

PENGARUH NILAI WETTABILITY PADA POOL BOILING HEAT TRANSFER STUDI KASUS HYDROPHOBIC, HYDROPHILIC DAN SUPERHYDROPHILIC

BAMBANG JOKO SUROTO*

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

** email : bambang.joko@unpad.ac.id*

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang efek dari berbagai nilai wettability dari permukaan pada pool boiling heat transfer. Percobaan dilakukan dengan menggunakan air murni sebagai fluida kerja dan subcooling 0K. Heat transfer block yang digunakan adalah mirror surface (dipoles tembaga) / hidrofilik, superhydrophilic / copper berlapis TiO₂ and permukaan hidrofobik / PTFE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja perpindahan panas dari permukaan dengan lapisan PTFE lebih baik di fluks panas rendah. Sedangkan untuk fluks panas menengah, permukaan superhydrophilic (TiO₂) lebih unggul dibandingkan dengan permukaan hidrofilik dan hidrofobik.

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

Abstract. The effect of varying surface wettabilities on nucleate pool boiling heat transfer has been examined and investigated. The experiments were performed using pure water as the working fluid and subcooling 0K. The heat transfer block used were bare surface/hydrophilic (polished copper), superhydrophilic/TiO₂-coated copper and hydrophobic/PTFE surface. The results showed that the heat transfer performance of surfaces with PTFE coating is better at low heat flux. While for intermediate heat flux, superhydrophilic surface (TiO₂) is superior compared to hydrophilic and hydrophobic surfaces.

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

Nomenclature

R_a : arithmetic average roughness (μm)

R_z : average roughness (μm)

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

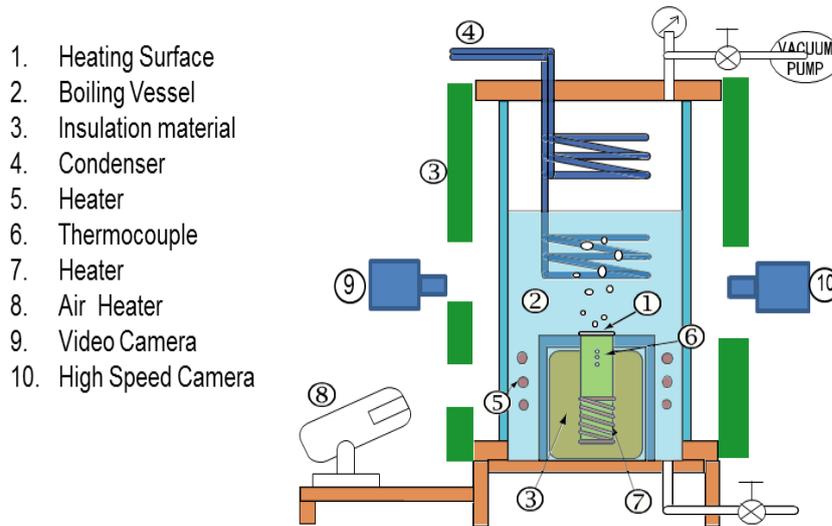
θ : contact angle ($^{\circ}$)

r : enhance surface area

1. Pendahuluan

Secara umum, keterbasahan permukaan dapat diklasifikasikan ke dalam dua istilah, tergantung pada nilai sudut kontak, yaitu hidrofilik dan hidrofobik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. (a) dan (b), masing-masing. Bahan seperti titanium dioksida (TiO₂) di bawah sinar UV menunjukkan sudut kontak yang sangat kecil (hampir 0 derajat) seperti dilansir Takata et al. [1]. Efek ini disebut foto-induced superhydrophilicity dan sudut kontak mencapai mendekati nol ketika permukaan terkena sinar UV, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. (a). Sudut kontak nol merupakan indikasi bahwa permukaan memiliki afinitas tertinggi

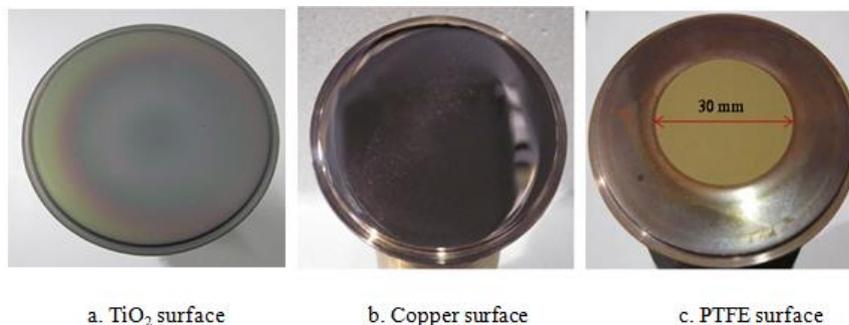
frekuensi gelembung keberangkatan dianalisis menggunakan kamera kecepatan tinggi (9) dan kamera video (10).



Gambar 3. Contact angle dari superhydrophilic and hydrophilic

Selanjutnya, setelah sampel permukaan diinstal, air dibuang dari vessel. Tujuan kedua memompa udara dari vessel adalah untuk memeriksa apakah ada kebocoran udara dari sistem. Kebocoran diperiksa dengan indikasi dari sensor tekanan. Langkah berikutnya adalah untuk mengisi air suling ke vessel. Pastikan bahwa volume air suling adalah 90% dari volume vessel sehingga menenggelamkan pemanas. Setelah semua proses telah dilakukan, panaskan selama 30 menit untuk proses *degassing*.

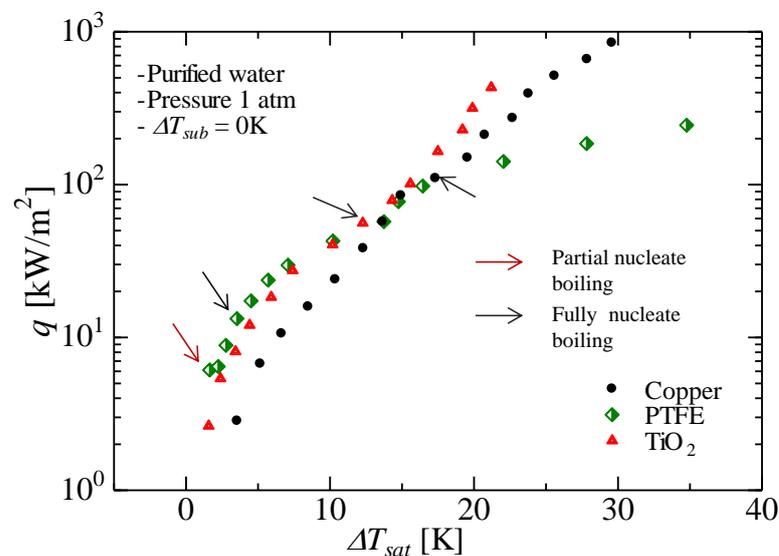
Heat transfer block (sample uji) adalah silinder tembaga. Sample uji menghadap ke atas dan dilengkapi dengan sirip dekat tepi untuk mencegah bubble nukleasi dipinggir sample uji. Detail permukaan sample uji ditunjukkan pada Gambar 2.2. Permukaan sample memiliki permukaan utama dengan diameter 30 mm, panjang 100 mm dan ketebalan sirip 0,3 mm. Termokopel diposisikan pada 3, 8 dan 13 mm dari permukaan, masing-masing.



Gambar 3. Sample yang diuji TiO₂ (*superhydrophilic*), *polished-copper* (*hydrophilic*) dan PTFE (*hydrophobic*)

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 4. menunjukkan boiling-curve dari tiga sample uji, yaitu permukaan dipoles-tembaga (*hydrophilic*), permukaan PTFE (*hydrofobik*) dan permukaan TiO₂ (*superhydrophilic*). Penurunan kinerja permukaan PTFE adalah karena seluruh permukaan PTFE ditutupi oleh kubah gelembung saat superheating lebih tinggi dari 18 K. Tabel 1 menunjukkan sifat-sifat fisik dari permukaan sampel, yaitu kekasaran permukaan, R_a / R_z , sudut kontak, θ , dan peningkatan luas permukaan, r . Data yang disajikan dalam Tabel 1. membantu kita untuk menjawab mengapa permukaan TiO₂ unggul dalam segala kondisi dengan permukaan dipoles-tembaga. Pada saat yang sama, kurva didih permukaan TiO₂ hampir bertepatan dengan permukaan PTFE ketika superheating bawah 10 K. Permukaan TiO₂ memiliki kekasaran, $R_a = 0.568 \mu\text{m}$ dan peningkatan luas permukaan, $r = 2,077$, dibandingkan dengan permukaan PTFE dengan $R_a = 0.980 \mu\text{m}$ dan $r = 1,619$. Nilai kekasaran, R_a , permukaan TiO₂ lebih rendah, namun, nilai dari pertambahan luas permukaan, r , lebih tinggi dari permukaan PTFE. Hal ini diketahui, bahwa kekasaran permukaan meningkatkan performa dari boiling heat transfer [3,4]. Nilai kekasaran tinggi dikaitkan dengan yang lebih besar cavity-diameter yang berpotensi menjadi situs gelembung nukleasi. Permukaan dipoles-tembaga menunjukkan kinerja buruk karena nilai kekasaran, R_a , yang lebih rendah dibandingkan dengan permukaan TiO₂ dan PTFE. Ketidaklinieran antara kekasaran permukaan dan sudut kontak pada Tabel 1. adalah sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Kubiak et al. [2].



Gambar 4. Boiling-curve dari copper, PTFE dan TiO₂

Grafik boiling-curve menunjukkan bahwa peningkatan sudut kontak dari $\theta = 0^\circ$ (TiO₂) ke $\theta = 70^\circ$ (permukaan dipoles-tembaga) tidak linear dengan peningkatan performa perpindahan panas. Analisis performa dari boiling heat transfer dimulai dari permukaan dipoles-tembaga dan TiO₂. Permukaan TiO₂ menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan permukaan dipoles-tembaga untuk semua kondisi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Namun, pada $\Delta T_{\text{sat}} = 18 \text{ K}$

sample TiO₂ dan permukaan dipoles-tembaga bertemu dan kemudian berpisah sesudahnya. Pada saat yang sama, karakteristik unik ditunjukkan pada Gambar 4. dimana ketika $\Delta T_{\text{sat}} > 18\text{K}$ menjadi titik persimpangan dari tiga sampel. Permukaan PTFE menunjukkan penurunan kinerja sedangkan permukaan TiO₂ tetap superior dibandingkan dengan dua sampel lainnya.

Tabel 1. *Physical properties* dari copper, PTFE dan TiO₂

Sample surface	R_a	R_z	Contact angle (θ)	Enhancement of surface area (r)
Polished copper	0.007	0.045	66° -70°	1.009
TiO ₂	0.568	5.564	≈0°	2.077
PTFE	0.980	11.540	120°-130°	1.619

4. Kesimpulan

Penelitian efek wettability terhadap boiling heat transfer telah dilakukan dengan menggunakan tiga bahan, yaitu permukaan, hidrofobik, hidrofilik dan superhidrofilik. Hasilnya sebagai berikut:

1. Permukaan hidrofilik memiliki kinerja perpindahan panas didih terendah dibandingkan dengan superhydrophilic dan permukaan hidrofobik.
2. Permukaan hidrofobik menunjukkan keunggulannya pada fluks panas rendah, namun, pada fluks panas tinggi kinerja menurun.
3. Permukaan superhidrofilik menunjukkan keunggulannya dari fluks panas menengah ke tinggi dibandingkan dengan permukaan hidrofilik dan hidrofobik.

Daftar Pustaka

1. Takata, Y., Hidaka, S., Masuda, M., and Ito, T., *Pool Boiling on a Superhydrophilic Surface*, Int. J. Energy Res. 27 (2003) 111–119.
2. Kubiak, K.J., Wilson, M.C.T., Mathia, T.G., and Carval, Ph., *Wettability versus roughness of engineering surfaces*, Wear 271 (2011) 523–528.
3. Phan, H.P., Caney, N., Marty, P., Colasson, S., and Gavillet, J., *Surface Wettability Control by Nanocoating: The Effects on Pool Boiling Heat Transfer and Nucleation Mechanism*, International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009) 5459–5471.
4. Pioro, I.L., Rohsenow, W., Doerffer, S.S., *Nucleate pool-boiling heat transfer . I: review of parametric effects of boiling surface*, International Journal of Heat and Mass Transfer 47 (2004) 5033–5044