

ANALISA *PRESSURE DROP* PADA *HEAT-SINK* JENIS *LARGE EXTRUDE* DENGAN VARIASI KECEPATAN UDARA DAN LEBAR SALURAN *IMPINGEMENT* MENGGUNAKAN *CFD* (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*)

Muchammad¹⁾

Abstrak

Pressure drop merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi aliran udara yang melewati *heat sink*, dimana secara tidak langsung berpengaruh pada desain dan performansi *heat sink* tersebut. Penelitian ini mempelajari dan menganalisa penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi pada *heat sink* jenis *large extrude* dengan pengaruh dari metode pendinginan udara *impingement* (*impingement air cooled*). Analisa secara numeris dilakukan dengan bantuan *CFD*. Pemodelan *pressure drop* didasarkan pada aliran laminar didalam saluran rectangular. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi kecepatan aliran udara yang memasuki ducting, dari 0.4 m/s sampai dengan 1 m/s, variasi lebar saluran masuk *impingement* terhadap panjang *heat sink*, dari 25%, 50%, 75% sampai 100%, dan variasi ketinggian fin *heat sink*. Hasil dari analisa menunjukkan bahwa *pressure drop* meningkat dengan menyempitnya lebar saluran masuk *impingement* untuk kecepatan masuk yang sama, namun *pressure drop* menurun dengan meningkatnya tinggi fin *heat sink* untuk *flow rate* yang sama.

Kata kunci: Pressure drop, heat sink, impingement air cooled, saluran rectangular, flow rate.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peningkatan kemampuan pada teknologi komputer modern saat ini menyebabkan komponen-komponen elektroniknya menjadi semakin cepat panas. Hal ini dapat menurunkan kinerja dari komponen tersebut. Sejalan dengan masalah tersebut, maka kebutuhan suatu alat pendingin yang efektif untuk menurunkan panas pada komponen menjadi semakin tinggi. Pendinginan menggunakan *heat sink* merupakan salah satu solusi yang cukup menarik.

Heat sink merupakan alat pendingin yang umum digunakan dewasa ini. Mengingat pentingnya peranan *heat sink*, maka performansinya perlu dianalisa. Pada penelitian ini, analisa dilakukan dari sudut pandang terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*) pada *heat sink*. *Pressure drop* merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh *heat sink* terhadap aliran udara yang melewatinya. Metode analisa dilakukan dengan simulasi menggunakan software-software yang telah dikembangkan saat ini.

Perlu diketahui ada banyak keunggulan dari penggunaan simulasi software dibandingkan dengan pengujian secara ekperimental, yaitu kemudahan dalam mendapatkan data, waktu set up yang relatif singkat, biaya relatif lebih murah dan tidak terpengaruh oleh gangguan lingkungan. Keunggulan ini makin terasa signifikan apabila dihadapkan pada bentuk-bentuk *heat sink* dan fin yang kompleks. Software yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *FLUENT 5.3* yang termasuk dalam kategori *Computational Fluid Dynamic* atau *CFD Software*.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil analisa pengaruh variasi kecepatan udara masuk ducting, variasi lebar saluran *impingement* dan variasi dimensi *heat sink* terhadap *pressure drop* pada *heat sink* jenis *large extrude*.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fluida yang digunakan untuk mendinginkan *heat sink* adalah udara.
2. Metode pendinginan udara yang digunakan adalah pendinginan udara *impingement* (*impingement air cooled*).
3. Temperatur pada semua permukaan *heat sink* dan fin adalah seragam, yaitu sebesar 373 °K.
4. Temperatur udara luar dianggap seragam 27 °C (300 K) dengan tekanan 1 atm.
5. Kecepatan aliran udara yang digunakan untuk mendinginkan *heat sink* adalah 0.4 m/s, 0.5 m/s, 0.6 m/s, 0.7 m/s, 0.8 m/s, 0.9 m/s, dan 1 m/s.
6. Pembahasan terfokus pada analisa karakteristik aliran udara pada *heat sink*.

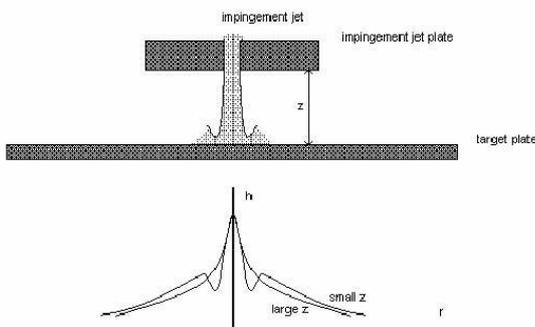
DASAR TEORI

Heat sink merupakan alat penukar kalor yang menyerap panas dari suatu komponen elektronika, panas tersebut kemudian merambat menuju sirip (fin) untuk ditransfer ke lingkungan sekitar. Untuk mempercepat proses transfer, panas pada fin didinginkan menggunakan udara yang mengalir pada celah (channel) diantara sirip-sirip tersebut. Namun

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

pergerakan udara melalui celah ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan sehingga menyebabkan udara tersebut tidak dapat dialirkan secara sempurna untuk mendinginkan fin. Hal ini terjadi karena adanya kerugian-kerugian yang timbul disekitar fin yang disebabkan oleh faktor gesekan. Semua ini berpengaruh terhadap proses pendinginan komponen.

Pada penelitian ini, analisa pressure drop dilakukan dengan metode pendinginan udara impingement (impingement air cooled) pada heat sink jenis large extrude. Impingement merupakan mekanisme perpindahan panas yang sangat efektif untuk proses pendinginan. Hal tersebut dikarenakan oleh bentuk lapisan batas dari aliran impingement yang sangat tipis. "Impingement" disini berarti "tabrakan", dimana suatu pancaran fluida pendingin menumbuk atau menabrak secara tegak lurus dengan permukaan suatu target pada kecepatan aliran tertentu. Pada Gambar 1 terlihat bahwa koefisien perpindahan panas akan menurun seiring dengan meningkatnya radius (jarak dari inti jet).



Gambar 1. Mekanisme perpindahan panas *impingement jet* [Shanghai Jiao Tong University, 2003].

Pressure drop ΔP didapat dari persamaan Bernoulli [Fox, 1994]:

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet} + \frac{1}{2} \rho (V_{inlet}^2 - V_{outlet}^2)$$

Dan untuk menentukan *flow rate* sebagai akibat dari nilai pressure drop dan pengaruh dimensi fin heat sink didapatkan dari persamaan model aliran laminar berkembang penuh didalam saluran rectangular [Fox, 1994]:

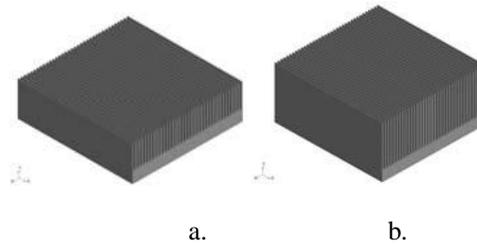
$$Q = \frac{\pi \Delta p D_h^4}{128 \mu L}$$

dimana diameter hidrolik dicari dengan persamaan [Holman, 1994]:

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

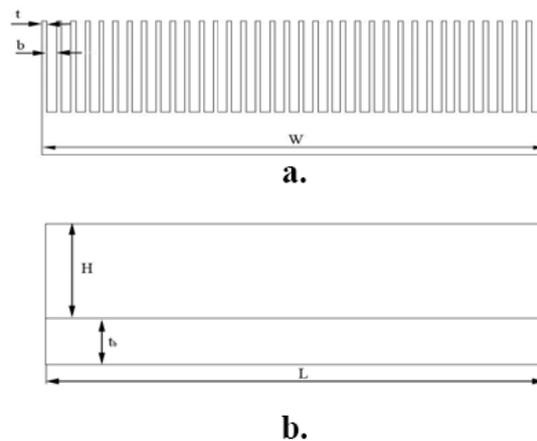
PEMODELAN DAN SIMULASI

Pemodelan heat sink jenis large extrude ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2: Model *heat sink*. (a) *heat sink* variasi pertama, (b) variasi kedua.

Dimensi geometri heat sink pertama dan kedua disajikan pada Gambar 3 dan tabel 1 berikut ini:

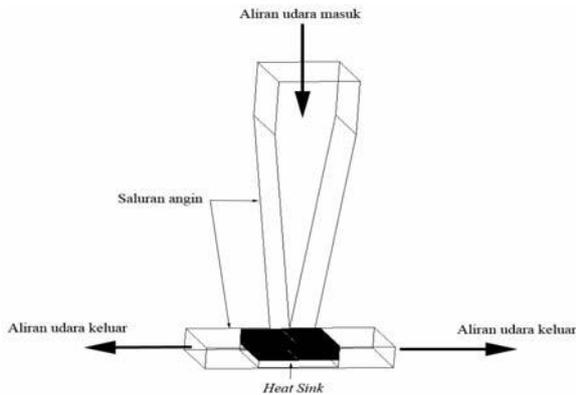


Gambar 3: Geometri *heat sink*.
a. Pandangan samping. b. Pandangan depan

Tabel 1: Dimensi Geometri *Heat Sink* Pertama dan Kedua.

Config.	Heat Sink #1	Heat Sink #2
L (mm)	127	127
W (mm)	122	122
t (mm)	12.7	12.7
t (mm)	1.2	1.2
b (mm)	2.25	2.25
H (mm)	26.5	50.0
N _f	36	36

Model simulasi pendinginan udara impingement pada heat sink jenis large extrude dapat dilihat pada Gambar 4.

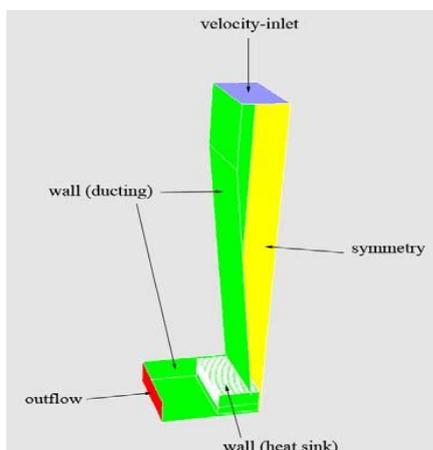


Gambar 4: Model simulasi impingement air cooled large extrude heat sink.

Simulasi pada FLUENT 5.3 hanya dilakukan pada setengah bagian dari model simulasi, hal ini disebabkan medan aliran dan medan tekanan dianggap sama pada setengah bagian yang lain karena bentuknya yang simetris. Tipe kondisi batas dari model simulasi ini diberikan pada tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2: Tipe Kondisi Batas

Specify Boundary Types		
Nama		Tipe
Permukaan aliran masuk	aliran	Velocity-inlet
Permukaan aliran keluar	aliran	Outflow
Permukaan Heat sink		Wall
Permukaan simetri		Symmetry
Permukaan ducting		Wall



Gambar 5: Kondisi batas dari model simulasi pada FLUENT 5.3.

Ukuran grid yang dipakai untuk penggenerasian mesh diberikan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3: Model Penggenerasian Mesh.

Daerah Mesh	Jenis dan Ukuran Grid
Permukaan Heat sink	Tri Pave dengan Interval Size 0.0016
Volume Ducting	Tgrid dengan Interval Size 0.006

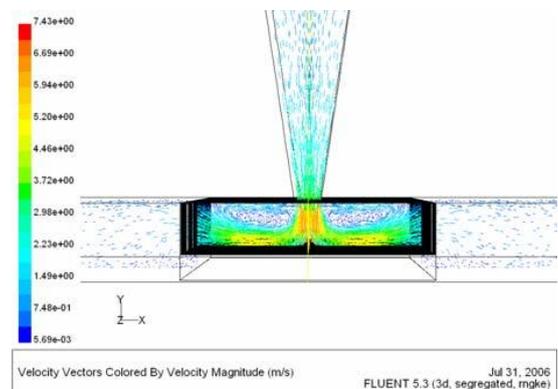
Berbagai alternatif metode solusi telah dilakukan sehingga pada akhirnya diperoleh metode solusi yang terbaik seperti pada tabel 4.

Tabel 4: Model Solusi yang Digunakan

Config.	Metode Solusi
Solver	Segregated solver
Calculation Method	Steady
Viscous	K-epsilon, RNG, Diff. Viscosity model
Material fluida pendingin	Udara
Operating Condition: Operating Pressure	101325 Pa
Initialize: Compute from	Permukaan aliran masuk (velocity-inlet)
Convergence criterion	$1e^{-4}$

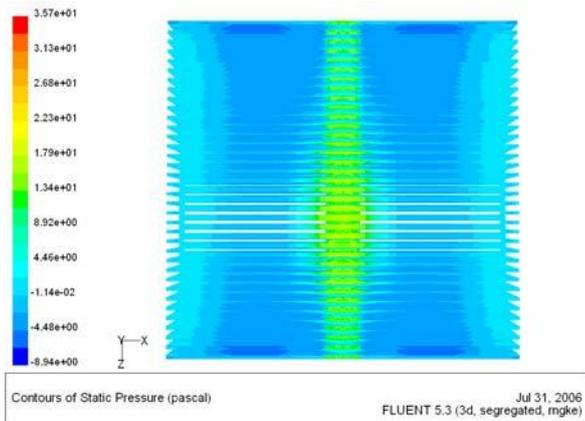
PRESSURE DROP DAN FLOW RATE PADA BERBAGAI VARIASI KECEPATAN ALIRAN DAN VARIASI LEBAR SALURAN MASUK IMPINGEMENT PADA HEAT SINK

Pada Gambar 6 berikut ini diperlihatkan contoh arah aliran udara yang melewati celah fin dengan z konstan untuk heat sink pertama dengan kecepatan udara masuk ducting 0.4 m/s dan lebar impingement 25%L.



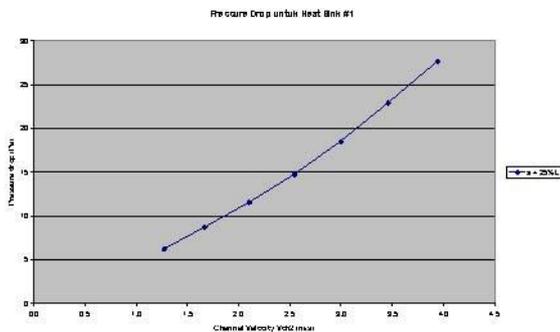
Gambar 6: Contoh arah aliran udara yang melewati celah antar fin heat sink pertama pada V_d 0.4 m/s dan s 25%L.

Contoh kontur distribusi tekanan statik pada heat sink pertama dengan kecepatan udara masuk ducting 0.4 m/s dan lebar impingement 25%L diperlihatkan pada Gambar 7.

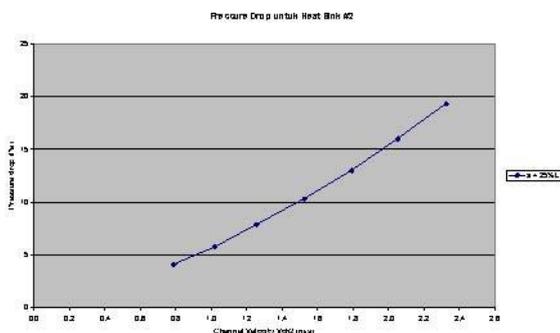


Gambar 7 Contoh distribusi tekanan statik *heat sink* pertama pada V_d 0.4 m/s dan s 25%L.

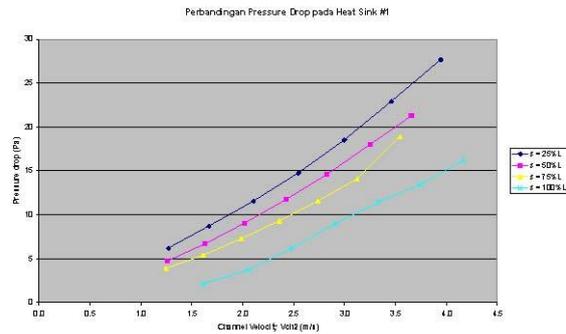
Pengaruh variasi kecepatan udara dan pengaruh variasi lebar saluran masuk impingement terhadap pressure drop dapat dilihat pada Gambar 8 sampai dengan 11 berurutan untuk heat sink pertama dan kedua pada lebar impingement 25%L.



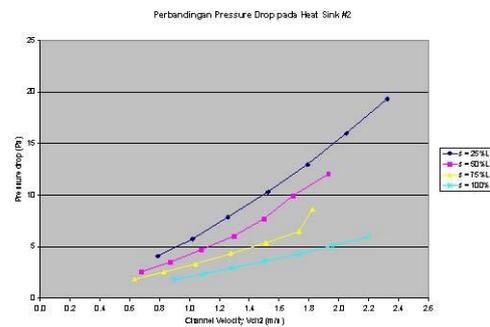
Gambar 8: *Pressure drop* pada *heat sink* pertama dengan lebar *impingement* 25%L



Gambar 9: *Pressure drop* pada *heat sink* kedua dengan lebar *impingement* 25%L



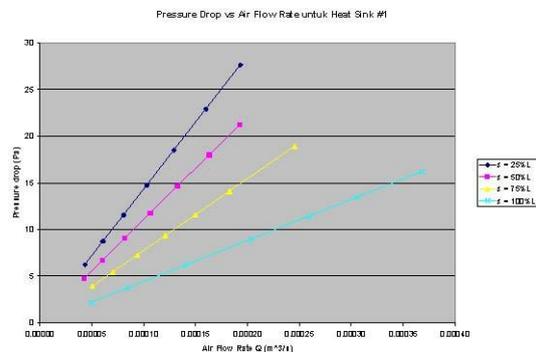
Gambar 10: Perbandingan *pressure drop* terhadap lebar *impingement* pada *Heat Sink* #1



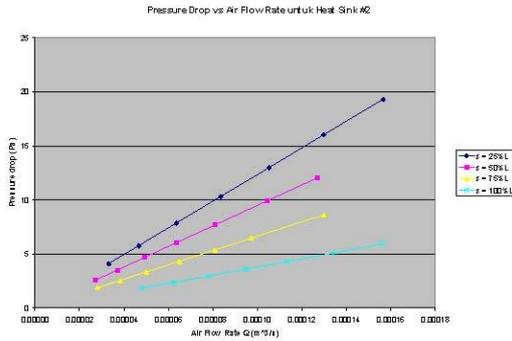
Gambar 11: Perbandingan *pressure drop* terhadap lebar *impingement* pada *Heat Sink* #2.

Gambar 8 sampai dengan 11 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kecepatan pada channel heat sink menyebabkan nilai pressure drop semakin besar. Gambar tersebut juga memperlihatkan bahwa lebar saluran impingement yang semakin kecil menghasilkan nilai pressure drop yang semakin besar. Hal ini terjadi karena kecepatan udara masuk impingement meningkat ketika lebar impingement mengecil.

Perbandingan nilai *flow rate* dengan harga pressure drop pada semua lebar impingement untuk heat sink pertama dan kedua berurutan diperlihatkan pada Gambar 12 dan 13.



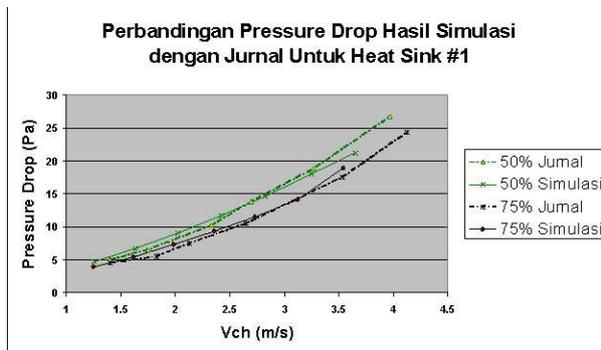
Gambar 12: Perbandingan *pressure drop vs flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink* #1



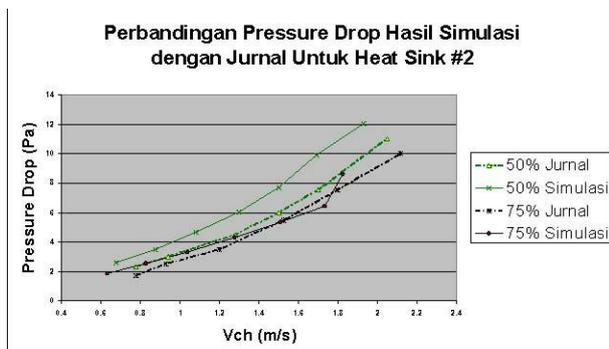
Gambar 13: Perbandingan *pressure drop vs flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink #2*

Gambar 12 dan 13 memperlihatkan peningkatan nilai *pressure drop* ketika lebar saluran *impingement* mengecil untuk harga *flow rate* yang sama. Harga *flow rate* ini nantinya digunakan juga untuk membandingkan nilai *pressure drop* yang terjadi antara *heat sink* pertama dan kedua pada kondisi batas dan metode solusi yang sama.

Untuk validasi maka perlu dibandingkan hasil simulasi terhadap jurnal yang menjadi acuan dalam pembuatan tugas akhir ini. Harga *pressure drop* untuk perbandingan hasil simulasi dengan jurnal pada *heat sink* pertama dan kedua untuk lebar saluran *impingement* 50%L dan 75%L dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15 berikut ini.



Gambar 14: Perbandingan *pressure drop* hasil simulasi dengan jurnal pada *Heat Sink #1*

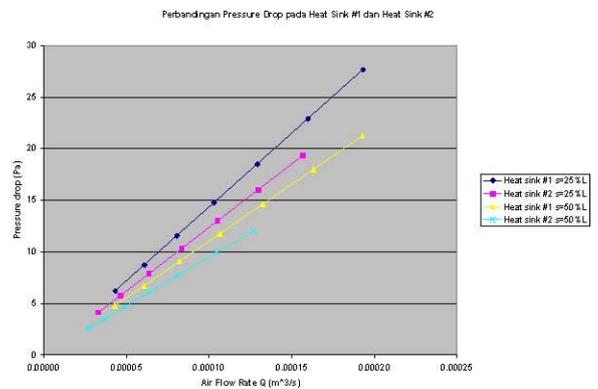


Gambar 15: Perbandingan *pressure drop* hasil simulasi dengan jurnal pada *Heat Sink #2*.

Dari Gambar 14 dan 15 dapat dilihat bahwa perbandingan antara data hasil simulasi dengan jurnal tidak jauh berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa simulasi sudah mendekati dengan jurnal. Data error yang terjadi pada hasil simulasi berkisar $\pm 13.62\%$ bila dibandingkan dengan data dari jurnal. Error ini disebabkan karena ada beberapa faktor yang tidak diketahui secara jelas pada jurnal seperti geometri ducting yang tidak dijelaskan pada jurnal dan titik untuk pengambilan data yang tidak diketahui secara pasti.

PENGARUH TINGGI *FIN* TERHADAP *PRESSURE DROP*

Heat sink pertama dan kedua memiliki dimensi yang sama, kecuali pada ketinggian *fin*-nya (*H*). Perbandingan *pressure drop* pada kedua *heat sink* tersebut untuk lebar saluran *impingement* 25%L dan 50%L diperlihatkan pada Gambar 16.



Gambar 16: Pengaruh ketinggian *fin* terhadap *pressure drop* pada *Heat Sink #1* dan *#2*

Gambar 16 memperlihatkan peningkatan harga *pressure drop* dengan menurunnya ketinggian *fin* *heat sink* pada harga *flow rate* yang sama. Hal ini terjadi karena kecepatan channel meningkat ketika ketinggian *fin* menurun.

KESIMPULAN

Dari simulasi dan analisa *pressure drop* pada *heat-sink* jenis *large extrude* dengan metode pendinginan udara *impingement*, didapatkan hasil yang pada akhirnya menuju pada suatu kesimpulan sebagai berikut.

1. *Pressure drop* terbesar memiliki harga 27.64456 Pa, terjadi pada *heat sink #1* dengan kecepatan masuk ducting 1 m/s dan lebar saluran *impingement* 25%L. Sedangkan *pressure drop* terkecil memiliki harga 1.82087 Pa, terjadi pada *heat sink #2* dengan kecepatan masuk ducting 0.4 m/s dan lebar saluran masuk *impingement* 100%L.
2. *Flow rate* terbesar memiliki harga 0.000368053 m³/s, terjadi pada *heat sink #1* dengan kecepatan

masuk ducting 1 m/s dan lebar saluran impingement 100%L. Sedangkan flow rate terkecil memiliki harga $0.0000271 \frac{m^3}{s}$, terjadi pada heat sink #2 dengan kecepatan masuk ducting 0,4 m/s dan lebar saluran impingement 50 %L.

3. Nilai pressure drop yang terjadi meningkat dengan peningkatan harga flow rates pada setiap variasi lebar saluran impingement.
4. Nilai pressure drop meningkat ketika lebar saluran masuk impingement mengecil untuk flow rate yang sama.
5. Nilai pressure drop menurun ketika ketinggian fin heat sink meningkat untuk flow rate yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Duan, Z, Impingement Air Cooled Plate Fin Heat Sinks, M.Eng. Thesis, Memorial University of Newfoundland, 2003.
2. Fox, Robert W and Alan T. Mc Donald, Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition, SI Version, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 1994.
3. Harahap F, Perkins H.C and Reynold W.C, Termodinamika Teknik, Erlangga, Jakarta, 1994.
4. Holman, J. P., Perpindahan Kalor, edisi keenam, Erlangga, Jakarta, 1988.
5. Incropera, F.P and De Witt D.P, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Third Edition, John Wiley & Sons, 1996.
6. Muzychka, Y.S. ,dan Yovanovich,M.M.,”Laminar Flow Friction And Heat Transfer In Non Circular Duct and channels”: Part I Hidrodynamic Problem,”Compact Heat Exchangers,A Festschrift On 60th Birthday of Ramesh K.Shah, Grenoble, French ,August 24,pp.123-120.2002.