (4.3)$$

Diperoleh harga

$$a = 10^{a_0} = 10^{-3,0817}$$

$$a = 0,000829$$

$$b = a_1 = 1,190241$$

$$c = a_2 = -0,09617$$

$$\begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -3,0817 \\ 1,1902 \\ -0,09617 \end{Bmatrix}$$

Maka persamaan bilangan Nusselt adalah sebagai berikut:

$$Nu = 0.000829(Re)^{1,190241}(Bc/100)^{-0,09617} \quad (4.4)$$

(Untuk $2100 < Re < 4000$ dan Bc 11% sampai dengan 48,97%)

Untuk melihat derajat hubungan antara variable bebas (bilangan Reynold dan *baffle cut*) dan terikat (bilangan Nusselt) terdapat hubungan regresi linier, maka ditentukan koefisien determinasi (r^2) untuk melihat titik diagram pencar yang letaknya dekat dengan kepada garis regresi, maka harganya makin dekat dengan satu.

Koefisien determinasi diperoleh dari persamaan:

$$r^2 = \frac{S_T - S_r}{S_t} \quad (4.5)$$

Diperoleh:

$$S_i = 0,4787$$

$$S_r = 0,1439$$

$$r^2 = \frac{0,4787 - 0,1439}{0,4787}$$

$$r^2 = 0,70$$

Hal ini berarti naik turunnya bilangan Nusselt 70% dapat dijelaskan oleh bilangan Reynold dan *baffle cut* melalui persam

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. KESIMPULAN

1. Koefisien perpindahan kalor konveksi berbanding lurus dengan bilangan Nusselt. dengan meningkatnya bilangan Nusselt maka koefisien perpindahan kalor konveksi juga akan meningkat. Koefisien perpindahan kalor konveksi maksimum sebesar $170,167 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ terjadi pada *baffle cut* 25%.
2. Bahwa harga yang optimal ada pada *baffle cut* 25,6% dengan kecepatan udara 2,6 m/s belum terjadi turbulensi.
3. Kalau pada *baffle cut* 11% terjadi pressure drop, sehingga terjadi turbulensi dan itu tidak diharapkan.,
4. Kalau pada *baffle cut* 38,88% *baffle cut* 48,97% pressure drop terlalu rendah sehingga tidak optimal.

5.2. SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto.Henry. 2000.,Pengaruh laju aliran massa dan jarak antara *baffle* terhadap Efektivitas Heat Exchanger model *Shell and Tube*.
- Lubis F. (2015).Pengaruh *baffle cut* terhadap unjuk kerja termal dan penurunan tekanan *shell and tube* susunan tabung segi empat. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 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)
- 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 ;
- Mica Vukic, Gradimir Ilic, Nenad Radojkovic, Velimir Stefanovic, *A new approach to the prediction and design of shell and tube heat exchanger*, Series: Mechanical Engineering Vol. 1, No. 7, 2000, pp 77-787
- Rajiv Mukherjee, *Effectivity Design Shell an Tube Heat Exchanger*, Chemical Engineering Process, (1998), pp. 21-37
- 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. 393-3
- 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*
- Yunus A. Cengel, *Heat Transfer A Practical Approach, Second Edition*, International Edition, Mc Graw-Hill, Book Company, Inc, Singapore (2003), pp. 690-694

LAMPIRAN 1. Data Hasil Pengujian

Tabel 1. Hasil Penelitian Untuk *Baffle CutI* 11%

Laju aliran udara m/s	Temperatur air panas masuk (°C)	Temperatur air panas keluar (°C)	Temperatur udara masuk (°C)	Temperatur udara keluar (°C)	Penurunan tekanan mm H ₂ O
2,6	80	76,6	31,5	61	18,2
3,1	80	76,6	31,5	61,1	27,1
3,6	80	76,7	31,5	61,2	35,5
4,1	80	76,7	31,5	62,1	47,1
4,6	80	76,8	31,5	62,1	58,4
5,1	80	76,8	31,5	62,2	64,2

Tabel 2. Hasil Penelitian Untuk *Baffle CutI* 25,6%

Laju aliran udara m/s	Temperatur air panas masuk (°C)	Temperatur air panas keluar (°C)	Temperatur udara masuk (°C)	Temperatur udara keluar (°C)	Penurunan tekanan mm H ₂ O
2,6	80,4	76,4	31,5	62,6	18,3
3,1	80,4	76,5	31,5	63	27,1
3,6	80,4	76,5	31,4	61,4	28
4,1	80,4	76,5	31,5	63,7	35,6
4,6	80,4	76,4	31,5	64,1	46,3
5,1	80,4	76,5	31,6	64,5	52,2

Tabel 3. Hasil Penelitian Untuk *Baffle CutI* 38,88%

Laju aliran udara m/s	Temperatur air panas masuk (°C)	Temperatur air panas keluar (°C)	Temperatur udara masuk (°C)	Temperatur udara keluar (°C)	Penurunan tekanan mm H ₂ O
2,6	80	76,5	31,5	61,7	15,4
3,1	80	76,5	31,5	62,1	21,6
3,6	80	76,5	31,5	62,3	26
4,1	80	76,5	31,5	62,7	34,7
4,6	80	76,5	31,5	63,1	42,6
5,1	80	76,5	31,5	63,5	51,6

Tabel p4. Hasil Penelitian Untuk *Baffle CutI* 48,97%

Laju aliran udara m/s	Temperatur air panas masuk (°C)	Temperatur air panas keluar (°C)	Temperatur udara masuk (°C)	Temperatur udara keluar (°C)	Penurunan tekanan mm H ₂ O
2,6	80	76,5	31,5	61	12,6
3,1	80	76,5	31,5	61,4	16
3,6	80	76,3	31,5	61,7	22,6
4,1	80	76,5	31,5	62,1	31,3
4,6	80	76,5	31,5	62,5	39,2
5,1	80	76,5	31,5	63	43,2

LAMPIRAN 2 : HASIL PERHITUNGAN
KONSTRUKSI

Bc	Ds	dnol	No. BWG	din	Dotl	Dctl	thetatb	thetactl	Swg	FW	Sib	Ntw	swt	Sw	
%	m	m		n	m	m	rad	rad	m ²		m ²	Pcs	swt	m ²	
11	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
11	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
11	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
11	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
11	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
11	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	1,35	0,81	0	0,01	0	0	0	0
25	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
25	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
25	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
25	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
25	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
25	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,09	1,88	0	0,15	0	5	0	0
38	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,04	0	12	0	0
38	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,04	0	12	0	0
38	15	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,04	0	12	0	0
38	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,05	0	12	0	0
38	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,05	0	12	0	0
38	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	2,66	2,57	0	0,05	0	12	0	0
48	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,06	0	17	0	0
48	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,06	0	17	0	0

48	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,07	0	17	0	0
48	12	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,07	0	17	0	0
48	14	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,07	0	17	0	0
48	10	0,132	0,0127	20	0,0109	0,11	0,09	3,06	3,05	0	0,08	0	17	0	0

Ntc	Ntcw	Nt	Lt	Nb	Lbc	Lbb	Lpeff	am	Ltb	Srb	SW	Arab Aliran
Pes	Pes	Pes	m	Pes	m	m	m	m ²	m	m ²	m ²	
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
6	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
4	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	0	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	1	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	1	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
2	1	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan
0	2	38	0,8	18	0,04	0,02	0,03	0	0	0	0	Berlawanan

LAMPIRAN 3 HASIL PERHITUNGAN HEAT TRANSFER

Bc %	Vu m/s	Ntu	Ntu1	Ntu2	efektifitas	efektifitas 1	efektifitas 2	a1	a2	a3	a4
11	10	4.21034	2.68616	2.85335	0.905054	0.773181	0.819829	0	0	0	0
11	11	4.42086	2.70556	2.87331	0.898355	0.79475	0.83723	0	0	0	0
11	12	4.46531	2.78527	2.95569	0.913728	0.816935	0.855624	0	0	0	0
11	13	4.50574	2.86035	2.97987	0.925641	0.835699	0.870794	0	0	0	0
11	14	4.54277	2.93013	2.10028	0.935031	0.851613	0.883616	0	0	0	0
11	15	4.57689	2.99347	2.16725	0.942540	0.865091	0.894542	0	0	0	0
25	10	4.03856	2.44534	2.60723	0.90022	0.751106	0.799357	0	0	0	0
25	11	4.1909	2.46376	2.62486	0.89596	0.773222	0.816534	0	0	0	0
25	12	4.28042	2.6149	2.78245	0.917863	0.815159	0.852117	0	0	0	0
25	13	4.30575	2.7474	2.91553	0.935735	0.846066	0.877453	0	0	0	0
25	14	4.55274	2.78532	2.98462	0.954262	0.872452	0.895433	0	0	0	0
25	15	4.60426	2.80215	2.10123	0.987326	0.895632	0.915435	0	0	0	0
38	10	3.75415	2.10403	2.25223	0.891505	0.716847	0.764026	0	0	0	0
38	11	3.83072	2.1211	2.27296	0.87391	0.73687	0.781373	0	0	0	0
38	12	3.88027	2.19538	2.34879	0.903495	0.759668	0.803555	0	0	0	0
38	13	3.92558	2.26378	2.42012	0.903706	0.778897	0.818923	0	0	0	0
38	14	3.95728	2.32875	2.48935	0.914383	0.797344	0.834146	0	0	0	0
38	15	3.98427	2.3899	2.55219	0.92313	0.812637	0.847158	0	0	0	0
48	10	3.38181	1.73766	1.9091	0.878553	0.669725	0.716553	0	0	0	0
48	11	3.39279	1.75491	1.92948	0.850911	0.688451	0.733369	0	0	0	0
48	12	3.44395	1.82133	1.99969	0.868323	0.711496	0.754388	0	0	0	0
48	13	3.49093	1.88422	2.06909	0.882459	0.731917	0.772832	0	0	0	0

The image shows an open book with a table on the right page. The table contains numerical data for two rows, labeled 48 and 49. The text on the left page is mostly illegible due to blurring.

48	24	8.53434	1.8438	2.12801	0.894099	0.749098	0.788679	0	0	0	0
49	25	8.57406	1.99919	2.18712	0.903798	0.765783	0.803068	0	0	0	0

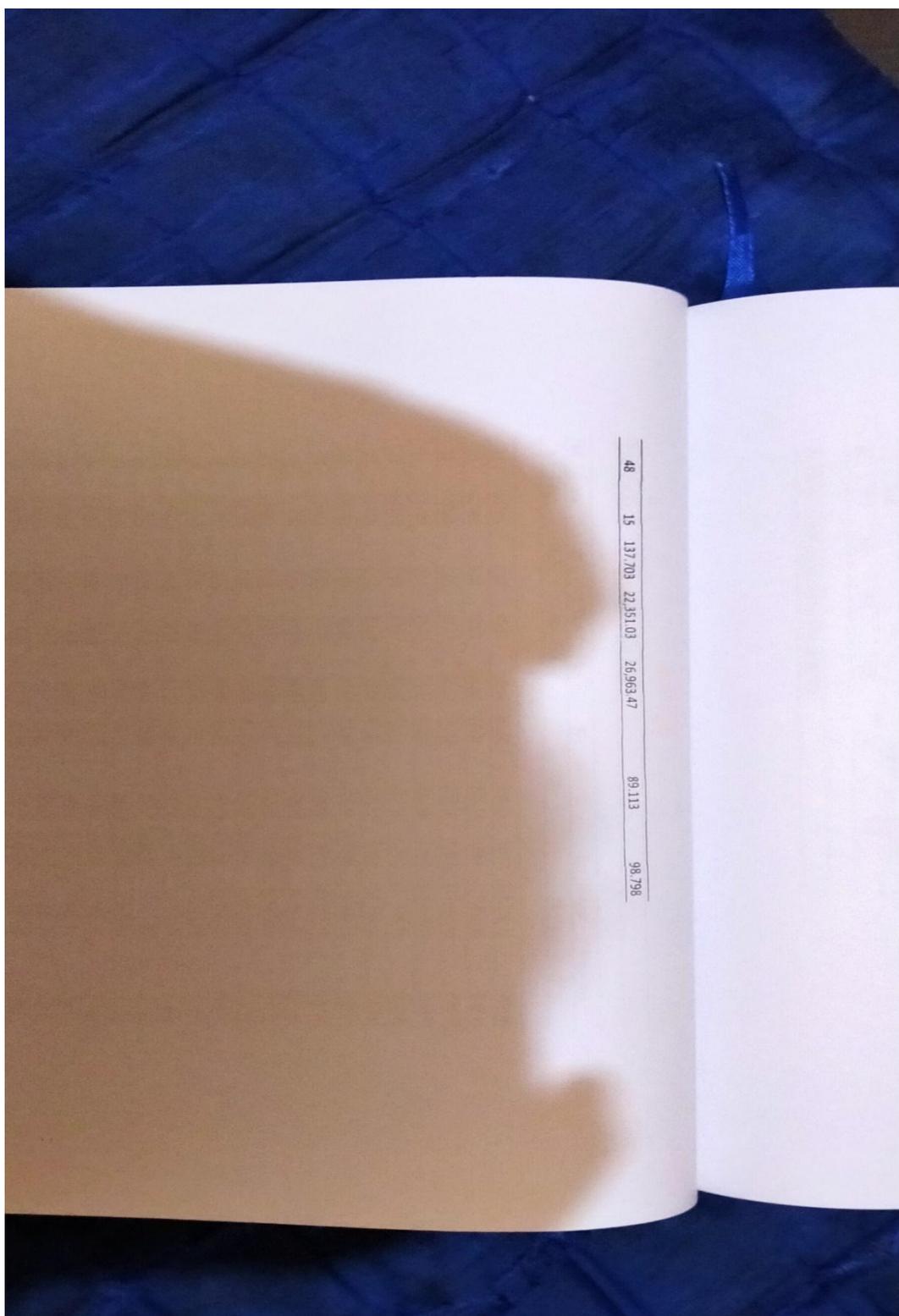
Cmin1	Cmin2	Cmax	Cmax1	Cmax2	c	c11	c12
41.81	41.83	53.269	50.426	60.197	0.78754	0.82914	0.69488
41.81	41.83	58.596	55.817	66.644	0.71595	0.74913	0.62758
41.81	41.83	63.923	61.082	72.930	0.65628	0.68448	0.57349
41.81	41.82	69.249	66.378	79.254	0.6058	0.62987	0.52767
41.81	41.82	74.576	71.706	85.615	0.56253	0.58307	0.48846
41.81	41.82	79.903	77.066	92.029	0.52503	0.54245	0.45437
41.81	41.83	53.269	50.426	60.197	0.78754	0.82914	0.69488
41.81	41.83	58.596	55.817	66.644	0.71595	0.74913	0.62758
41.81	41.83	63.923	61.082	72.930	0.65628	0.68448	0.57349
41.81	41.82	69.249	66.378	79.254	0.6058	0.62987	0.52767
41.81	41.82	74.576	71.706	85.615	0.56253	0.58307	0.48846
41.81	41.82	79.903	77.066	92.029	0.52503	0.54245	0.45437
41.81	41.83	53.269	50.426	60.197	0.78754	0.82914	0.69488
41.81	41.83	58.596	55.817	66.644	0.71595	0.74913	0.62758
41.81	41.83	63.923	61.082	72.930	0.65628	0.68448	0.57349
41.81	41.82	69.249	66.378	79.254	0.6058	0.62987	0.52767
41.81	41.82	74.576	71.706	85.615	0.56253	0.58307	0.48846
41.81	41.82	79.903	77.066	92.029	0.52503	0.54245	0.45437
41.81	41.83	53.269	50.426	60.197	0.78754	0.82914	0.69488
41.81	41.83	58.596	55.817	66.644	0.71595	0.74913	0.62758
41.81	41.83	63.923	61.082	72.930	0.65628	0.68448	0.57349
41.81	41.82	69.249	66.378	79.254	0.6058	0.62987	0.52767
41.81	41.82	74.576	71.706	85.615	0.56253	0.58307	0.48846
41.81	41.82	79.903	77.066	92.029	0.52503	0.54245	0.45437

U	Ureq	U1	Ureq1	U2	Ureq2	U3	Cmin
W/m2oc							
180.305	180.305	92.641	92.641	98.454	98.454	98.454	41.952
152.984	152.984	93.321	93.321	99.131	99.131	99.131	41.952
154.522	154.522	96.059	96.059	101.973	101.973	101.973	41.952
155.922	155.922	98.648	98.648	104.520	104.520	104.520	41.952
157.203	157.203	101.055	101.055	106.949	106.949	106.949	41.952
158.384	158.384	103.227	103.227	109.246	109.246	109.246	41.952
174.360	174.360	84.335	84.335	89.962	89.962	89.963	41.952
145.027	145.027	84.981	84.981	90.570	90.570	90.571	41.952
148.124	148.124	90.183	90.183	93.996	93.996	93.997	41.952
150.731	150.731	94.753	94.753	96.542	96.542	96.543	41.952
173.761	173.761	97.432	97.432	98.181	98.181	98.182	41.952
175.532	175.532	99.521	99.521	99.753	99.753	99.754	41.952
163.551	163.551	71.524	71.524	76.634	76.634	76.635	41.952
131.382	131.382	72.113	72.113	77.349	77.349	77.350	41.952
133.103	133.103	74.657	74.657	79.941	79.941	79.942	41.952
134.677	134.677	76.992	76.992	82.396	82.396	82.397	41.952
136.127	136.127	79.220	79.220	84.756	84.756	84.757	41.952
137.469	137.469	81.317	81.317	86.914	86.914	86.915	41.952
151.633	151.633	59.936	59.936	64.574	64.574	64.574	41.952
117.408	117.408	60.538	60.538	65.276	65.276	65.276	41.952
119.178	119.178	62.822	62.822	67.665	67.665	67.665	41.952
120.804	120.804	64.991	64.991	69.931	69.931	69.931	41.952
122.306	122.306	67.046	67.046	72.040	72.040	72.040	41.952
123.701	123.701	68.948	68.948	74.061	74.061	74.061	41.952

Wt1	Wt2	Wt3	Wt4	Wt5	Wt6	Wt7	Wt8	Wt9	Wt10	Wt11	Wt12	Wt13	Wt14	Wt15	Wt16	Wt17	Wt18	Wt19	Wt20	
0.68008	0.204226	0.19281	0.04606	0.00966	0.00804	898.42	616.33	714.67												
0.66991	0.19736	0.18651	0.02312	0.00828	0.0077	884.37	661.62	750.86												
0.6604	0.19163	0.18103	0.02187	0.00797	0.00742	916.62	707.80	769.32												
0.6517	0.18644	0.17607	0.02079	0.00769	0.00716	941.61	747.03	820.83												
0.64364	0.1817	0.17155	0.01993	0.00745	0.00693	961.30	780.30	847.64												
0.63611	0.17734	0.16766	0.01897	0.00722	0.00673	977.07	808.26	870.64												
0.68008	0.204226	0.19281	0.04606	0.00966	0.00804	888.28	572.47	671.85												
0.66991	0.19736	0.18651	0.02312	0.00828	0.0077	865.97	616.61	707.78												
0.6604	0.19163	0.18103	0.02187	0.00797	0.00742	915.29	704	781.99												
0.6517	0.18644	0.17607	0.02079	0.00769	0.00716	962.76	788.70	834.75												
0.64364	0.1817	0.17155	0.01993	0.00745	0.00693	965.45	781.32	855.97												
0.63611	0.17734	0.16766	0.01897	0.00722	0.00673	979.83	809.65	872.48												
0.68008	0.204226	0.19281	0.04606	0.00966	0.00804	870.00	480.75	598.15												
0.66991	0.19736	0.18651	0.02312	0.00828	0.0077	833.10	540.61	634.44												
0.6604	0.19163	0.18103	0.02187	0.00797	0.00742	867.88	588.90	676.45												
0.6517	0.18644	0.17607	0.02079	0.00769	0.00716	895.60	630.37	712.78												
0.64364	0.1817	0.17155	0.01993	0.00745	0.00693	917.99	666.85	744.41												
0.63611	0.17734	0.16766	0.01897	0.00722	0.00673	936.34	698.82	771.62												
0.68008	0.204226	0.19281	0.04606	0.00966	0.00804	846.01	411.28	510.25												
0.66991	0.19736	0.18651	0.02312	0.00828	0.0077	790.48	450.85	545.56												
0.6604	0.19163	0.18103	0.02187	0.00797	0.00742	826.79	498.95	589.22												
0.6517	0.18644	0.17607	0.02079	0.00769	0.00716	856.25	541.59	628.44												
0.64364	0.1817	0.17155	0.01993	0.00745	0.00693	880.45	578.65	660.28												
0.63611	0.17734	0.16766	0.01897	0.00722	0.00673	900.58	611.93	690.11												

LAMPIRAN 3 : HASIL PERHITUNGAN HEAT TRANSFER

Bc	Vu	res	ref1	ref2	ho	ho1
	m/s				W/M ² OC	W/M ² OC
11	10	91.802	14.180.37	17.101.53	138.2006	151.2817
11	11	100.982	15.857.28	19.030.40	139.873	155.394
11	12	110.162	17.442.17	20.932.95	147.361	163.711
11	13	119.343	19.052.5	22.866.14	154.599	171.750
11	14	129	20.688.65	24.830.43	161.613	179.541
11	15	137.703	22.351.03	26.690.50	168.424	187.511
25	10	91.802	14.180.37	17.101.53	118.080	130.909
25	11	100.982	15.857.28	19.125.77	119.443	132
25	12	119.343	17.442.17	20.542.95	132.017	146.664
25	13	127	19.052.5	22.866.14	143.824	159.777
25	14	133.637	20.688.65	24.830.43	163.437	176.497
25	15	137.703	22.351.03	26.826.29	170.167	187.374
38	10	91.802	14.180.37	17.186.80	93.356	103.280
38	11	100.982	15.857.28	19.125.77	94.894	104.756
38	12	110.162	17.442.17	21.038.38	99.553	110.367
38	13	119.343	19.052.5	22.981.89	104.442	115.780
38	14	129	20.688.65	24.830.43	109.181	121.293
38	15	137.703	22.351.03	26.826.29	113.783	126.404
48	10	91.802	14.180.37	17.329.99	73.032	80.793
48	11	100.982	15.857.28	19.285.18	73.994	82.028
48	12	110.162	17.442.17	21.214.05	77.954	86.416
48	13	119.343	19.052.5	23.056.83	81.782	90.854
48	14	129	20.688.65	24.956.76	85.509	94.790



48	15	137.703	22.351.03	26.963.47	89.113	98.798
----	----	---------	-----------	-----------	--------	--------

LAMPIRAN 4 : PERENCANAAN APK

BC	Ms	Wl	Tho	Tco	Ri	hi W/m ²	f	Dptotal	Efektifitas
%	Kg/s	Kg/s	OC	OC	OK	OK		Pa	
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
11	0,0789	0,01	35,27	50,32	61,02	219,16	0,087	117.466,46	0,8946
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
25	0,0789	0,01	36,13	49,94	61,93	219,49	0,0869	15.905,94	0,8775
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
38	0,0526	0,01	41,8	56,55	64,85	220,5	0,0929	4.402,49	0,764
48	0,0789	0,01	39,6	48,37	63,85	220,16	0,0868	9.405,49	0,8081
48	0,0789	0,01	39,6	48,37	63,85	220,16	0,0868	9.405,49	0,8081
48	0,0789	0,01	39,6	48,37	63,85	220,16	0,0868	9.405,49	0,8081
48	0,0789	0,01	39,6	48,37	63,85	220,16	0,0868	9.405,49	0,8081
48	0,0789	0,01	39,6	48,37	63,85	220,16	0,0868	9.405,49	0,8081

Qapk	Reu	h _{ideal}	h _o	LMTD	U	U _{req}
W		W/m ² OC	W/m ² OC	DC	W/m ² OC	W/m ² OC
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
870	26.690,50	548,63	187,51	14,12	109,25	109,25
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
834,75	26.826,29	548,63	159,78	15,05	100,58	100,58
598,15	17.186,80	548,63	103,28	16,96	77,72	77,72
598,15	17.186,80	548,63	103,28	16,96	77,72	77,72
598,15	17.186,80	548,63	103,28	16,96	77,72	77,72
598,15	17.186,80	548,63	103,28	16,96	77,72	77,72
598,15	17.186,80	548,63	103,28	16,96	77,72	77,72
690,11	26.963,47	548,63	98,80	18,47	75,47	75,47
690,11	26.963,47	548,63	98,80	18,47	75,47	75,47
690,11	26.963,47	548,63	98,80	18,47	75,47	75,47
690,11	26.963,47	548,63	98,80	18,47	75,47	75,47
690,11	26.963,47	548,63	98,80	18,47	75,47	75,47

LAMPIRAN 5 : HASIL PERHITUNGAN PROFILIS UDARA

Be	Vu	Throat	OC	Rho	Cpudara	Kond.Udara	Vsk.dinamik	Kinema	tk.Pr	Vsk	
										W/m.K	N.g/m ²
11	10	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
11	11	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
11	12	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
11	13	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
11	14	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
11	15	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	10	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	11	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	12	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	13	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	14	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
25	15	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	10	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	11	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	12	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	13	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	14	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
38	15	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
48	10	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
48	11	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			
48	12	30	1,129895	1,013	0,025763	1,87E-05	1,67E-05	0,71			

LAMPIRAN 6 .HASIL PERHITUNGAN PROPETIS AIR

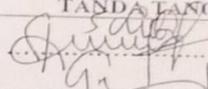
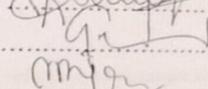
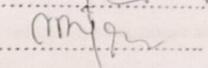
Bc	Vu	Thrata	Thrata1	Cpar1	Kair	Visk din	Rho	Sb	Lsb	Dw	
%	m/s	OC	OC	/kgk	W/m.k	N	kg/m3	m2	m	m	
11	10	80	59,50427	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
11	11	80	59,08924	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
11	12	80	58,60941	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
11	13	80	58,23015	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
11	14	80	57,90959	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
11	15	80	57,63545	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	10	80	60,01608	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	11	80	59,58665	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	12	80	59,10013	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	13	80	58,68708	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	14	80	58,35699	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
25	15	80	58,06367	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	10	80	60,89935	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	11	80	60,4566	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	12	80	59,96112	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	13	80	59,52692	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	14	80	59,14634	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
38	15	80	58,82105	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
48	10	80	61,95212	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
48	11	80	61,53009	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541
48	12	80	61,06514	4,195	0,673	0,00036	2,15	972,2	0,00084	0,0003	0,00541

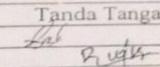
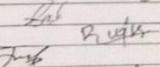
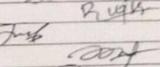
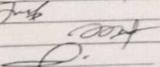
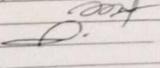
ssb m2	Fsbp	Ttl OC	Ttolama OC	Tto OC	Phi	U3 W/m2k	Ktube W/m.k
0,000049	0,68464	52,03	51,93	51,93	1	98,456	395,376
0,000049	0,68464	51,43	51,32	51,32	1	99,133	395,403
0,000049	0,68464	50,8	50,69	50,69	1	101,98	395,431
0,000049	0,68464	50,27	50,16	50,16	1	104,52	395,455
0,000049	0,68464	49,84	49,72	49,72	1	106,95	395,47
0,000049	0,68464	49,45	49,34	49,34	1	109,25	395,49
0,000041	0,68464	52,75	52,63	52,63	1	89,96	395,34
0,000041	0,68464	52,15	52,04	52,04	1	90,57	395,37
0,000041	0,68464	51,47	51,37	51,37	1	93,41	395,4
0,000041	0,68464	50,92	50,81	50,81	1	95,99	395,42
0,000041	0,68464	50,45	50,33	50,33	1	98,33	395,44
0,000041	0,68464	50,05	49,93	49,93	1	100,58	395,46
0,000036	0,68464	53,95	53,85	53,85	1	77,72	395,29
0,000036	0,68464	53,36	53,25	53,25	1	78,43	395,31
0,000036	0,68464	52,66	52,55	52,55	1	81,04	395,34
0,000036	0,68464	52,07	51,96	51,96	1	83,51	395,37
0,000036	0,68464	51,54	51,42	51,42	1	85,88	395,39
0,000036	0,68464	51,09	50,98	50,98	1	88,05	395,41
0,000031	0,68464	55,39	55,33	55,33	0,99	65,89	395,224
0,000031	0,68464	54,82	54,72	54,72	0,99	66,59	395,25
0,000031	0,68464	54,09	53,99	53,99	0,99	69	395,28
0,000031	0,68464	53,45	53,35	53,35	0,99	71,4	395,31
0,000031	0,68464	52,92	52,82	52,82	0,99	73,42	395,33
0,000031	0,68464	52,44	52,33	52,33	0,99	75,46	395,35

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

Peserta seminar
 Nama : Bayu Azhari
 NPM : 1607230069
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Baffle cell Terhadap Perpindahan Panas pada Alat Penukar Kalor Shell And Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat.

DAFTAR HADIR

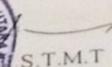
	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Ir. Faisal Lubis. M.T	: 
Pemanding - I : Chandra A Siregar. S.T.M.T	: 
Pemanding - II : M. Yani. S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230069	BAYU AZHARI	
2	1607230011	RAHMAT FADILLAH	
3	1507230180	DANU TIRTA DENA SURTA	
4	1507230165	M. ILHAM. NST	
5	1507230080	ADI SIAHPUTRA	
6			
7			
8			
9			
10			

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



Prodi. T. Mesin

: 
Chandra A. S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Bayu Azhari
NPM : 1607230069
Judul T.Akhir : Pengaruh Baffle Cell Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalar Shell And Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat

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



Dosen Pembanding- I

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

FAKULTAS TEKNIK
DARTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Bayu Azhari
NPM : 1607230069
Judul T.Akhir : Pengaruh Baffle Cell Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor Shell And Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat

Dosen Pembimbing - I : Ir.Faisal Lubis M.T
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : M.Yani.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 : Bab 3, Flow chart
Bab 4, Perhitungan Analisis, dischment, daya, persamaan di'
Bab 6, Diagram Rangkaian hidrus dibantu di 'isi' skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 20 Rab.Awal 1442H
09 Nopember 2020M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin



Dosen Pembanding- II

M. Yani
M. Yani.S.T.M.T



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

Jalan Kapten Mukhtar 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/1818/IL3AU/UMSU-07/F/2019

Ditentukan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas
nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 November 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : BAYU AZHARY
NPM : 1607230069
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH BAFFLE CUT TERHADAP PERPINDAHAN PANAS
PADA ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE PADA
SUSUNAN TABUNG SEGI EMPAT.
Pembimbing -1 : Ir. FAISAL LUBIS MT.
Pembimbing II :

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.

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 14 Rabiul Awal 1441 H
11 Nopember 2019 M



Muhammad Alfansury Siregar ST.MT
NIDN : 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Kalor
Shell and Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat

Nama : Bayu Azhary
NPM : 1607230069

Dosen Pembimbing : Ir. Faisal Luis, M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu 1-1-2020	- Perbaiki Pendahuluan	f
2.	Kamis 2-1-2020	- Perbaiki rumusan masalah	f
3.	Jumat 3-1-2020	- Lanjutkan BAB-II dan BAB-III	f
4.	Rabu 8-1-2020	- Perbaiki spasi Buat daftar pustaka	f
5.	Selasa 14-1-2020	- Ace Seminar Proposal	f
6.	Selasa 20-10-2020	- Buat Grafik	f
7.	Kamis 22-10-2020	- Perbaiki Kesimpulannya	f
8.	Rabu 28-10-2020	- Ace Seminar Hasil	f

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Bayu Azhary Lani-aki
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Ajamu, 25 Juli 1998
Alamat : Sei Rakyat
Agama : Islam
E-mail : azharybayu88@gmail.com
No.Hp : 082167859625

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 115513 Tahun 2004-2010
2. MTS Al-Ikhlas Kebun Ajamu Tahun 2010-2013
3. SMA Negeri 1 Panai Hulu Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021