



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Batasan Masalah	3
1.4.Tujuan Penelitian	4
1.5.Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perkembangan Studi <i>Droplet</i>	5
2.2. Hubungan Temperatur terhadap Bentuk <i>Droplet</i>	8
2.3. Pengaruh Sudut Kontak terhadap Laju Perpindahan Panas	9
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1. Proses Pembentukan <i>Droplet</i>	14
3.2. Kategori <i>Droplet</i>	15
3.3. Definisi Pendidihan	15
3.4. Pola Pendidihan	18
3.4.1. <i>Natural Convection Boiling</i>	19
3.4.2. <i>Nucleate Boiling</i>	19
3.4.3. <i>Transition Boiling</i>	20



3.4.4. <i>Film Boiling</i>	20
3.5. <i>Critical Heat Flux</i>	21
3.5.1. Efek Geometri terhadap CHF	22
3.5.2. Efek Kombinasi Material Permukaan dengan Cairan	22
3.6. Bilangan Weber	23
3.7. <i>Wettability</i> (Derajat Kebasahan)	24
3.7.1. Meniskus Cembung dan Meniskus Cekung	25
3.7.2. Kapilaritas	25
3.7.3. Tegangan Permukaan	25
3.8. Sudut Kontak	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	29
4.1. Tempat Penelitian	29
4.2. Bahan Penelitian	29
4.3. Rangkaian Alat <i>Multiple Droplets Generator</i> dan Alat Uji	30
4.4. Skema Alat Uji Penelitian	31
4.4.1. Cairan	31
4.4.2. <i>Droplet Counter</i>	33
4.4.3. <i>Thermocouple</i>	34
4.4.4. <i>National Instrument NI-USB 6211</i>	34
4.4.5. Pemanas Spesimen	35
4.5. Prosedur Penelitian	36
4.6. Diagram Alir Penelitian	37
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	38
5.1. Hubungan Temperatur Permukaan dengan <i>Wettability</i>	38
5.1.1. <i>Normal Stainless Steel</i>	38
5.1.2. <i>Stainless Steel</i> dengan <i>coating</i> TiO ₂	57
5.1.3. <i>Stainless Steel</i> dengan <i>coating</i> TiO ₂ + Radiasi UV	73
5.2. Hubungan Jenis Material dengan Sifat <i>Wettability</i> -nya	87
5.3. Hubungan <i>Wettability</i> dengan Laju Pendinginan	89
5.3.1. <i>Normal Stainless Steel</i>	90
5.1.2. <i>Stainless Steel</i> dengan <i>coating</i> TiO ₂	95



5.1.3. <i>Stainless Steel</i> dengan <i>coating</i> TiO ₂ + Radiasi UV	99
BAB VI PENUTUP	107
6.1. Kesimpulan	107
6.2. Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN	110



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skematik yang menghubungkan antara <i>spread factor</i> terhadap waktu. Perbedaan garis menunjukkan kemungkinan sejarah <i>spreading</i> yang bergantung pada beberapa parameter dari tumbukan. (Rioboo dkk, 2002).	6
Gambar 2.2.	Skema keadaan <i>spreading</i> dari <i>droplet</i> : <i>droplet</i> tepat akan menumbuk (<i>state 1</i>), bentuk <i>equilibrium</i> (<i>state 2</i>), <i>spontaneous spread</i> maksimum (<i>state 3</i>), <i>spreading</i> maksimum (<i>state 4</i>). Nasser Ashgriz dan Sanjeev Chandra (2010).	7
Gambar 2.3.	Morfologi dari tumbukan <i>droplet</i> dengan material padat. (Rioboo dkk, 2001)	8
Gambar 2.4.	Pengaruh temperatur permukaan terhadap <i>spread factor</i> selama <i>droplet</i> menyentuh permukaan padat (Chandra dan Avedisian, 1991).	9
Gambar 2.5.	(a) tumbukan <i>droplet</i> pada suhu 100 °C pada berbagai perlakuan permukaan dan (b) tumbukan <i>droplet</i> pada suhu 180 °C pada berbagai perlakuan permukaan. Deendarlianto dkk. (2014).	10
Gambar 2.6.	Kurva efek dari suhu permukaan terhadap diameter kebasahan. (a) <i>normal stainless steel</i> , (b) UVN, dan (c) UVW (Deendarlianto dkk. 2014).	11
Gambar 2.7.	Kurva evaporasi (Hidaka dkk. 2006).	12
Gambar 2.8.	Pengaruh temperatur terhadap sudut kontak dinamis (<i>advancing</i> dan <i>reciding</i>) pada material (a) tembaga (0,01 μm), (b) Baja tahan karat (0,02 μm) dan (c) <i>Silver stone</i> (1,35 μm) (Kandlikar dkk. 2001).	13
Gambar 3.1.	Gumpalan cairan terbentuk pada ujung pipa	14
Gambar 3.2.	Spektrum ukuran <i>droplet</i> (Hume, 2003).	15
Gambar 3.3.	Kurva Pendidihan Nukiyama	18
Gambar 3.4.	Sudut kontak antara cairan dan benda padat	26
Gambar 3.5.	Eksistensi tiga fasa fluida pada kontak mutual	27



Gambar 3.6.	Sudut kontak antara droplet membasahi permukaan yang rigid	28
Gambar 4.1.	Ukuran Spesimen Uji	29
Gambar 4.2.	Skema Rangkaian dari <i>Multiple Droplets Generator</i>	30
Gambar 4.3.	<i>Water tank</i>	31
Gambar 4.4.	Selang <i>silicon</i>	31
Gambar 4.5.	<i>Control valve</i>	32
Gambar 4.6.	<i>Solenoid valve</i>	32
Gambar 4.7.	Injektor	33
Gambar 4.8.	<i>Drop counter</i>	34
Gambar 4.9.	Termokopel tipe K	34
Gambar 4.10.	<i>National Instrument NI-USB 6211</i>	35
Gambar 4.11.	Pemanas spesimen	35
Gambar 4.12.	Diagram Alur Penelitian	37
Gambar 5.1.	Hasil Visualisasi NSS pada 110 °C	38
Gambar 5.2.	Sudut Kontak NSS pada 110 °C tetes 1-3	39
Gambar 5.3.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 110 °C	39
Gambar 5.4.	Hasil Visualisasi NSS pada 120 °C	40
Gambar 5.5.	Sudut Kontak NSS pada 120 °C tetes 1-3	41
Gambar 5.6.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 120 °C	41
Gambar 5.7.	Hasil Visualisasi NSS pada 130 °C	42
Gambar 5.8.	Sudut Kontak NSS pada 130 °C tetes 1-3	42
Gambar 5.9.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 130 °C	43
Gambar 5.10.	Hasil Visualisasi NSS pada 140 °C	43
Gambar 5.11.	Sudut Kontak NSS pada 140 °C tetes 1-3	44
Gambar 5.12.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 140 °C	44
Gambar 5.13.	Hasil Visualisasi NSS pada 160 °C	45
Gambar 5.14.	Sudut Kontak NSS pada 160 °C tetes 1-3	46
Gambar 5.15.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 160 °C	46
Gambar 5.16.	Hasil Visualisasi NSS pada 180 °C	47
Gambar 5.17.	Sudut Kontak NSS pada 180 °C tetes 1-3	48



Gambar 5.18.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 180 °C	48
Gambar 5.19.	Hasil Visualisasi NSS pada 200 °C	49
Gambar 5.20.	Sudut Kontak NSS pada 200 °C tetes 1-3	50
Gambar 5.21.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 200 °C	50
Gambar 5.22.	Hasil Visualisasi NSS pada 220 °C	51
Gambar 5.23.	Sudut Kontak NSS pada 220 °C tetes 1-3	52
Gambar 5.24.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 220 °C	52
Gambar 5.25.	Hasil Visualisasi NSS pada 240 °C	53
Gambar 5.26.	Sudut Kontak NSS pada 240 °C tetes 1-3	54
Gambar 5.27.	Diameter <i>Spreading</i> NSS pada 240 °C	54
Gambar 5.28.	Grafik Temperatur vs Sudut Kontak NSS	55
Gambar 5.29.	Grafik Temperatur vs <i>Spreading Factor</i> NSS	56
Gambar 5.30.	Hasil Visualisasi UVN pada 110 °C	57
Gambar 5.31.	Sudut Kontak UVN pada 110 °C tetes 1-3	58
Gambar 5.32.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 110 °C	58
Gambar 5.33.	Hasil Visualisasi UVN pada 120 °C	59
Gambar 5.34.	Sudut Kontak UVN pada 120 °C tetes 1-3	59
Gambar 5.35.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 120 °C	60
Gambar 5.36.	Hasil Visualisasi UVN pada 130 °C	60
Gambar 5.37.	Sudut Kontak UVN pada 130 °C tetes 1-3	61
Gambar 5.38.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 130 °C	61
Gambar 5.39.	Hasil Visualisasi UVN pada 140 °C	62
Gambar 5.40.	Sudut Kontak UVN pada 140 °C tetes 1-3	63
Gambar 5.41.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 140 °C	63
Gambar 5.42.	Hasil Visualisasi UVN pada 160 °C	64
Gambar 5.43.	Sudut Kontak UVN pada 160 °C tetes 1-3	64
Gambar 5.44.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 160 °C	65
Gambar 5.45.	Hasil Visualisasi UVN pada 180 °C	65
Gambar 5.46.	Sudut Kontak UVN pada 180 °C tetes 1-3	66
Gambar 5.47.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 180 °C	66
Gambar 5.48.	Hasil Visualisasi UVN pada 200 °C	67



Gambar 5.49.	Sudut Kontak UVN pada 200 °C tetes 1-3	67
Gambar 5.50.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 200 °C	68
Gambar 5.51.	Hasil Visualisasi UVN pada 220 °C	68
Gambar 5.52.	Sudut Kontak UVN pada 220 °C tetes 1-3	69
Gambar 5.53.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 220 °C	69
Gambar 5.54.	Hasil Visualisasi UVN pada 240 °C	70
Gambar 5.55.	Sudut Kontak UVN pada 240 °C tetes 1-3	70
Gambar 5.56.	Diameter <i>Spreading</i> UVN pada 240 °C	71
Gambar 5.57.	Grafik Temperatur vs Sudut Kontak UVN	72
Gambar 5.58.	Grafik Temperatur vs <i>Spreading Factor</i> UVN	72
Gambar 5.59.	Hasil Visualisasi UVW pada 110 °C	74
Gambar 5.60.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 110 °C	75
Gambar 5.61.	Hasil Visualisasi UVW pada 120 °C	75
Gambar 5.62.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 120 °C	76
Gambar 5.63.	Hasil Visualisasi UVW pada 130 °C	76
Gambar 5.64.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 130 °C	77
Gambar 5.65.	Hasil Visualisasi UVW pada 140 °C	78
Gambar 5.66.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 140 °C	78
Gambar 5.67.	Hasil Visualisasi UVW pada 160 °C	79
Gambar 5.68.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 160 °C	80
Gambar 5.69.	Hasil Visualisasi UVW pada 180 °C	80
Gambar 5.70.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 180 °C	81
Gambar 5.71.	Hasil Visualisasi UVW pada 200 °C	81
Gambar 5.72.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 200 °C	82
Gambar 5.73.	Hasil Visualisasi UVW pada 220 °C	83
Gambar 5.74.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 220 °C	83
Gambar 5.75.	Hasil Visualisasi UVW pada 240 °C	84
Gambar 5.76.	Diameter <i>Spreading</i> UVW pada 240 °C	85
Gambar 5.77.	Grafik Temperatur vs <i>Spreading Factor</i> UVW	86
Gambar 5.78.	Grafik <i>spreading factor</i> terhadap temperatur permukaan pada rejim didih inti NSS, UVN, dan UVW.	87



Gambar 5.79.	Grafik penurunan Temperatur NSS 110 °C.	90
Gambar 5.80.	Grafik penurunan Temperatur NSS 120 °C.	92
Gambar 5.81.	Grafik penurunan Temperatur NSS 130 °C.	93
Gambar 5.82.	Grafik penurunan Temperatur NSS 140 °C.	94
Gambar 5.83.	Grafik penurunan Temperatur NSS 160 °C.	95
Gambar 5.84.	Grafik penurunan Temperatur UVN 110 °C.	96
Gambar 5.85.	Grafik penurunan Temperatur UVN 120 °C.	96
Gambar 5.86.	Grafik penurunan Temperatur UVN 130 °C.	97
Gambar 5.87.	Grafik penurunan Temperatur UVN 140 °C.	98
Gambar 5.88.	Grafik penurunan Temperatur UVW 110 °C.	99
Gambar 5.89.	Grafik penurunan Temperatur UVW 120 °C.	100
Gambar 5.90.	Grafik penurunan Temperatur UVW 130 °C.	101
Gambar 5.91.	Grafik penurunan Temperatur UVW 140 °C.	102
Gambar 5.92.	Grafik penurunan Temperatur UVW 160 °C.	103
Gambar 5.93.	Grafik penurunan Temperatur UVW 180 °C.	104
Gambar 5.94.	Grafik korelasi antara sudut kontak, <i>spreading factor</i> , dan laju pendinginan rata-rata.	106



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Relasi sudut kontak dengan sifatnya	27
Tabel 5.1.	Hasil percobaan NSS	55
Tabel 5.2.	Hasil percobaan UVN	72
Tabel 5.3.	Hasil percobaan UVW	85
Tabel 5.4.	Temperatur dan sudut kontak dari NSS, UVN, dan UVW.	88
Tabel 5.5.	Sudut kontak dari NSS, UVN, dan UVW pada rejim didih inti	89
Tabel 5.6.	Penurunan Temperatur NSS 110 °C.	90
Tabel 5.7.	Penurunan Temperatur NSS 120 °C.	92
Tabel 5.8.	Penurunan Temperatur NSS 130 °C.	93
Tabel 5.9.	Penurunan Temperatur NSS 140 °C.	94
Tabel 5.10.	Penurunan Temperatur NSS 160 °C.	94
Tabel 5.11.	Penurunan Temperatur UVN 110 °C.	95
Tabel 5.12.	Penurunan Temperatur UVN 120 °C.	96
Tabel 5.13.	Penurunan Temperatur UVN 130 °C.	97
Tabel 5.14.	Penurunan Temperatur UVN 140 °C.	98
Tabel 5.15.	Penurunan Temperatur UVW 110 °C.	99
Tabel 5.16.	Penurunan Temperatur UVW 120 °C.	100
Tabel 5.17.	Penurunan Temperatur UVW 130 °C.	101
Tabel 5.18.	Penurunan Temperatur UVW 140 °C.	102
Tabel 5.19.	Penurunan Temperatur UVW 160 °C.	103
Tabel 5.20.	Penurunan Temperatur UVW 180 °C.	104
Tabel 5.21.	Hasil perbandingan <i>wettability</i> dengan laju pendinginan rata-rata.	105



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Set Alat <i>Spray Cooling Generator</i>	110
Lampiran 2.	Hasil Perhitungan Sudut Kontak <i>Equilibrium</i>	111
Lampiran 3.	Grafik Laju Pendinginan Rata-rata terhadap Temperatur Permukaan Awal	113



DAFTAR NOTASI

$\dot{q}_{boiling}$	= fluks kalor (W/m^2)
$\dot{Q}_{boiling}$	= kalor pendidihan (W)
h	= koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2\ ^\circ C$)
ΔT_{excess}	= <i>excess temperature</i> ($^\circ C$)
We	= Bilangan Weber
ρ	= massa jenis fluida (kg/m^3)
ΔU	= Kecepatan relatif gas dan cairan (m/s)
L	= Karakteristik dimensi dari <i>droplet</i> (diameter <i>droplet</i>) (m)
σ	= Koefisien tegangan permukaan
D	= Diameter <i>droplet equilibrium</i> (m)
D_h	= Diameter horizontal dari butiran air (m)
D_v	= Diameter vertical dari butiran air (m)
θ	= Sudut kontak ($^\circ$)
μ	= Viskositas dinamik fluida (Ns/m^3)
C_p	= kalor spesifik air pada tekanan konstan ($kJ/kg\ K$)
Kf	= konduktivitas termal fluida ($W/m\ K$)