

PENGARUH NILAI WETTABILITY TERHADAPA BUBBLE DEPARTURE DIAMETER DAN BUBBLE DEPARTURE FREQUENCY

BAMBANG JOKO SUROTO, ASWAD HI SAAD, LIU KIN MEN

*Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363*

** email : bambang.s@phys.unpad.ac.id*

Abstrak. Studi tentang efek dari nilai wettability dari permukaan pada *bubble departure diameter* dan *bubble departure frequency* telah dilakukan dengan menggunakan air murni sebagai fluida kerja dan defaat *subcooling* 0K. Heat transfer block yang digunakan adalah dipoles tembaga/hidrofilik, dan superhydrophilic /TiO₂. Hasil penelitian menunjukkan bubble departure diameter lienar dengan nilai besaran *contact angle* dan nilai *bubble departure frequency* semakin meningkat dengan menurunnya nilai *contact angle* hal ini sensuai dengan Model Frist dan bertentangan dengan Zubers model.

Kata kunci : Wettability, subcooling, super/hydrophilic, superhydrophilic, boiling

Abstract. The effect of varying surface wettabilitie bubble departure diameter dan bubble departure frequency has been examined and investigated. The experiments were performed using pure water as the working fluid and subcooling is 0K. The heat transfer block used were bare surface/hydrophilic (polished copper), and superhydrophilic/TiO₂-coated- on copper. The results showed that bubble departure frequency and bubble departure frequency strong correlated with contact angle and its match with existingmodel Frist and Zuber.

Keywords : Wettability, subcooling, super/hydrophilic, superhydrophilic, boiling

Nomenclature

Ra : arithmetic average roughness (μm)

Rz : average roughness (μm))

Tsat : saturated temperature ($^{\circ}\text{C}$)

θ : contact angle ($^{\circ}$)

r : enhance surface area

tw : waiting time

tg : waiting time

fb: bubble departure frequency

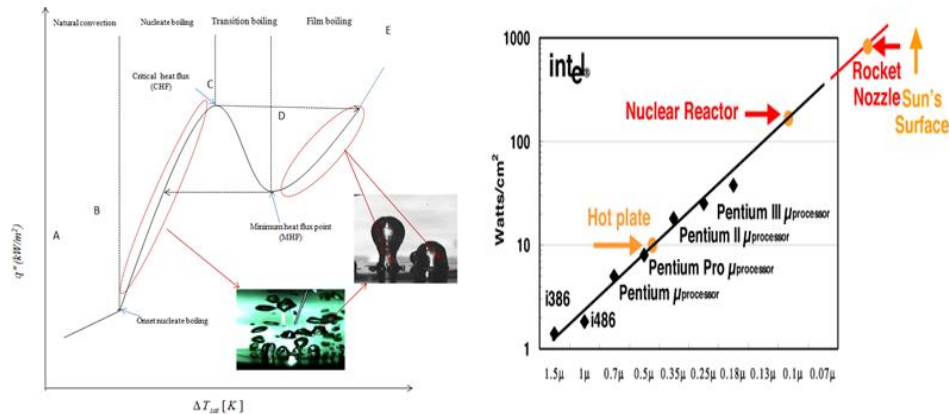
Db: bubble departure diameter

1. Pendahuluan

Dalam dunia elektronik di mana hukum Moore memprediksi bahwa jumlah trasnsitors yang dapat ditempatkan pada IC (Intregated Circuit) akan menjadi double setiap dua tahun dan transistor dalam jumlah yang sangat massiv (billion) akan meningkatkan perfroma dar IC tersebut. Sayangnya, hal itu juga mendapatkan sesuatu yang lain: panas dalam jumlah besar di mana equal dengan reaktor nuklir seperti yang digambarkan pada Gambar 1. Situasi yang lebih kritis dapat ditemukan di pusat data yang besar di mana power yang dikonsumsi untuk pendinginan

sekarang sama dengan daya yang dikonsumsi oleh system itu sendiri. Miniaturisasi dalam segala aspek teknologi dan berhubungan energy memang menuntut adanya pendingin super.

Sampai saat ini hampir semua pendinginan menggunakan udara dalam suhu kamar. Pendinginan dengan udara mempunyai prospek yang kurang baik di masa depan karena meningkatnya densitas power dan jauh lebih efisien dengan menggunakan berpendingin air. Ini saatnya era pendingin air comeback karena jumlah kalor yang bisa diserap persatuan massa dan waktu.



Gambar 1. Boiling curve dan heat flux untuk xetiap genenasi mikroprosesor

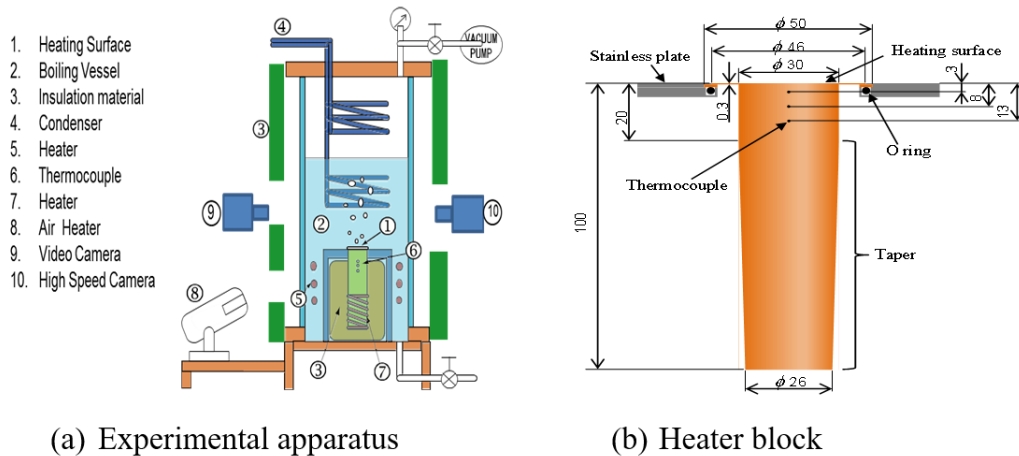
Didih (boiling) adalah salah satu fenomena perubahan fase disertai dengan gelembung. Ada dua mode boiling heat transfer diantaranya : flow dan pool boiling heat transfer. Keduanya dibedakan dengan adanya flow dari fluida kerja dan pool boiling heat transfer dicirikan oleh fluida yang statik dalam bentuk kolam (pool). Keduanya mempunyai karakteristik yang sama , yaitu dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti : situs nukleasi aktif (N_a), bubble diameter (V_b), frekuensi keberangkatan gelembung (f_b) dan superheating (ΔT_{sat}) (Tong dan Tang) [1].

Wettability atau keterbasahan adalah salah satu karakteristik dari sifat permukaan selain kekasaran (roughness). Wettability yang diukur dengan *contact angle* (sudut kontak) dan menunjukkan efek signifikan bahkan dominan terhadap performa boiling heat transfer (BHT). Wettability dengan sudut kontak $< 90^\circ$ akan menaikkan nilai *critical heat flux* (CHF) sedangkan sudut kontak , $CA > 90^\circ$ akan mempromote bubble lebih awal dan menaikkan *heat transfer coefisient* (HTC) pada flux panas rendah (Takata et al, 2006)². Wettability juga mempengaruhi bentuk bubble dan dinamika ukuran bubble dan bubble departure frequency.

2. Metode Penelitian

Beberapa step eksperimen harus dilakukan agar tujuan penelitian ini tercapai. Desain dari apparatus eksperimen kami seperti ditunjukkan pada gambar 2. Vessel terdiri dari glass cylinder (2) dengan inner diameter sebesar 120mm dan box-glass dengan dilapis insulator (3). Heater (8) untuk memonitor dan menjaga temperature cairan (air murni). Temperature cairan di kontrol dengan heater (5) dan condenser (4). Pada saat bersamaan, temperature di record dengan menggunakan

thermocouple sensor (6) dan pengukuran dalam kondisi steady state. Selanjutnya, setelah semua sample dinstall, vessel kemudian di vacuum dengan pompa vacuum. Setelah kondisi vacuum tercapai maka air murni dimasukan sekaligus mengecek apakah terjadi kebocoroan dalam system apa tidak. Semua itu disebut proses degassing, proses deggasing selanjutnya liquid dipanaskan selama 30 menit.



Gambar 2. (a) Skema dari eksperimen apparatus dan (b) heater block

Sedangkan sifat fisis atau morfologi dari sample uji ditunjukkan oleh table 1. Dari table 1. dikeathui bahwa semakin kecil nilai *contact angle* maka semakin kasar atau meningkat nilai roughnes.

Tabel 1. Physical properties dari polished-copper dan TiO₂

Sample surface	R_a	R_z	Contact angle (θ)	Enhancement of surface area (r)
Polished copper	0.007	0.045	$66^\circ - 70^\circ$	1.009
TiO ₂	0.568	5.564	$\approx 0^\circ$	2.077

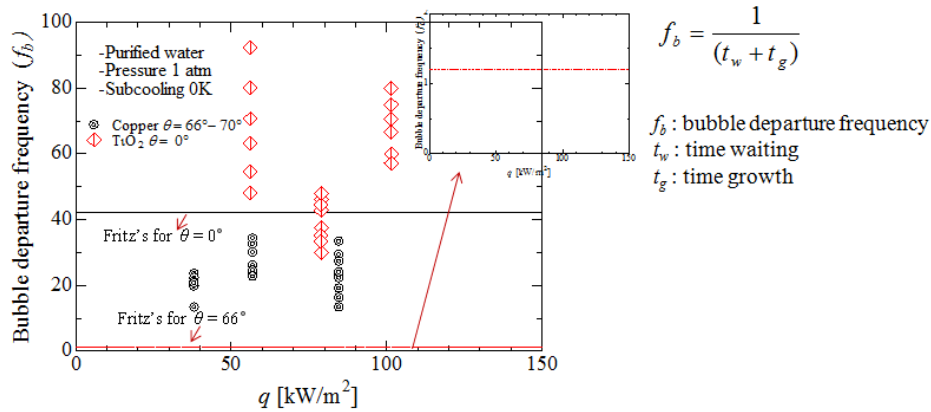
3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini kami akan menjelaskan dinamika gelembung, yaitu gelembung diameter keberangkatan, D_b , dan frekuensi gelembung keberangkatan, f_b . Kami akan membahas dinamika gelembung dari tembaga- dipoles dan permukaan TiO₂. diskusi akan fokus pada dua bahan karena sulitnya menentukan ukuran diameter gelembung keberangkatan pada permukaan hidrofobik. Gambar 3. menunjukkan keberangkatan frekuensi gelembung, f_b , dari permukaan tembaga-dipoles($\theta = 66^\circ - 70^\circ$) dan permukaan TiO₂ ($\theta \approx 0^\circ$). Pengukuran frekuensi keberangkatan gelembung menggunakan camera berkecepatan tinggi (high speed camera). Dalam kasus ini, frekuensi gelembung keberangkatan dijelaskan dalam Persamaan (1) untuk permukaan sampel yang memiliki sudut kontak $0^\circ < \theta < 90^\circ$.

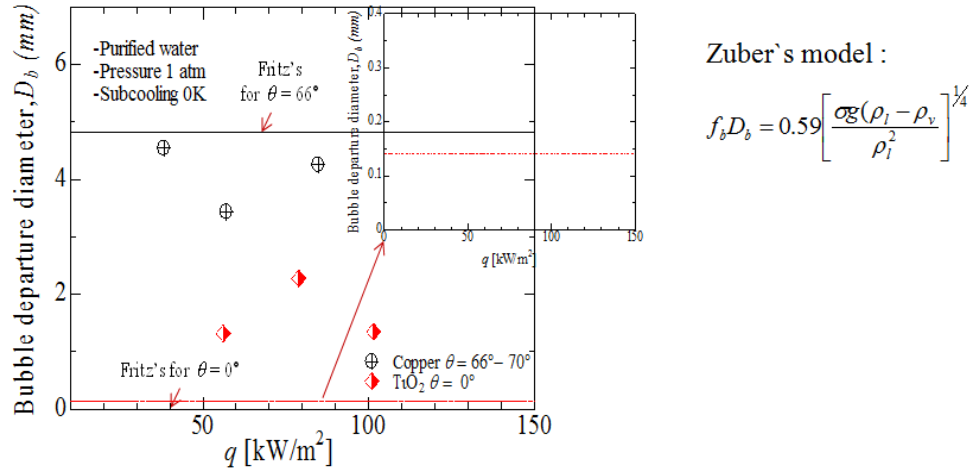
Frekuensi keberangkatan gelembung, f_b :

$$f_b = \frac{1}{(t_w + t_g)} \quad (1)$$

Dimana t_w dan t_g adalah waktu tunggu (waiting time) dan waktu tumbuh (time growth). Gambar 3. menunjukkan bahwa permukaan TiO_2 memiliki frekuensi keberangkatan gelembung lebih tinggi dari permukaan tembaga-dipoles. Model dari Phan et al. (2009) ³ dan Fritz (1935) ⁴ digunakan karena kedua model secara eksplisit menyertakan sudut kontak (θ). Menariknya, kedua model menunjukkan cukup kontras dan model Fritz (1935) yang sesuai dengan hasil eksperimen.



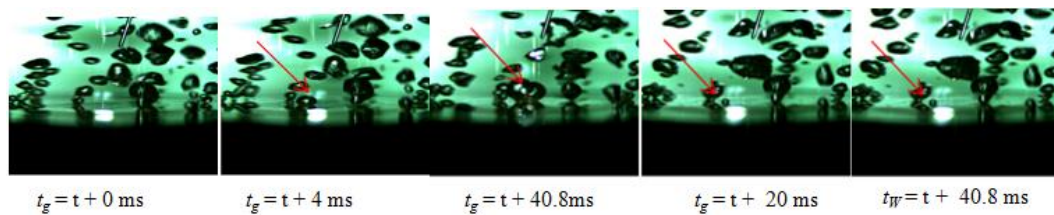
Gambar 3. Hasil eksperimen bubble departure frequency dari polished-copper and TiO_2



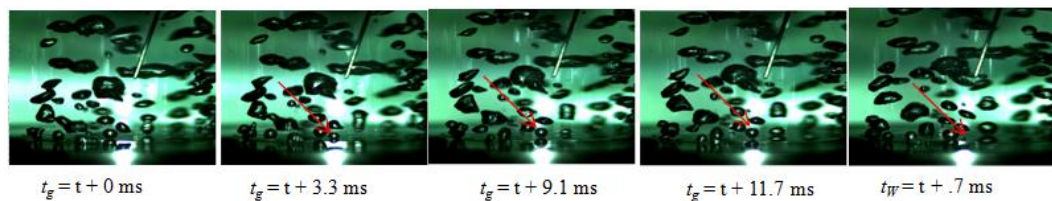
Gambar 4. Hasil eksperimen bubble departure diameter dari polished-copper and TiO_2

Gambar 5 dan gambar 6. menunjukkan pertumbuhan gelembung pada tembaga-dipoles dan permukaan TiO_2 . Proses evolusi dari gelembung diamati dengan seksama dengan menggunakan high speed camera. Time growth (waktu tumbuh) adalah waktu dimana bubble mulai muncul sampai terlepas 9 ditunjukkan dengan

adanya tanda anak panah mearh) dan waiting time (waktu tunggu) adalah waktu yang dibutuhkan untuk munculnay bubble berikutnya.



Gambar 5. Mekanisme Bubble growth dipermukaan hydrophilic (polished-copper)



Gambar 6. Mekanisme Bubble growth dipermukaan superhydrophilic (TiO₂)

4. Kesimpulan

Wettability mempengaruhi bentuk geometri dari bubble departure. Frequency keberangkatan dari bubble dipengaruhi oleh bentuk bubble sedangkan bentuk bubble dipengaruhi oleh wettability maka dengan demikian wettability juga mempengaruhi secara langsung bubble departure frequency.

Daftar Pustaka

1. L.S. Tong and Y.S Tang, Boiling Heat Transfer and Two-Phase Flow, (1997) TAYLOR& FANCOIS
2. Y. Takata, S. Hidaka, M. Masuda, T. Ito, *Pool Boiling on a Superhydrophilic Surface*, Int. J. Energy Res. Vol. 27 (2003) p. 111–119.
3. H. P. Phan, N. Caney, P. Marty, S. Colasson, J. Gavillet, *Surface Wettability Control by Nanocoating: The Effects on Pool Boiling Heat Transfer and Nucleation Mechanism*, International Journal of Heat and Mass Transfer Vol. 52 (2009) p. 5459–5471.
4. I. L. Pioro, W. Rohsenow, S. S. Doerffer, *Nucleate pool-boiling heat transfer . I: review of parametric effects of boiling surface*, International Journal of Heat and Mass Transfer Vol. 47 (2004) p. 5033–5044.