

Pengaruh Perubahan Sudut Kemiringan Sirip dalam Sebuah Saluran Udara Tertutup

Jefferson Mende, Frans P. Sappu
 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi
 Jl. Kampus Bahu, Manado
 e-mail : jeffersonmende@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pola aliran fluida dapat berubah apabila aliran tersebut diberikan gangguan. Perubahan pola aliran yang terjadi akan mengakibatkan laju perpindahan kalor juga ikut berubah. Penambahan sirip dengan beberapa sudut kemiringan dapat berfungsi untuk memberikan gangguan kepada aliran fluida di dalam saluran (saluran). Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah udara.

Fan yang mendorong udara ke dalam saluran terdapat pengatur % voltage input sehingga putaran fan dapat diatur untuk mendapatkan laju aliran massa udara. Panas yang dihasilkan oleh kawat pijar akan dipindahkan ke aliran udara yang melewatinya.

Data hasil pengamatan pada masing-masing percobaan menunjukkan kenaikan temperatur udara pada bagian keluar dari saluran. Hal ini memberikan bukti pengaruh besar sudut kemiringan sirip terhadap perpindahan kalor pada aliran udara. Dampak lain yang ditimbulkan oleh kemiringan sirip adalah adanya beda tekanan antara aliran udara sebelum sirip dan sesudah udara meninggalkan sirip dengan berubahnya ketinggian permukaan air dalam manometer.

Kata Kunci : laju aliran, kemiringan sirip, beda tekanan

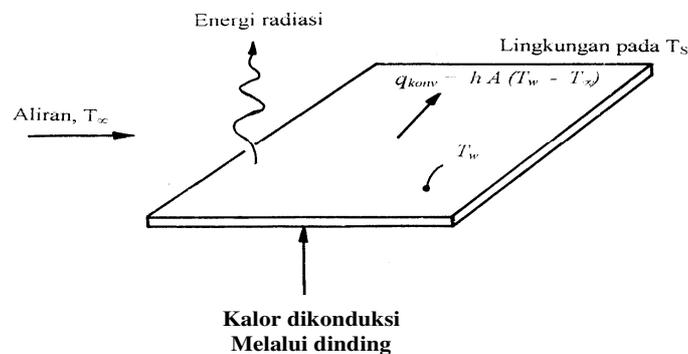
1. Pendahuluan

Perpindahan panas atau perpindahan kalor penerapannya mencakup hampir seluruh aplikasi teknologi saat ini maupun yang akan datang, terutama dalam rekayasa mekanika dan elektronika. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menerapkan atau menunjukkan pengaruh kemiringan sirip (θ) terhadap beda tekanan (ΔP), kecepatan (V) dan laju perpindahan panas (q). Masalah yang diangkat dalam penulisan ini ditetapkan pada seberapa besar beda tekanan (ΔP), kecepatan (V) serta laju perpindahan kalor (q) yang terjadi di dalam saluran udara tertutup dan dibatasi pada Besar sudut kemiringan sirip yang akan digunakan 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° dan jarak antara sirip dengan elemen pemanas adalah tetap. Laju aliran udara di dalam saluran adalah stedi. Suplai energi listrik ke kawat pemanas adalah konstan. Perhitungan yang dilakukan hanyalah pada Laju Perpindahan Panas (q) dan pengukuran beda Tekanan (ΔP) serta kecepatan (V) yang terjadi untuk masing-masing besar sudut kemiringan (θ) yang dipilih.

2. Landasan Teori.

Mekanisme Perpindahan Kalor.

Secara umum kita mengenal tiga cara perpindahan kalor yang berbeda yaitu: Konduksi, Konveksi, radiasi.



Gambar 1. Gabungan perpindahan kalor konduksi, konveksi dan radiasi.^[3]

Jenis Aliran.

Banyak kriteria yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan fluida. Sebagai contoh, aliran dapat digolongkan sebagai aliran steady atau unsteady, satu-, dua-, atau tiga dimensi, seragam atau tidak seragam, laminar atau turbulen, dan dapat mampat atau tidak dapat mampat. Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan (lamina) dengan masing-masing partikel fluida mengikuti lintasan yang lancar serta kontinu. Laminar atau turbulen suatu aliran dapat juga ditentukan melalui angka Reynolds yang dinyatakan dengan persamaan [4]:

$$Re = (VD\rho)/\mu \dots\dots\dots (1)$$

Suatu aliran fluida adalah laminar jika angka Reynolds lebih kecil dari 2300, dan turbulen jika lebih besar dari 2300. Sedangkan bila sama dengan 2300 maka aliran fluida dalam keadaan transisi.

Besar laju perpindahan massa dalam aliran sangat berpengaruh pada perpindahan kalor, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [7]:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V \dots\dots\dots (2)$$

Laju perpindahan kalor menyeluruh ditentukan oleh laju aliran massa, kalor spesifik serta temperatur masuk dan keluar alat. Hubungan besarnya ditentukan oleh persamaan [10]:

$$q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (3)$$

Perpindahan kalor dikatakan konveksi paksa apabila gerakan/aliran fluidanya tidak hanya disebabkan oleh proses pemanasan saja, tapi juga oleh suatu energi yang menyebabkan fluida bergerak, seperti pompa atau fan.

Mekanisme Pengangkutan Energi

Pada uraian terdahulu telah dijelaskan 3 cara mekanisme perpindahan panas dimana energi berpindah dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat perbedaan suhu antara daerah-daerah tersebut. Dalam hal ini partikel-partikel fluida yang bergerak dan memindahkan energi tersebut.

Idealnya dalam aliran laminar tidak terdapat pencampuran antara partikel-partikel fluida yang lebih panas dengan fluida yang lebih dingin oleh gerakan pusar dan perpindahan kalor terjadi dengan cara konduksi. Sebaliknya dalam aliran turbulen mekanisme konduksi diubah serta dibantu oleh banyak sekali pusaran-pusaran yang memindahkan partikel-partikel pembawa energi bercampur dengan partikel-partikel lain yang lebih dingin.

Gerakan dari fluida ini disebabkan oleh 2 proses. Fluida yang mendapatkan proses pemanasan akan mengalami perubahan kerapatannya (density) kemudian bergerak disebut konveksi bebas/alamiah. Laju perpindahan panasnya dapat dihitung dengan persamaan [3]:

$$q_w = \bar{h}_c \cdot A (T_w - T_\infty) \dots\dots\dots (4)$$

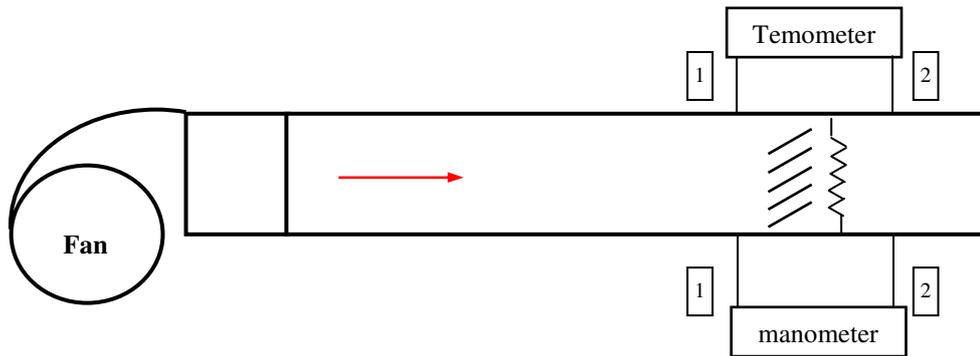
Perpindahan kalor dikatakan konveksi paksa apabila gerakan/aliran fluidanya tidak hanya disebabkan oleh proses pemanasan saja, tapi juga oleh suatu energi yang menyebabkan fluida bergerak, seperti pompa atau fan. Tingkat turbulensi atau intensitas gerakan pencampuran fluida turut menentukan besarnya koefisien perpindahan kalor. Pembangkitan turbulensi dapat dilakukan dengan memberikan gangguan-gangguan terhadap aliran misalnya mempertinggi kekasaran permukaan, membuat alur atau pemasangan sirip. Apabila penampang saluran bukan berbentuk bundar maka nilai diameter (D) dalam setiap perhitungan diganti dengan Diameter Hidrolik yang dapat dihitung dari persamaan [2]:

$$D_H = \frac{4A}{P} \dots\dots\dots (5)$$

3. Metodologi Penelitian.

Alat yang akan dibuat dan dirakit berupa saluran tertutup (*ducting*) dilengkapi dengan fan yang akan menyalurkan udara ke dalamnya. Pada suatu bagian dari *ducting* dimana sirip akan diletakkan, digunakan kaca dengan tebal 5 mm sekaligus sebagai lubang kontrol untuk sirip dan kawat pemanas. Fungsi dari sirip disini adalah untuk menambah turbulensi aliran udara atau sebagai *Turbulator*. Alat ini juga dilengkapi dengan manometer pipa U untuk mengetahui beda tekanan sebelum dan sesudah sirip, sebuah anemometer sudu dengan pembacaan digital untuk mengukur

kecepatan aliran dan termometer untuk pengukuran temperatur udara di titik masuk (inlet) *ducting* dan titik keluar sesudah pemanas.



Gambar 1. Skema Aliran

Proses Pengambilan Data.

Data yang diperlukan adalah kecepatan dan temperatur udara pada bagian outlet dari saluran serta beda tekanan di titik 1 dan 2 dengan 2 macam percobaan.

- Percobaan dengan putaran fan konstan.
- Percobaan dengan kecepatan udara keluar konstan.

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Data hasil pengamatan pada percobaan dengan putaran fan konstan.

No.	Kemiringan sirip, θ	Temperatur rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)	V_{outlet} (m/s)	Beda tinggi permukaan kolom air, y (m)
1.	60°	54,6	4,0	0,014
2.	50°	47,3	5,1	0,012
3.	40°	45,2	6,1	0,010
4.	30°	37,7	7,3	0,008
5.	20°	35,6	8,8	0,006
6.	10°	34,4	9,6	0,004
7.	0°	34,3	9,8	0,002

Tabel 2 Data hasil pengamatan pada percobaan dengan kecepatan udara keluar saluran (V_{out}) konstan 4,0 m/s.

No.	Kemiringan sirip (θ)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Beda tinggi permukaan manometer, y; (m)
1.	60°	56,8	0,014
2.	50°	54,1	0,008
3.	40°	51,2	0,006
4.	30°	47,3	0,004
5.	20°	46,0	0,002
6.	10°	45,5	Tidak terukur
7.	0°	45,6	Tidak terukur

Tabel 3. Data hasil pengamatan pada percobaan dengan kecepatan Udara keluar saluran (V_{out}) konstan 3,5 m/s.

No.	Kemiringan sirip (θ)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Beda tinggi Permukaan manometer,y; (m)
1.	60 $^{\circ}$	57,2	0,010
2.	50 $^{\circ}$	55,1	0,006
3.	40 $^{\circ}$	42,4	0,004
4.	30 $^{\circ}$	45,7	0,002
5.	20 $^{\circ}$	45,4	Tidak terukur
6.	10 $^{\circ}$	45,2	Tidak terukur
7.	0 $^{\circ}$	44,8	Tidak terukur

Tabel 4. Data hasil pengamatan pada percobaan dengan kecepatan udara keluar saluran (V_{out}) konstan 3,0 m/s.

No.	Kemiringan sirip, θ	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Beda tinggi Permukaan manometer,y; (m)
1.	60 $^{\circ}$	54,4	0,010
2.	50 $^{\circ}$	52,6	0,006
3.	40 $^{\circ}$	49,0	0,004
4.	30 $^{\circ}$	43,3	0,002
5.	20 $^{\circ}$	43,3	Tidak terukur
6.	10 $^{\circ}$	42,3	Tidak terukur
7.	0 $^{\circ}$	41,9	Tidak terukur

Pengolahan Data.

Perhitungan yang dilakukan adalah untuk menentukan besar laju perpindahan kalor (q) dan beda tekanan (ΔP) yang terjadi, berdasarkan data hasil pengamatan.

Perhitungan Laju Perpindahan Kalor.

Dalam perhitungan laju perpindahan kalor dan laju perpindahan massa dibutuhkan sifat udara (ρ , c_p , μ , Pr) yang diambil dari Daftar A-5[3] pada temperatur-curahan fluida rata-rata $T_b = (T_i + T_o)/2$, di tiap-tiap kemiringan sudut.

Tabel 5. Hasil perhitungan pada percobaan putaran fan konstan

No.	θ (deg)	h_c (W/m ² .°C)	m (kg/s)	ΔP (N/m ²)	Re	Nu	q (W)
1	0	11,4260	0,1374	19,5337	66816,8	47,1966	594,4964
2	10	11,1912	0,1346	39,0673	57642,3	40,7155	595,8169
3	20	10,2399	0,1232	58,6010	51413,3	36,3084	693,8556
4	30	8,4674	0,1018	78,1347	36978,4	26,1053	788,9054
5	40	6,9946	0,0841	97,6684	27401,4	19,3207	1286,4501
6	50	5,8290	0,0701	117,2020	20641,6	14,5494	1220,1896
7	60	4,5201	0,0543	136,7357	13074,9	9,2053	1345,4653

Tabel 6. Hasil perhitungan pada percobaan dengan kecepatan Udara keluar 4,0 m/s

No.	θ (deg)	h_c (W/m ² .°C)	m (kg/s)	ΔP (N/m ²)	Re	Nu	q (W)
1	0	4,5697	0,0549	-	26282,9	18,5249	751,9835
2	10	4,5704	0,0549	-	26290,2	18,5304	746,5698
3	20	4,5668	0,0549	19,5219	26253,7	18,5031	773,6215
4	30	4,5576	0,0548	39,0438	26158,7	18,4324	843,7554
5	40	4,5300	0,0545	58,5657	25875,8	18,2218	1052,4206
6	50	4,5095	0,0542	78,0876	25667,1	18,0666	1205,8926
7	60	4,4904	0,0540	136,6533	25474,1	17,9233	1347,4847

Tabel 7. Hasil perhitungan pada percobaan dengan kecepatan udara keluar 3,5 m/s

No.	θ (deg)	h_c (W/m ² .°C)	m (kg/s)	ΔP (N/m ²)	Re	Nu	q (W)
1	0	4,0337	0,0485	-	23365,1	16,4835	580,8157
2	10	4,0312	0,0485	-	20559,7	14,5034	599,9706
3	20	4,0251	0,0484	-	20015,9	14,1175	647,7531
4	30	4,0251	0,0484	19,5337	17455,8	12,3118	647,7531
5	40	3,9898	0,0480	39,0673	15556,6	10,9623	917,2526
6	50	3,9675	0,0477	58,6010	13958,1	9,8302	1084,9542
7	60	3,9564	0,0476	97,6684	11446,9	8,0594	1168,0763

Tabel 8. Hasil perhitungan pada percobaan dengan kecepatan Udara keluar 3,0 m/s

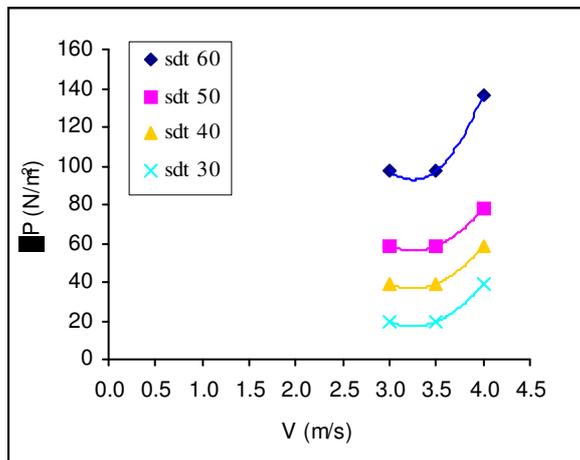
No.	θ (deg)	h_c (W/m ² .°C)	m (kg/s)	ΔP (N/m ²)	Re	Nu	q (W)
1	0	3,4421	0,0414	-	19866,4	14,0087	616,4108
2	10	3,4400	0,0414	-	17481,0	12,3258	632,6804
3	20	3,4389	0,0413	-	17056,6	12,0262	640,8075
4	30	3,4373	0,0413	-	14862,5	10,4787	652,9885
5	40	3,4018	0,0409	19,5337	13208,5	9,3026	922,0186
6	50	3,3875	0,0407	39,0673	11880,9	8,3640	1028,8032
7	60	3,3763	0,0406	78,1347	9735,2	6,8513	1111,2101

Pembahasan

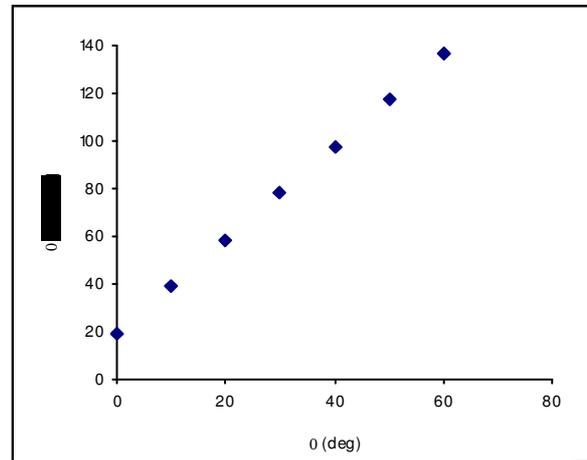
Dalam perpindahan panas ke atau dari fluida yang mengalir di dalam saluran, suhu fluida tidak seragam tetapi berubah sepanjang aliran massa maupun dalam arah aliran panas. Oleh karena itu dalam perhitungan digunakan suhu curahan rata-rata (*average bulk temperatur*, T_b) sebagai suhu fluida acuan dalam menentukan sifat fisis fluida. Penambahan sirip adalah salah satu tujuan untuk menambah turbulensi aliran udara. Dengan kemiringan sirip yang berbeda maka turbulensi udara yang terjadi berbeda-beda. Hal ini berdampak pada beda tinggi permukaan air di manometer (y), kecepatan udara keluar saluran dan beda temperatur antara udara masuk saluran (T_i) dengan udara keluar saluran (T_o) yang berubah seiring dengan perubahan kemiringan sudut.

Beda Tekanan

Salah satu fenomena yang muncul dalam penelitian ini adalah terjadinya penurunan tekanan pada daerah setelah aliran udara meninggalkan sirip. Hal ini disebabkan oleh kemiringan sirip yang mengarahkan aliran udara itu. Di setiap percobaan, beda tinggi permukaan air manometer (y) selalu berubah pada tiap besar kemiringan sirip (θ).



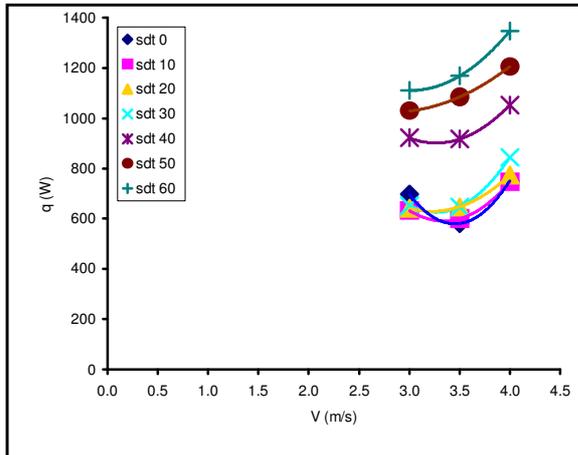
Gambar 2. Grafik hubungan beda tekanan dan kecepatan pada berbagai sudut kemiringan sirip



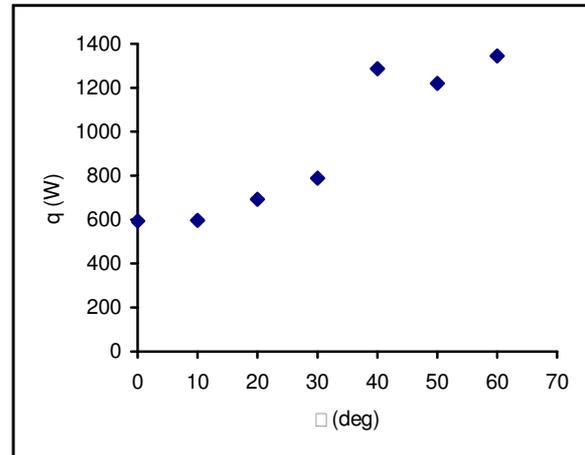
Gambar 3. Grafik hubungan beda tekanan dan kemiringan sudut pada percobaan dengan putaran fan konstan

Laju Perpindahan Kalor

Laju perpindahan kalor dalam saluran yang terjadi pada penelitian ini, sebagai akibat dari kalor yang dipindahkan kawat pijar ke aliran udara yang melewatinya. Dibuktikan dengan perubahan temperatur yang terjadi dimana temperatur udara keluar saluran (T_o) lebih tinggi dari temperatur udara masuk saluran (T_i). Laju aliran massa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7, kemudian setelah itu laju perpindahan kalor (q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8.



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan dan laju perpindahan kalor pada berbagai sudut kemiringan sirip.



Gambar 5 Grafik hubungan antara laju perpindahan kalor dan kemiringan sudut pada percobaan dengan putaran fan konstan.

Kesimpulan.

Setelah melakukan pengamatan dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Beda tekanan (ΔP) semakin besar antara aliran udara sebelum sirip dengan aliran udara sesudah sirip ketika sudut kemiringan sirip (θ) makin besar.
2. Laju perpindahan kalor (q) meningkat ketika sudut kemiringan sirip (θ) makin besar pada kecepatan udara keluar saluran yang berbeda.

Daftar Pustaka

1. Gunawan, Hardi. 1995, *Pengukuran Teknik*, Fakultas Teknik UNSRAT, Manado.
2. Habib, M.A, Mobarak, A.M, Sallak, M.A, E.A. Abdel Hadi, R.I Affify, *Experimental Investigation of Heat Transfer and Flow Over Baffles of Different Heights*, Journal of Heat Transfer Vol. 116,....., May 1994.
3. Holman, J. P, Jasjfi, E, 1988. *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta,.
4. I Made Arya Djoni, 1986. *Mekanika Fluida Dasar I*, ITS, Surabaya.
5. Incropera, Frank P, DeWitt, David P, 1996. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Jhon Wiley & Son's, New York.
6. Kreith, F., Prijono, A., 1986. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.