

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

Oleh:  
Muchammad\*)

**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 analisis 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.*

**NOMENKLATUR**

$A$  = Luas penampang,  $m^2$   
 $b$  = Lebar *channel heat sink*, m  
 $c$  = Kecepatan suara, m/s  
 $D$  = Diameter penampang lingkaran, m  
 $D_h$  = Diameter hidrolis, m  
 $H$  = Tinggi *fin heat sink*, m  
 $H_h$  = Tinggi *ducting* untuk saluran udara keluar, m  
 $H_v$  = Tinggi *ducting* untuk saluran udara masuk, m  
 $g$  = Percepatan gravitasi,  $m/s^2$

$L$  = Panjang *heat sink*, m  
 $L_{eff}$  = Panjang efektif, m  
 $L_h$  = Lebar *ducting*, m  
 $N_f$  = Jumlah *fin*  
 $P$  = Perimeter basah, m  
 $P_h$  = Panjang *ducting* untuk saluran udara keluar, m  
 $P_v$  = Panjang *ducting* untuk saluran udara masuk, m  
 $P_{inlet}$  = Tekanan statik pada *impingement inlet heat sink*, Pa

\*) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## GE EXTRUDE SALURAN

$P_{outlet}$	= Tekanan statik pada <i>outlet heat sink</i> , Pa
$\otimes P$	= <i>Pressure drop</i> , Pa
$Q$	= <i>Flow rate</i> , m <sup>3</sup> /s
$R$	= Jari-jari penampang lingkaran, m = jarak dari titik pusat pipa arah radial, m
$Re$	= <i>Reynold Number</i> = $D_h V_{ch} \rho / \mu$
$s$	= Lebar impingment inlet, m
$t$	= Tebal <i>fin heat sink</i> , m
$t_b$	= Tebal <i>base plate heat sink</i> , m
$u$	= Kecepatan udara pada volume atur, m
$V_{ch}$	= Kecepatan udara pada <i>channel heat sink</i> , m/s
$V_d$	= Kecepatan udara masuk pada <i>ducting</i> , m/s
$V_{inlet}$	= Kecepatan masuk <i>impingement heat sink</i> , m/s
$V_{outlet}$	= Kecepatan keluar <i>heat sink</i> , m/s
$W$	= Kecepatan udara, m/s
$W$	= Lebar <i>base heat sink</i> , m
$\rho$	= Densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\tau$	= Tegangan geser, N/m <sup>2</sup>
$\mu$	= viskositas dinamik, N.s /m <sup>2</sup>

hi aliran udara yang dan performansi *heat sink* (*pressure drop*) yang dengan bantuan CFD. dengan *rectangular*. Parameter yang memasuki *ducting* terhadap panjang *heat sink*. Hasil dari analisa lebar saluran masuk *drop* menurun dengan

angular, *flow rate*.

*sink*, m  
tif, m  
g, m

sah, m  
ting untuk saluran udara  
ting untuk saluran udara

titik pada *impingement sink*, Pa

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Peningkatan kemampuan pada teknologi computer modern saat ini menyebabkan komponen-komponen elektroniknya menjadi semakin cepat panas. Hal ini dapat menurunkan kinerja dari komponen tersebut. Gejala dengan masalah tersebut, maka dibutuhkan 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 penelitian ini adalah kategori *Computational Fluid Dynamic* atau *CFD Software*.

### Tujuan

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:

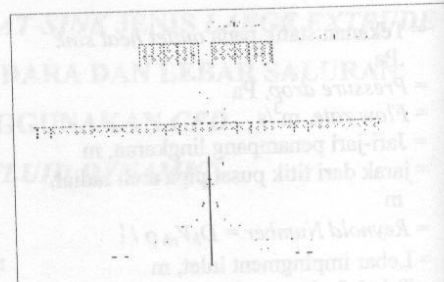
1. Fluida yang digunakan untuk mendinginkan *heat sink* adalah udara.
2. Metode pendinginan udara yang digunakan adalah pendinginan udara *impingement (impingement air cooled)*.
3. Temperatur pada semua permukaan *heat sink* dan *fin* adalah seragam, yaitu sebesar 373 °K.
4. Temperatur udara luar dianggap 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.

- 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 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*  $\Delta P$  didapat dari persamaan *Bernoulli* [Fox, 1994]:

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

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]:

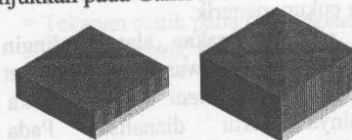
$$Q = \frac{\pi \Delta p D_h^4}{128 L} \dots (2)$$

dimana diameter hidrolis  $D_h$  dicari dengan persamaan [Holman, 1994]:

$$D_h = \frac{4A}{P} \dots (3)$$

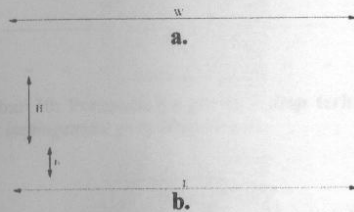
### PEMODELAN DAN SIMULASI

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 depan, (b) pandangan samping.

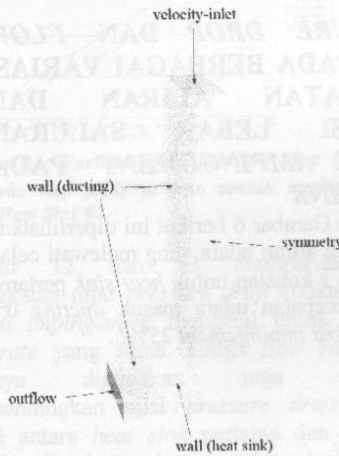
Tabel 1: Dimensi Geometri *Heat Sink* Pertama dan Kedua.

Config.	Heat Sink #1	Heat Sink #2
L (mm)	127	127
W (mm)	122	122
$t_b$ (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

Simulasi pada *CFD* 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 <i>Heat sink</i>		Wall
Permukaan simetri		Symmetry
Permukaan <i>ducting</i>		Wall



Gambar 5: Kondisi batas dari model simulasi pada *CFD*

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

Tabel 3: Model Penggenerasian *Mesh*.

Daerah <i>Mesh</i>	Jenis dan Ukuran <i>Grid</i>
Permukaan <i>Heat sink</i>	Tri Pave dengan Interval Size 0.0016
Volume <i>Ducting</i>	Tgrid dengan Interval Size 0,006

Berbagai alternatif metode solusi telah dilakukan sehingga pada akhirnya diperoleh

erpindahan panas  
ao Tong University,

P didapat dari  
1994]:

$$(V_{inlet}^2 - V_{outlet}^2) \dots (1)$$

flow rate sebagai  
drop dan pengaruh  
didapatkan dari  
laminar berkembang  
ctangular [Fox, 1994]:

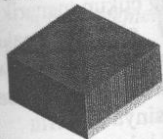
$$\dots (2)$$

ik  $D_h$  dicari dengan

$$\dots (3)$$

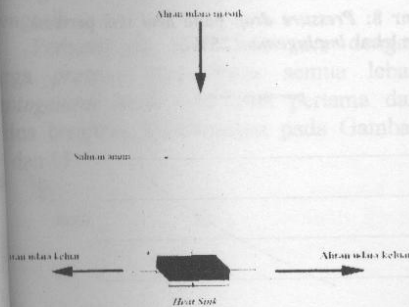
**AN SIMULASI**

sink jenis large extrude  
bar 2.



sink. (a) *heat sink* variasi  
ua.

Model simulasi pendinginan udara  
mpingement pada *heat sink* jenis large  
xtrude dapat dilihat pada Gambar 4



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



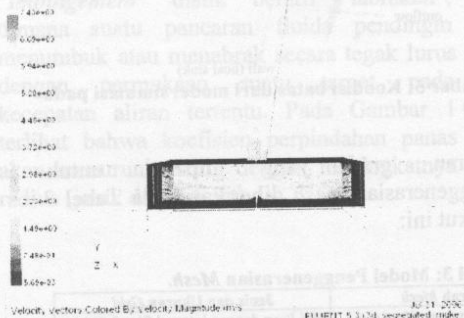
metode solusi yang terbaik seperti pada tabel 4.

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 <sup>-4</sup>

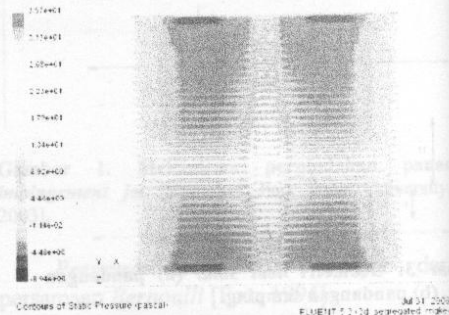
**PRESSURE DROP DAN FLOW RATE PADA BERBAGAI VARIASI KECEPATAN ALIRAN DAN VARIASI LEBAR SALURAN MASUK IMPINGEMENT PADA HEAT SINK**

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.



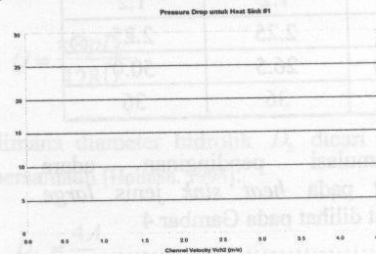
Gambar 6: Contoh arah aliran udara yang melewati celah antar *fin* *heat sink* pertama pada  $V_d$  0.4 m/s dan  $s$  25%L.

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.

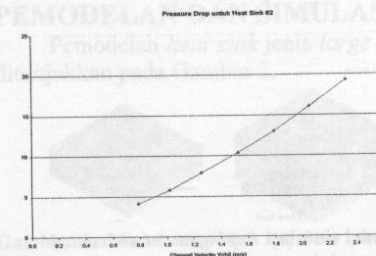


Gambar 7 Contoh distribusi tekanan statik *heat sink* pertama pada  $V_d$  0.4 m/s dan  $s$  25%L.

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.

mbar 10: P ar impingem

mbar 11: P ar impingem

mbar 8 sa rwa semak at sink me nakin be mperlihatk impingement nhasilkan nakin be epatan ningkat ngecil.

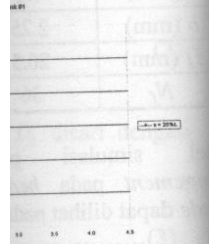
Perband ga press impingement lua beruru dan 13.

tekanan statik pada kecepatan udara lebar *impingement* gambar 7.

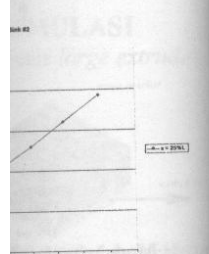


tekanan statik *heat sink* dan s 25%L.

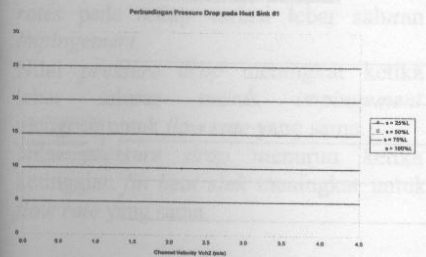
kecepatan udara dan saluran masuk *pressure drop* dapat sampai dengan 11 pertama dan kedua 5%L.



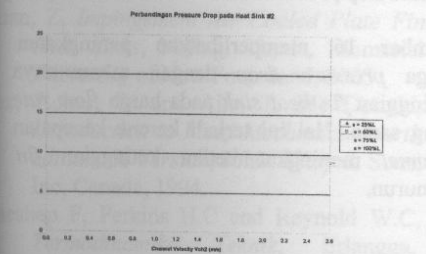
pada *heat sink* pertama 5%L.



pada *heat sink* kedua 5%L.



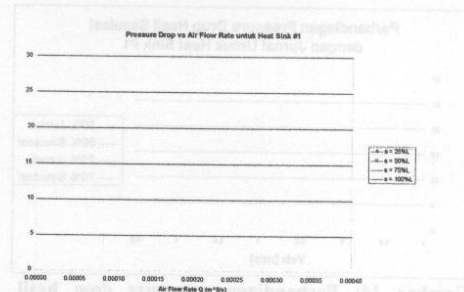
Gambar 10: Perbandingan *pressure drop* terhadap lebar *impingement* pada *Heat Sink* #1.



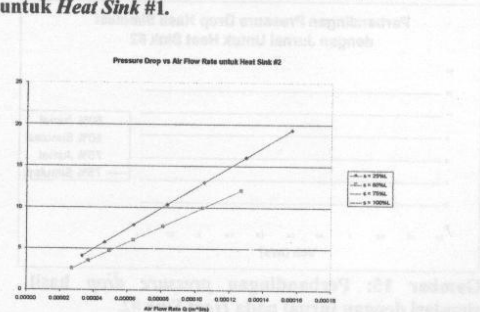
Gambar 11: Perbandingan *pressure drop* terhadap lebar *impingement* pada *Heat Sink* #2.

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 *pressure drop* pada semua lebar *impingement* untuk *heat sink* pertama dan dua berurutan diperlihatkan pada Gambar 12 dan 13.



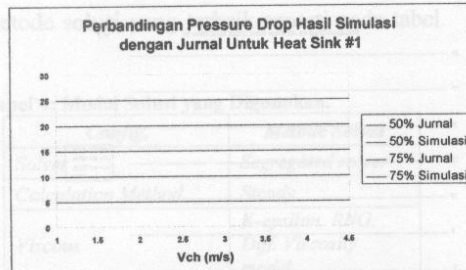
Gambar 12: Perbandingan *pressure drop* vs *flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink* #1.



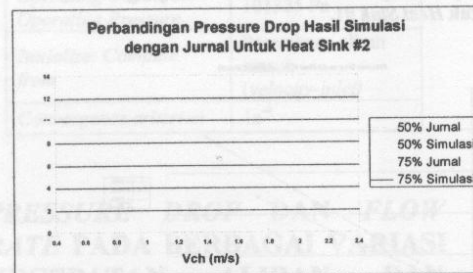
Gambar 13: Perbandingan *pressure drop* vs *flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink* #2.

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 di lihat pada Gambar 14 dan 15 berikut ini.



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

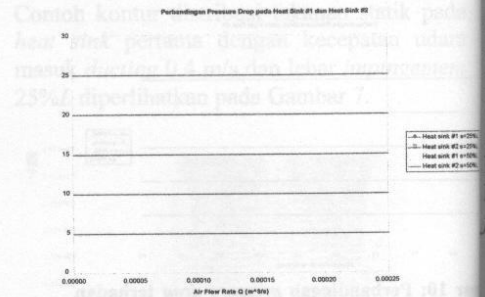


Gambar 15: Perbandingan *pressure drop* hasil simulasi dengan jurnal pada *Heat Sink* #2.

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 menu- pada suatu kesimpulan sebagai berikut.

1. *Pressure drop* terbesar memiliki harga 27.64456 Pa, terjadi pada *heat sink* dengan kecepatan masuk *ducting* 1 m/s dan lebar saluran *impingement* 25%. 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 *impingement* 100%L.
2. *Flow rate* terbesar memiliki harga 0.000368053 m<sup>3</sup>/s, terjadi pada *heat sink* #1 dengan kecepatan masuk *ducting* 1 m/s dan lebar saluran *impingement* 100%. Sedangkan *flow rate* terkecil memiliki harga 0.0000271 m<sup>3</sup>/s, terjadi pada *heat sink* #2 dengan kecepatan masuk *ducting* 0.4 m/s dan lebar saluran *impingement* 25%L.
3. Nilai *pressure drop* yang terjadi meningkat dengan peningkatan harga *flow rate*.

rates pada setiap variasi lebar saluran *impingement*.

Nilai *pressure drop* meningkat ketika lebar saluran masuk *impingement* mengecil untuk *flow rate* yang sama.

Nilai *pressure drop* menurun ketika ketinggian *fin heat sink* meningkat untuk *flow rate* yang sama.

tinggian *fin* terhadap #1 dan #2.

katkan peningkatan dengan menurunnya pada harga *flow rate*, di karena kecepatan jika ketinggian *fin*

analisa *pressure drop* *large extrude* dengan udara *impingement*, pada akhirnya menuju sebagai berikut.

esar memiliki harga li pada *heat sink* masuk *ducting* 1 m, *impingement* 25% *ure drop* terkecil 2087 Pa, terjadi pada gan kecepatan masuk n lebar saluran masuk L.

sar memiliki harga terjadi pada *heat sink* n masuk *ducting* 1 m, *impingement* 100% *rate* terkecil memiliki m<sup>3</sup>/s, terjadi pada hea cepatan masuk *ducting* saluran *impingement* 5

*drop* yang terjadi peningkatan harga *flow*

DAFTAR PUSTAKA

igital life.com  
uan, Z, *Impingement Air Cooled Plate Fin Heat Sinks*, M.Eng. Thesis, Momerial University of New Foundland, 2003.  
Robert W and Alan T. Mc Donald, *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition, SI Version*, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 1994.  
arahap F, Perkins H.C and Reynold W.C, *Termodinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta, 1994.  
Holman, J. P., *Pepindahan Kalor, edisi keenam*, Erlangga, Jakarta, 1988.  
propera, F.P and De Witt D.P, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Third Edition*, John Wiley & Sons, 1996.  
uzychka, 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 60<sup>th</sup> Birthday of Ramesh K.Shah, Grenoble, French ,August 24,pp.123-120.2002.*

