

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Batasan Masalah	3
I.4. Tujuan Penelitian	3
I.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III DASAR TEORI	7
III.1. <i>Micro-Reactor Heat Pipe</i>	7
III.2. Pipa Kalor pada <i>Micro-Reactor Heat Pipe</i>	17
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	27
IV.1. Penentuan Dimensi <i>Wick</i> dan Fluida Pipa Kalor	27
IV.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	29
IV.3. Tata Laksana Penelitian	29
IV.4. Model Pipa Kalor untuk Analisis.....	32
IV.5. Analisis Keadaan Statis Antarmuka Fase Cair-Uap pada Pipa Kalor	34
IV.6. Analisis Laju Aliran Massa pada Pipa Kalor	35
IV.7. Analisis Tekanan pada Pipa Kalor	39
IV.7.1. Analisis rugi-rugi tekanan pada fase uap	39



IV.7.2. Analisis rugi-rugi tekanan elevasi pada fase uap	40
IV.7.3. Analisis rugi-rugi tekanan friksi fase uap	41
IV.7.4. Analisis rugi-rugi tekanan akselerasi fase uap	43
IV.7.5. Analisis rugi-rugi tekanan keseluruhan fase uap	45
IV.7.6. Analisis rugi-rugi tekanan fase cair	45
IV.7.7. Analisis rugi-rugi tekanan elevasi fase cair	46
IV.7.8. Analisis rugi-rugi tekanan akselerasi fase cair	47
IV.7.9. Analisis rugi-rugi tekanan friksi fase cair	48
IV.7.10. Analisis rugi-rugi tekanan keseluruhan fase cair	50
IV.7.11. Tekanan pendorong kapilaritas pada fase cair	51
IV.8. Batasan-Batasan Kerja Pipa Kalor	52
IV.8.1. Batasan viskositas	53
IV.8.2. Batasan sonik	53
IV.8.3. Batasan kapiler	54
IV.8.4. Batasan <i>entrainment</i>	56
IV.8.5. Batasan pendidihan	56
IV.8.6. Daerah operasi pipa kalor	58
IV.9. Analisis Termal pada Pipa Kalor	59
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	64
V.1. Variasi Radius Kapiler untuk Pipa Kalor MRHP	64
V.2. Peta Daerah Operasi untuk Pipa Kalor Natrium	68
V.3. Koefisien Transfer Kalor Pipa Kalor Natrium	73
V.4. Peta Daerah Operasi untuk Pipa Kalor Kalium	74
V.5. Koefisien Transfer Kalor Pipa Kalor Kalium	78
V.6. Evaluasi Pipa Kalor Natrium dan Kalium	79
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	84
VI.1. Kesimpulan	84
VI.2. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN A HASIL PERHITUNGAN PETA DAERAH OPERASI	90
LAMPIRAN B HASIL PERHITUNGAN KOEFISIEN TRANSFER KALOR	97



DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Spesifikasi singkat reaktor-reaktor mikro yang dikembangkan [5].....	9
Tabel III.2 Spesifikasi singkat <i>Micro-Reactor Heat Pipe</i> [3].....	12
Tabel III.3 Skema elemen teras integral MRHP [3]	14
Tabel III.4 Skema elemen teras integral MRHP (lanjutan) [3].....	15
Tabel III.5 Fluida kerja yang pada umumnya digunakan dalam pipa kalor beserta suhu-suhu operasinya [3]	22
Tabel III.6 Sifat-sifat termodinamika natrium pada jangkau suhu operasi [22] [23]	24
Tabel III.7 Sifat-sifat termodinamika natrium pada jangkau suhu operasi (lanjutan) [22] [23]	24
Tabel III.8 Sifat-sifat termodinamika kalium pada jangkauan suhu operasi [24] [25]	26
Tabel III.9 Sifat-sifat termodinamika kalium pada jangkau suhu operasi (lanjutan) [24] [25]	26
Tabel IV.1 Spesifikasi pipa kalor MRHP [3]	27
Tabel V.1 Batasan-batasan daya pipa kalor natrium pada suhu 700°C.....	66
Tabel V.2 Batasan-batasan daya pipa kalor kalium pada suhu 700°C.....	68
Tabel V.3 Peta daerah operasi untuk fluida natrium, diameter serbuk 1 mikron .	71
Tabel V.4 Peta daerah operasi untuk fluida natrium, diameter serbuk 5 mikron .	72
Tabel V.5 Peta daerah operasi untuk fluida kalium, diameter serbuk 1 mikron ..	76
Tabel V.6 Peta daerah operasi untuk fluida kalium, diameter serbuk 5 mikron ..	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 Skema sederhana sistem keseluruhan reaktor MRHP [3].....	10
Gambar III.2 Sistem reaktor nuklir MRHP beserta komponen-komponen utamanya [3].....	11
Gambar III.3 Skema tatanan elemen bahan bakar pada teras MRHP [3]	13
Gambar III.4 Skema sederhana pipa kalor [3]	18
Gambar III.5 Tipe-tipe <i>wick</i> umum yang dipasang kosentris terhadap ruang uap pipa kalor [4]	20
Gambar IV.1 Bagan alir tata laksana penelitian.....	31
Gambar IV.2 Skema model pipa kalor untuk analisis.....	33
Gambar IV.3 Grafik peta daerah operasi pipa kalor secara umum [4].....	58
Gambar IV.4 Skema hambatan termal pipa kalor dengan <i>lumped parameter modeling</i> [28]	59
Gambar IV.5 Skema hambatan termal pipa kalor yang disederhanakan	60
Gambar IV.6 Model transfer kalor pipa kalor dalam bentuk hambatan termal ..	60
Gambar V.1 Grafik hubungan tinggi maksimum pipa kalor terhadap diameter serbuk logam pada pipa kalor natrium	64
Gambar V.2 Grafik hubungan tinggi maksimum pipa kalor terhadap diameter serbuk logam pada pipa kalor kalium	67
Gambar V.3 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor natrium untuk MRHP.	69
Gambar V.4 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor natrium 1 mikron	70
Gambar V.5 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor natrium 5 mikron	71
Gambar V.6 Grafik koefisien transfer kalor pipa kalor natrium untuk MRHP...	73
Gambar V.7 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor kalium untuk MRHP..	74
Gambar V.8 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor kalium 1 mikron.....	76
Gambar V.9 Grafik peta daerah operasi daya pipa kalor kalium 5 mikron.....	77
Gambar V.10 Grafik koefisien transfer kalor pipa kalor kalium untuk MRHP ..	79
Gambar V.11 Grafik perbandingan peta daerah operasi pipa kalor natrium dan kalium.....	80



Gambar V.12 Grafik perbandingan koefisien transfer kalor (U) pipa kalor
natrium dan pipa kalor kalium 81



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
A	Luas penampang aliran	m ²
a	Koefisien bilangan Reynolds	-
b	Koefisien bilangan Reynolds	-
C	Koefisien drag	-
c _p	Kapasitas kalor	$\frac{J}{kg\ K}$
d	Diameter	m
f	Faktor friksi	-
g	Percepatan gravitasi	m/s ²
h _{fg}	Kalor laten penguapan	J/kg
k	Konduktivitas termal	$\frac{W}{m\ K}$
L	Panjang	m
m	Laju massa	kg/s
m'	Laju massa per satuan panjang	$\frac{kg}{m\ s}$
N	Jumlah pipa kalor dalam teras	-
P	Total daya nominal reaktor	watt
p	Tekanan	Pa
PPF	<i>Power Peaking Factor</i>	-
Re	Bilangan Reynolds	-
r	Radius atau jari-jari	m



T	Suhu	K atau °C
U	Koefisien transfer kalor total	$\frac{W}{m^2 K}$
Q	Daya	watt
Q''	Fluks kalor	watt/m ²
z	Posisi aksial	m
β	Sudut orientasi pipa kalor	radian
δ	Ketebalan	m
ε	Porositas	-
μ	Viskositas	Pa·s
η	Efisiensi	-
ρ	Densitas	kg/m ³
θ	Sudut meniskus fase cair pada <i>wick</i>	radian
Γ	Derivatif suhu dari tekanan sepanjang kurva saturasi	-
γ	Tegangan permukaan	N m

Subskrip

A	Bagian adiabatik pipa kalor
boil	Pendidihan (<i>boiling</i>)
C	Bagian kondensor pipa kalor
c	Kapiler
cr	Suhu kritis
E	Bagian evaporator pipa kalor
ent	<i>Entrainment</i>



i	Bagian dalam (<i>inside</i>)
l	Fase cair (<i>liquid</i>)
max	Maksimum
min	Minimum
o	Bagian luar (<i>outside</i>)
p	Pori-pori
rad	Radial
s	Serbuk logam (<i>sphere</i>)
son	Sonik
t	Bagian dinding pucuk pipa kalor
v	Fase uap atau bagian <i>vapour core</i>
vis	Viskositas
w	Dinding pipa kalor (<i>wall</i>)
wi	Struktur pori (<i>wick</i>)

Singkatan

2D	Dua dimensi
ABWR	<i>Advance Boiling Water Reactor</i>
BWR	<i>Boiling Water Reactor</i>
DTNTF FT	Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
UGM	Universitas Gadjah Mada
FHP	<i>Flat Heat Pipe</i>
FEHP	<i>Fuel-Element Heat Pipe</i>
HOMER	<i>Heatpipe-Operated Mars Exploration Reactor</i>
K	Kalium (unsur)
LANL	<i>Los Alamos National Laboratory</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MSR	<i>Martian Surface Reactor</i>
MRHP	<i>Micro-Reactor Heat Pipe</i>
Na	Natrium (unsur)



NASA	<i>National Aeronautic and Space Administration</i>
PWR	<i>Pressurized Water Reactor</i>
SMR	<i>Small Modular Reactor</i>
SS	<i>Stainless Steel</i>
We	watt elektrik
Wt	watt termal

