

TEKNIK MESIN

VOLUME 2

Nomor 1 Juli 2013

ISSN 2302-3465

MUHAMMAD BASRI KATJO

Kajian Eksperimental Prestasi Termoelektrik Sebagai Pendingin Prosesor

THOMAS KBAREK, ERETUS GIRE

Analisa Perpindahan Panas Konveksi Paksa Pada Kompor Serbuk Kayu

JUSUF HAURISSA, SOLEMAN ENOCH

Modifikasi Sudu Turbin Terhadap Kinerja Turbin Arus Lintang (*Cross Flow Turbine*) Dengan Menggunakan Metode Segitiga Kecepatan

HENDRY Y. NANLOHY, AMIA CONANG, IDRIS SUBUH T. ARA

Studi Eksperimental Pengaruh Konduktivitas Thermal Terhadap Suhu Profil Sirip-Sirip Pendingin Pada Heat Exchanger Tipe T147D

MARTHINA MINI

Analisa Ketidakpastian Alat Uji Kekuatan Sabuk Daggu Helm

SUYATNO

Pengaruh Variasi Pembukaan Sudu Pengarah Terhadap Efisiensi Turbin Cross Flow

HENDRY Y. NANLOHY, HELEN RIUPASSA, SUDIRMAN

Analisa Unjuk Kerja Heat Exchanger Tipe T147D Dengan Metode Fouling Faktor



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN KEBUMIHAN
UNIVERSITAS SAINS DAN TEKNOLOGI JAYAPURA**

Penerbit: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) USTJ

MUHAMMAD BASRI KATJO	1 – 8
KAJIAN EKSPERIMENTAL PRESTASI TERMOELEKTRIK SEBAGAI PENDINGIN PROSESOR	
THOMAS KBAREK, ERETIUS GIRE	9 - 15
ANALISA PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PAKSA PADA KOMPOR SERBUK KAYU	
JUSUF HAURISSA, SOLEMAN ENOCH	16 – 25
MODIFIKASI SUDU TURBIN TERHADAP KINERJA TURBIN ARUS LINTANG (CROSS FLOW TURBINE) DENGAN MENGGUNAKAN METODE SEGITIGA KECEPATAN	
HENDRY Y. NANLOHY, AWIA CONANG, IDRIS SUBUH T. ARA	26 – 33
STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KONDUKTIVITAS THERMAL TERHADAP SUHU PROFIL SIRIP-SIRIP PENDINGIN PADA HEAT EXCHANGER TIPE T147D	
MARTHINA MINI	34 – 41
ANALISA KETIDAKPASTIAN ALAT UJI KEKUATAN SABUK DAGU HELM	
SUYATNO	42 – 47
PENGARUH VARIASI PEMBUKAAN SUDU PENGARAH TERHADAP EFISIENSI TURBIN CROSS FLOW	
HENDRY Y. NANLOHY, HELEN RIUPASSA, SUDIRMAN	48 – 54
ANALISA UNJUK KERJA HEAT EXCHANGER TIPE T147D DENGAN METODE FOULING FAKTOR	

ANALISA UNJUK KERJA HEAT EXCHANGER TIPE T147D DENGAN METODE FOULING FAKTOR

Hendry Y. Nanlohy¹⁾ Helen Riupassa²⁾ Sudirman³⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan (FTIK)

Universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ)

hynanlohy@gmail.com

Abstrak

Alat penukaran panas atau heat exchanger (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari suatu sistem ke sistem yang lain. Media yang digunakan adalah air panas sebagai fluida panas, dan air biasa sebagai fluida pendinginnya (cooling water). Heat exchanger ini juga berfungsi untuk menurunkan temperatur sebelum masuk ke cooler, setelah dioperasikan beberapa waktu maka akan terjadi penurunan unjuk kerja dari heat exchanger tersebut. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan mengevaluasi unjuk kerja heat exchanger.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode fouling faktor (faktor pengotoran) ,Rf, yang diperhitungkan bersama tahanan termal lainnya. Fouling faktor juga dapat didefinisikan sebagai akumulasi endapan yang tidak diinginkan pada permukaan heat exchanger yang menyebabkan terjadinya kerak, korosi, dan kebocoran.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini, yaitu kecepatan fluida dimana (u_m)= 2,048 m²/s untuk keadaan bersih, sedangkan (u_m)= 2,195 m²/s untuk keadaan kotor, (Re)= 133746,9 untuk keadaan bersih (Re)= 170938,05 untuk keadaan kotor, (U_0)= 252,88 W/m.⁰C untuk bersih (U_0)= 18,007 W/m.⁰C untuk keadaan kotor, dan (Rf)= 0,0515 W/m².⁰C

Kata kunci : *heat exchanger, fouling faktor (rf), unjuk kerja*

1. Pendahuluan

Alat penukar panas atau *Heat Exchanger* (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

Heat Exchanger Tipe T147D adalah tipe T147D yang dilalui fluida cair (air), *Heat Exchanger* ini juga berfungsi untuk menurunkan temperatur sebelum masuk ke *cooler*. Apabila head exchanger tersebut telah dioperasikan beberapa waktu, maka akan terjadi penurunan unjuk kerja dari alat tersebut.

Penurunan unjuk kerja bisa disebabkan oleh terbentuknya kerak, korosi, kebocoran aliran fluida yang menyebabkan *friksi* terhadap dinding alat. Penurunan kinerja ini bisa dilihat dari parameter-parameter seperti *pressure drop* tinggi, serta *dirt faktor* (R_d) melebihi harga yang diizinkan. Berdasarkan pada pertimbangan diatas maka unjuk kerja alat penukaran dapat dievaluasi secara periodik. Peristiwa perpindahan kalor banyak dijumpai dalam industri-industri kimia, misalnya pada proses pendinginan atau pemanasan serta pembuangan panas dari suatu pembangkit tenaga dan lain-lain, perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu panas



yang akan mengalir dari tempat yang bersuhu tinggi ketempat yang bersuhu rendah. Dari latar belakang diatas maka penulis ingin meneliti dan mengevaluasi unjuk kerja *heat exchanger* dengan metode *fouling factor*.

pembangkit tenaga dan lain-lain, perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu panas yang akan mengalir dari tempat yang bersuhu tinggi ketempat yang bersuhu rendah. Dari latar belakang diatas maka penulis ingin meneliti dan mengevaluasi unjuk kerja *heat exchanger* dengan metode *fouling factor*.

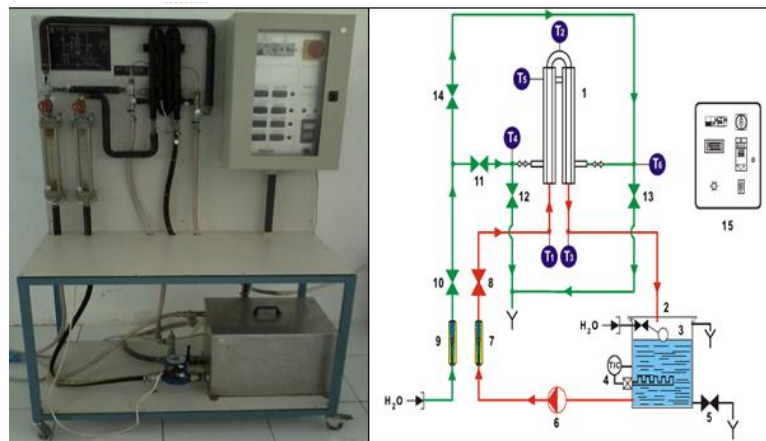
2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan bahan

Alat dan bahan yang di gunakan yaitu:

a) Heat Exchanger Tipe T147D

Electrical supply	: 220-240V fase tunggal 150/60,1.5KW
Fluida air/ laju aliran	: 300 Lt/h
Berat beban	: 110 kg
Dimensi	: 110 x 600 x1700 h/mm
Ketahanan terhadap panas	: 3 Kw /70°C
Operasional maksimal	: 70°C
Temperatur ideal	: 30-45 °C



Gambar 1. *Heat exchanger* tipe T174D dan skemanya

Keterangan :

- 1 : Pipa penukar kalor konsentrik
- 2 : Tangki re-siklus dan penyuplai
- 3 : Pelampung
- 4 : Pemanas air
- 5 : Katup pada sisi pembuangan tangki
- 6 : Pompa resiklus dengan debit 0,3 s/d 4,8 m³/jam
- 7 : Flowmeter 0 s/d 300 liter/jam pada sirkuit utama
- 8 : Katup pengaturan laju alir pada sirkuit utama
- 9 : Flowmeter 0 s/d 300 liter/jam pada sirkuit sekunder
- 10 : Katup pengaturan laju alir pada sirkuit sekunder
- 11-14 : Katup untuk membuat aliran bolak-balik dan searah pada sirkuit sekunder
- 15 : Papan elektrik
- TIC : Termostat digital untuk mengontrol termoresistan
- T1 : Temperatur air panas di sisi masuk pada sirkuit utama

- T2 : Temperatur pertengahan air panas pada sirkuit utama
 T3 : Temperatur air panas di sisi keluar pada sirkuit utama
 T4 : Temperatur air dingin di sisi masuk pada sirkuit sekunder
 T5 : Temperatur pertengahan air dingin pada sirkuit sekunder
 T6 : Temperatur air dingin di sisi keluar pada sirkuit sekunder

b) Sirip kerucut



Gambar 2. Sirip kerucut

c) Cairan pembersih *fouling*

d) Air

2.2 Prosedur pengujian heat exchanger T147D

Adapun prosedur yang dilakukan dalam pengujian sebagai berikut :

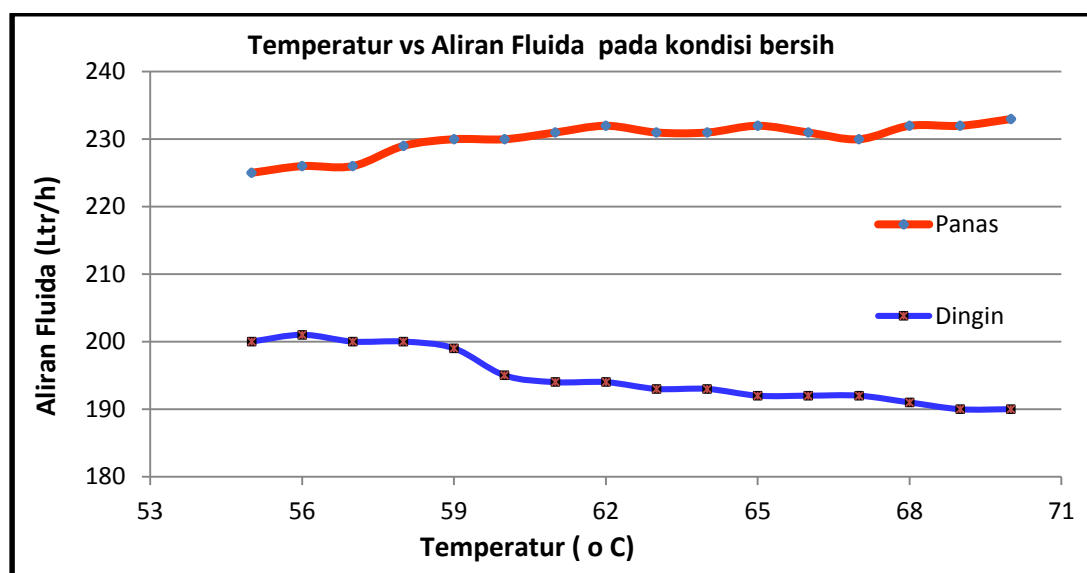
1. Air dimasukan ke reservoir, kemudian elemen pemanas dinyalakan sehingga fluida primer dalam reservoir mencapai temperatur ± 70 °C, kemudian pompa dihidupkan untuk mengalirkan fluida tersebut melewati *flow meter* hingga kembali ke reservoir tank (T_1 , T_3 dan Q_{primer} dicatat).
2. Air dingin di alirkan melewati *flow meter* ke *heat exchanger* dengan menggunakan pompa, T_4 masuk dan bercampur dengan fluida panas T_5 kemudian keluar melewati T_6 atau pintu keluar air dingin dan kembali ke reservoir tank penampung fluida. Untuk mengetahui fluida yang masuk dan keluar digunakan thermocouple digital. Dan untuk mengetahui debit aliran yang masuk didalam pipa aliran digunakan flow meter, sehingga akan didapatkan data-data yang di perlukan, Percobaan ini di ulang sampai tiga kali kemudian hasilnya di rata-rata sehingga didapatkan hasil yang maksimal (T_4 , T_6 dan $Q_{sekunder}$ dicatat). Fluida yang melewati T_6 dibuang ke lingkungan .
3. Pengujian dilakukan dari temperatur ± 70 °C hingga mencapai temperatur konstan (tidak ada lagi proses perpindahan panas).
4. Kemudian *tube* pada *heat exchanger* dan sirip dibersihkan, selanjutnya dipasang untuk percobaan yang sama pada kondisi bersih.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Hasil pengambilan data untuk kondisi bersih

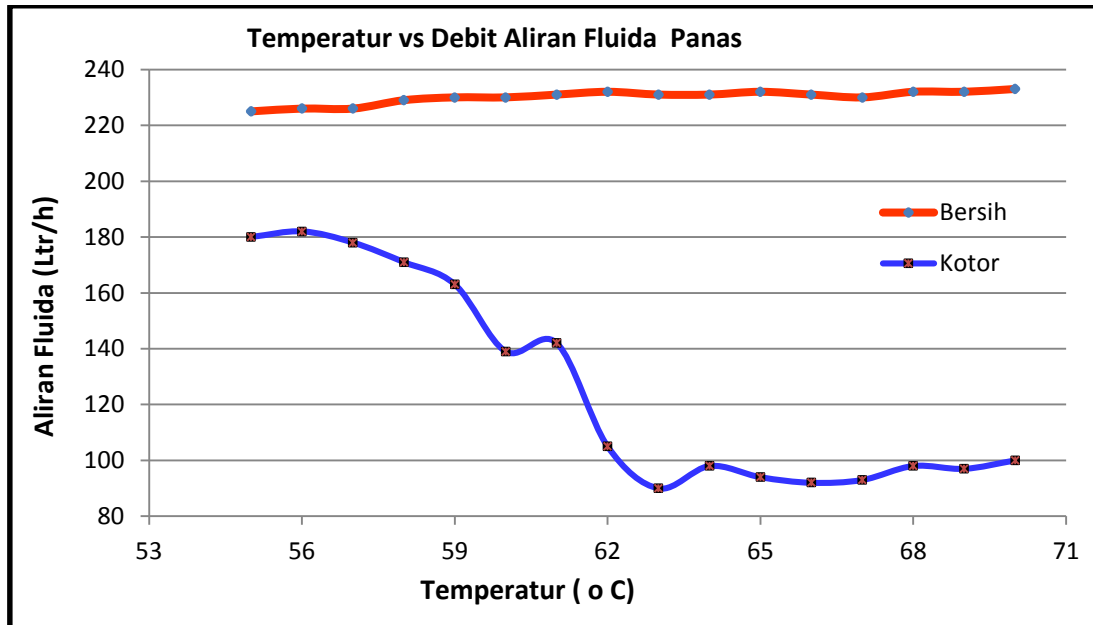
No	Temp (°C)	Debit Aliran Fluida (Ltr/h)		Temperatur Fluida (°C)			
				Panas		Dingin	
		Panas	Dingin	T1	T3	T4	T6
1	70	233	190	43,5	39	29,6	30,2
2	69	232	190	45,5	41,1	29,6	30,1
3	68	232	191	47,1	42,8	29,5	30,2

4	67	230	192	47,8	43,9	29,6	30,2
5	66	231	192	48,3	44,8	29,6	30,2
6	65	232	192	49,1	45,6	29,5	30,2
7	64	231	193	49,8	46,7	29,5	30,3
8	63	231	193	50,6	47,7	29,6	30,4
9	62	232	194	51,2	48,7	29,7	30,5
10	61	231	194	51,9	49,7	29,8	30,8
11	60	230	195	52,6	50,1	30,4	31,6
12	59	230	199	53,2	51,7	32	33,1
13	58	229	200	54	52,8	34,1	33,1
14	57	226	200	53,9	53,1	36,1	33,2
15	56	226	201	53,8	53,2	37,4	33,2
16	55	225	200	53,3	52,8	37,4	34,3



Gambar 3. Grafik temperatur terhadap aliran fluida pada sirip kerucut

Gambar 3 menceritakan bahwa debit aliran fluida dingin makin menurun dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi, berbanding terbalik dengan laju aliran fluida panas, yang makin meningkat seiring naiknya temperatur.

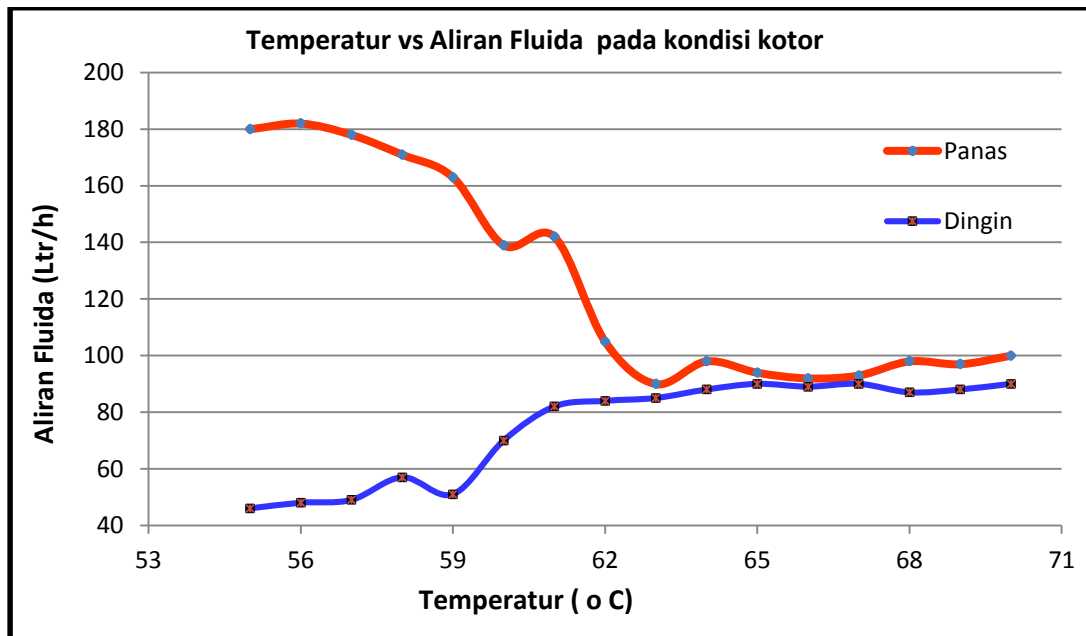


Gambar 4. Grafik temperatur terhadap aliran fluida pada kondisi panas

Grafik 4, menunjukkan arah dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi dimana pada debit fluida panas *heat exchanger* dalam kondisi bersih lebih efisien dibanding debit fluida panas dalam kondisi kotor yang tidak stabil, itu karena adanya faktor pengotoran seperti kerak, korosi yang terdapat pada komponen *heat exchanger*.

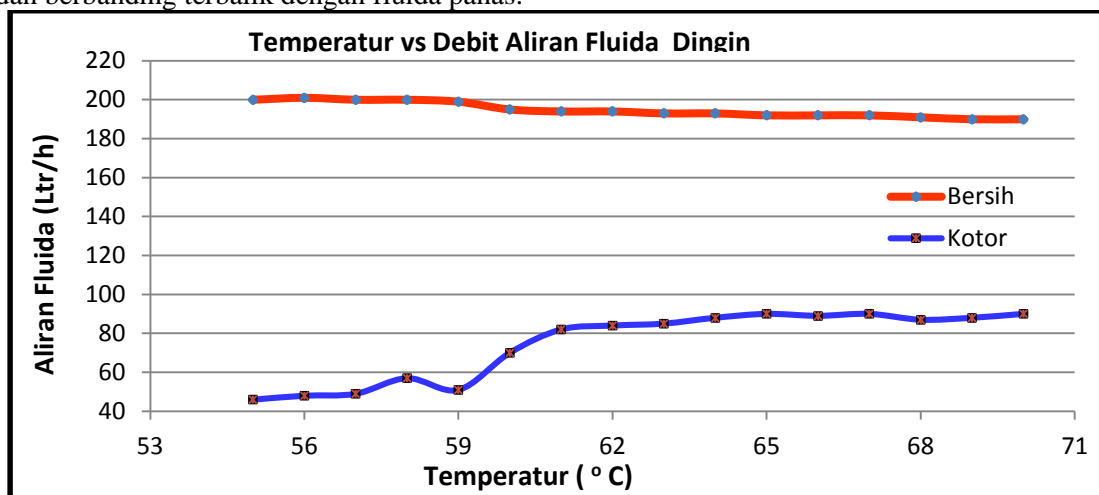
Tabel 2. Hasil pengambilan data untuk kondisi kotor

No	Temp (°C)	Debit Aliran Fluida (Ltr/h)		Temperatur Fluida (°C)			
		Panas	Dingin	Panas		Dingin	
				T1	T3	T4	T6
1	70	100	90	49,4	44,4	34,1	34,9
2	69	97	87	51	46,8	37,5	35
3	68	98	87	52,2	48,2	37,4	35
4	67	93	90	53,1	49,6	34,1	35
5	66	92	89	53,8	50,8	34,1	35
6	65	94	90	54,5	51,6	34,2	35,1
7	64	98	88	55,4	52,8	34,3	35,2
8	63	90	85	56	54,1	34,5	35,5
9	62	105	84	56,8	55,4	35,1	36,4
10	61	142	82	57	56	36,6	38,4
11	60	139	70	57,1	56,4	39,9	40,7
12	59	163	51	56,6	56	40,6	39,7
13	58	171	57	56,5	56,1	40,8	39,8
14	70	178	49	49,4	44,4	34,1	34,9
15	69	182	48	51	46,8	37,5	35
16	68	180	46	52,2	48,2	37,4	35



Gambar 5. Grafik temperatur terhadap aliran fluida pada sirip duri bentuk kerucut

Gambar 5 menggambarkan laju aliran fluida dingin makin naik seiring naiknya temperatur, dan berbanding terbalik dengan fluida panas.



Gambar 6. Grafik temperatur terhadap aliran fluida pada kondisi dingin

Grafik 6 menunjukkan laju aliran fluida dingin kondisi kotor makin naik seiring naiknya temperatur, dan sebaliknya untuk fluida dingin kondisi bersih.

Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut:

Bilangan *Reynolds* untuk aliran dalam pipa.

$$Re = \frac{\rho \cdot u_m \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk mencari angka nusselt.

$$Nud = 0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^n \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menghitung perpindahan panas panas keseluruhan.

$$U_o = \frac{1}{\frac{A_o}{A_i} \frac{1}{h_i} + \frac{A_o \ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk mencari beda temperatur pada penukar kalor.



$$\Delta T_{lmtd} = \frac{(T_{h3} - T_{c4}) - (T_{h1} - T_{c6})}{\ln [(T_{h3} - T_{c4}) / (T_{h1} - T_{c6})]} \dots \dots \dots (4)$$

Untuk mencari *fouling factor*, digunakan persamaan

$$R_f = \frac{1}{U_{kotor}} - \frac{1}{U_{bersih}} \dots \dots \dots (5)$$

Setelah dianalisa maka diperoleh hasil perhitungan untuk masing-masing sirip seperti terlihat pada tabel 3:

Tabel 3. Hasil perbandingan kondisi bersih dan kotor

No	Uraian	Kedaaan Bersih	Kedaaan Kotor	Notasi
1	Kecepatan Fluida	2,048 m ² /s	2,195 m ² /s	u _m
2	Bilangan Reynold	133746,9	170938,05	Re
3	Bilangan Nusselt	531,12	679,2	Nu
4	Temperatur rata-rata logaritmik	16,59391 °C	9,5206 °C	ΔT _{lmtd}
5	Beda temperatur fluida panas	-2,65 °C	6,55 °C	ΔT _h
6	Beda temperatur fluida dingin	-1,95 °C	-2,89 °C	ΔT _c
7	Luas permukaan luar total	0,0497 m ²	0,0497 m ²	A _o
8	Luas permukaan dalam total	0,0554 m ²	0,0554 m ²	A _i
9	Koefisien perpindahan panas keseluruhan	252,88 W/m ² .°C	18,007 W/m ² .°C	U _o
10	<i>Fouling</i> Faktor	0,0515 W/m ² .°C		R _f

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa kecepatan fluida pada kondisi bersih lebih besar dibandingkan dengan kondisi kotor karena pada kondisi kotor masih terdapat fouling sehingga menghambat laju aliran, demikian juga dengan koefisien perpindahan panas menyeluruh. sirip kerucut adalah yang baik karena memiliki perpindahan panas konverksi yang lebih besar dibandingkan dengan sirip radial dan sirip duri bentuk kerucut, hal ini juga didukung dengan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan sirip lainnya.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dengan membandingkan sirip kondisi kotor dan bersih maka dapat disimpulkan bahwa fouling sangat mempengaruhi proses perpindahan panas, dimana heat exchanger, dengan *factor fouling* sebesar 0,0515 W/m².°C. yang mempengaruhi kondisi perpindahan panas pada kondisi bersih lebih bagus dibandingkan pada kondisi kotor.

Daftar Pustaka

- Awwaluddin Muhammad, 2007. *Analisa Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda*. Tugas Akhir S1
- Handoyo Ekadewi Anggraini, 2000. *Pengaruh kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger*. Universitas Kristen Petra. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.
- Holman, J.P 1997. *Perpindahan Kalor. Edisi Ke Enam*. Diterjemahkan oleh Ir. E. Jasjfi, M.Sc. Jakarta: Erlangga.
- Ilham Al Fikar M, 2008. *Pengaruh variasi Flow*. Dasar Teori Perpindahan Panas Fakultas Teknik Universitas Indonesia . Diakses pada tanggal 10 November 2012.
- Incropera, F.P. dan Dewitt, D.P. 1990. *Introduction to heat transfer. Edisi Ke Dua* dan New York, John Wiley dan sons.



- Krishna Ary Bachtiar, 2004. *Studi Pengaruh Beban Panas Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas pada Heat Exchanger Vertikal Chanel*. Institut Teknologi Sepuluh November. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.
- Reniban Welhelmus. 2010. *Studi Eksperimental Tentang Unjuk Kerja Heat Exchanger Tipe T147D*. Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Mesin.
- Ridwan Fahrudin, 2010. *Perancangan Pengendalian. Dasar Teori Heat Exchanger*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Diakses pada tanggal 9 November 2012.
- Sutanto Rudi, 2007. *Karakteristik Perpindahan Panas dan Perubahan Tekanan Pada Heat Exchanger Dengan Variasi Perubahan Propil Sirip Pendingin*. Universitas Mataram. Jurusan Teknik Mesin.