

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

Oleh:

Muhammad*

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 udar *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

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

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

* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

GE EXTRUDE**SALURAN**

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

tangular, flow rate.

sink, m

tif, m

g, m

sa, m

ting untuk saluran udara

ting untuk saluran udara

titik pada impingement

ink, Pa

P_{outlet}	= Tekanan statik pada <i>outlet heat sink</i> , Pa
ΔP	= <i>Pressure drop</i> , Pa
Q	= <i>Flow rate</i> , m ³ /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
	= 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
V	= Kecepatan udara, m/s
	= Lebar <i>base heat sink</i> , m
	= Densitas, kg/m ³
	= Tegangan geser, N/m ²
	= viskositas dinamik, N.s/m ²

PENDAHULUAN**Latar Belakang**

Peningkatan kemampuan pada teknologi komputer modern saat ini menyebabkan komponen-komponen elektronikanya menjadi emakin cepat panas. Hal ini dapat menurunkan kinerja dari komponen tersebut. Sejalan 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 melewatiinya. 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 eksperimental, 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:

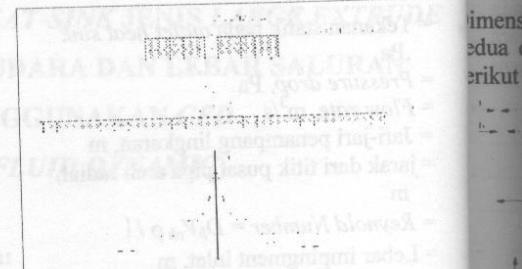
1. Fluida yang digunakan untuk mendinginkan *heat sink* adalah udara.
2. Metode pendinginan udara yang digunakan adalah pendinginan udara *impingement (impingement air cooled)*.
3. Temperatur pada semua permukaan *heat sink* dan *fin* adalah seragam, yaitu sebesar 373 °K.
4. Temperatur udara luar dianggap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

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 pergerakan udara melalui celah ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan sehingga menyebabkan udara tersebut tidak dapat dialirkkan 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]:

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

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]:

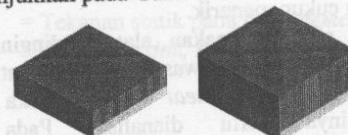
$$Q = \frac{\pi \Delta P D_h^4}{128 L} \dots (2)$$

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

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

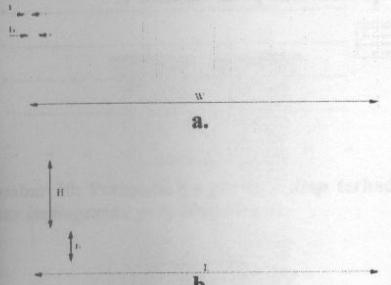
PEMODELAN DAN SIMULASI

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

terpindahan panas
ao Tong University,

p didapat dari
[Fox, 1994]:

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

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

$$\dots \dots \dots (2)$$

ik D_h dicari dengan
:

$$\dots \dots \dots (3)$$

IN SIMULASI
sink jenis large extrude
bar 2.

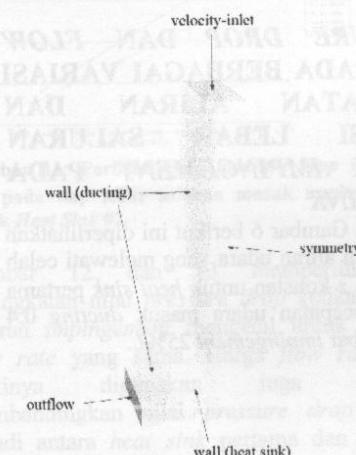


Gambar 4: Model simulasi impingement air cooled
ge extrude heat sink.

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	Velocity-inlet
Permukaan aliran keluar	Outflow
Permukaan Heat sink	Wall
Pernyataan simetri	Symmetry
Permukaan ducting	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 Mesh	Jenis dan Ukuran Grid
Permukaan Heat sink Volume Ducting	Tri Pave dengan Interval Size 0.0016 Tgrid dengan Interval Size 0,006

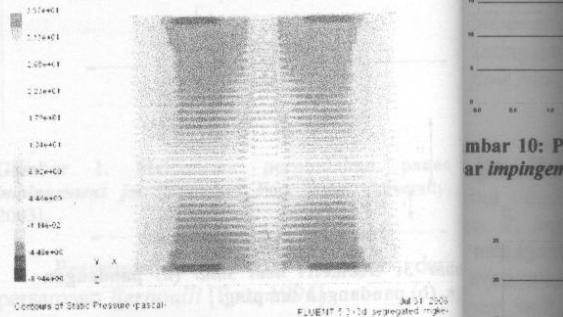
Berbagai alternatif metode solusi telah dilakukan sehingga pada akhirnya diperoleh

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	$1e^{-4}$

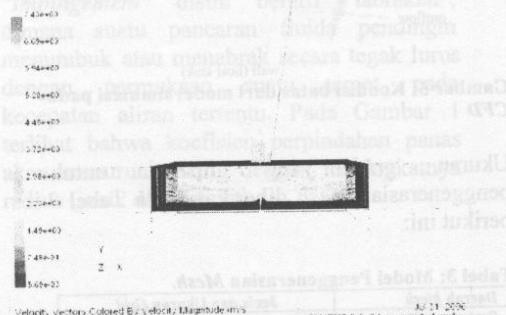
Contoh kontur distribusi tekanan statik pada *heat sink* pertama dengan kecepatan udara masuk *ducting* 0.4 m/s dan lebar *impingement* 25%*L* diperlihatkan pada Gambar 7.



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

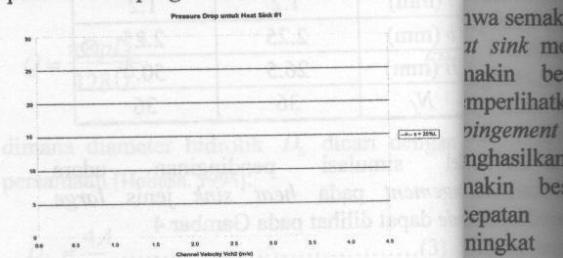
PRESSURE DROP DAN FLOW RATE PADA BERBAGAI VARIASI KECEPATAN ALIRAN DAN VARIASI LEBAR SALURAN MASUK IMPINGEMENT PADA HEAT SINK

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*.

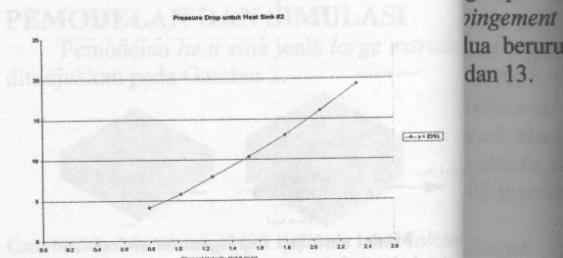


Gambar 6: Contoh arah aliran udara yang melewati celah antar *fin* *heat sink* pertama pada V_d 0.4 m/s dan s 25%*L*.

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*.

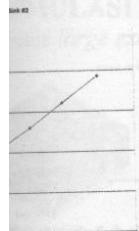
ekanan statik pada kecepatan udara lebar *impingement* ambar 7.



tekanan statik *heat* dan $s 25\%L$.

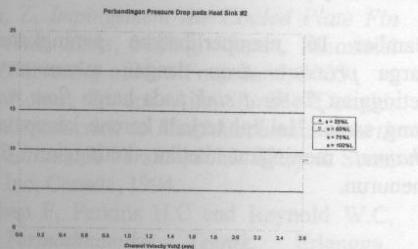
kecepatan udara dan saluran masuk *pressure drop* dapat sampai dengan 11 pertama dan kedua $5\%L$.

ada *heat sink* pertama 5% .



pada *heat sink* kedua 5% .

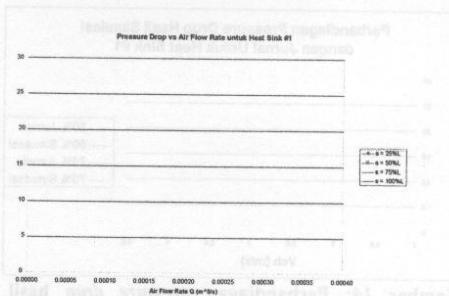
Gambar 10: Perbandingan *pressure drop* terhadap bar *impingement* pada *Heat Sink* #1.



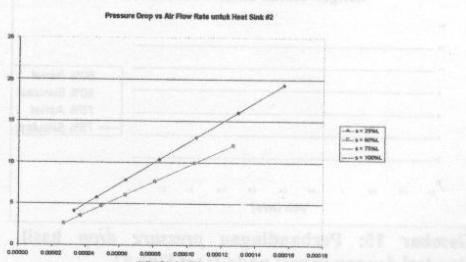
Gambar 11: Perbandingan *pressure drop* terhadap bar *impingement* pada *Heat Sink* #2.

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

Perbandingan nilai *flow rate* dengan rga *pressure drop* pada semua lebar *pingement* untuk *heat sink* pertama dan dua berurutan diperlihatkan pada Gambar dan 13.



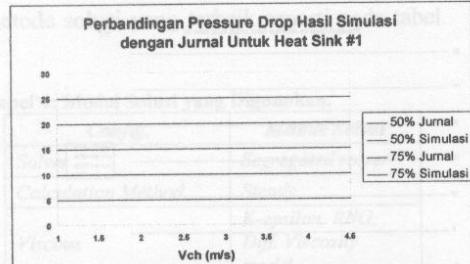
Gambar 12: Perbandingan *pressure drop* vs *flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink* #1.



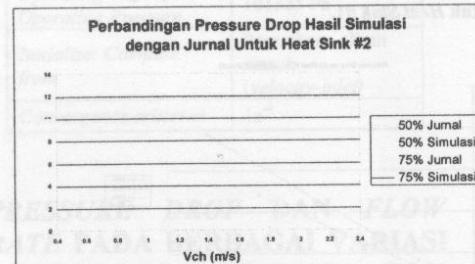
Gambar 13: Perbandingan *pressure drop* vs *flow rate* pada tiap lebar saluran masuk *impingement* untuk *Heat Sink* #2.

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.

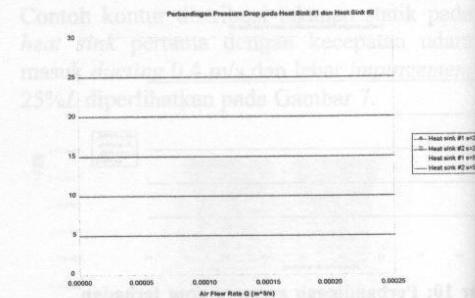


Gambar 15: Perbandingan pressure drop hasil simulasi dengan jurnal pada Heat Sink #2.

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 menuai suatu kesimpulan sebagai berikut.

1. *Pressure drop* terbesar memiliki harga 27.64456 Pa, terjadi pada *heat sink* #2 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%.
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%. Sedangkan *flow rate* terkecil memiliki harga 0.0000271 m³/s, terjadi pada *heat sink* #2 dengan kecepatan masuk *ducting* 0.4 m/s dan lebar saluran *impingement* 100%.
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.

AFTAR PUSTAKA

inggian fin terhadap #1 dan #2.

latkan peningkatan lengan menurunnya pada harga *flow rate* oxidi karena kecepatan jika ketinggian *fin*

Heat Sinks, M.Eng. Thesis, Memorial 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.

opera, F.P and De Witt D.P, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Third Edition, John Wiley & Sons, 1996.

analisa pressure drop
urge extrude dengan
udara impingement,
ada akhirnya menuju
ebagai berikut.
eser memiliki harga
lumah heat sink #uzvchka

Holman, J. P., *Pepindahan Kalor*, edisi
keenam, Erlangga, Jakarta, 1988.
cropera, F.P and De Witt D.P,
*Fundamentals of Heat and Mass
Transfer, Third Edition*, John Wiley &
Sons, 1996.

Y S dan

li pada heat sink #1uzynka, Y.S. dan masuk ducting 1 m² Yovanovich,M.M., "Laminar Flow impingement 25%L Friction And Heat Transfer In Non Circular Duct and channels": Part I ure drop terkecil 2087 Pa, terjadi pada hidrodynamic Problem, "Compact Heat gan kecepatan masul Exchangers,A Festschrift On 60th n lebar saluran masul Birthday of Ramesh K.Shah, Grenoble, French ,August 24,pp.123-120.2002.

saluruan *impingement* 5%

drop yang terjadi *peningkatan harga fl*_o