

INTISARI

Dalam rangka mendukung efisiensi sistem pendinginan dua fase dan upaya menuju netralisasi karbon, teknologi pendinginan *pool boiling* menjadi salah satu metode potensial dalam meningkatkan performa perpindahan panas. Fenomena ini mengandalkan pembentukan gelembung uap pada permukaan panas yang bersentuhan langsung dengan fluida kerja. Penelitian menunjukkan bahwa modifikasi permukaan mikro serta pemberian eksitasi akustik melalui gelombang ultrasonik dapat meningkatkan *heat transfer coefficient* (HTC) dan *critical heat flux* (CHF).

Eksperimen dilakukan menggunakan fluida kerja berupa akuades dalam *boiling chamber* yang dilengkapi sistem pemanas dari tembaga dan pendingin kumparan tembaga yang dialiri fluida pendingin. Perlakuan deaerasi dilakukan dengan memanaskan fluida hingga 86 °C sebelum pengujian demi melihat signifikansi efek pengurangan gelembung nukleasi. Variasi frekuensi ultrasonik yang digunakan meliputi 0, 20, 30, dan 40 kHz dengan dua bentuk gelombang, yaitu sinus dan persegi. Data temperatur diambil menggunakan tiga buah termokopel tipe K yang ditanam pada sumber panas, dan diolah menggunakan perangkat akuisisi data NI cDAQ-9181 dan NI 9213 dan perangkat lunak LabVIEW. Proses pengambilan data dilakukan secara bertahap berdasarkan kenaikan daya pemanas dari 100 W hingga 500 W.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses deaerasi mampu meningkatkan performa disipasi panas pada fluida kerja tanpa eksitasi frekuensi ultrasonik (0 kHz) sebesar 337,27% untuk *heat flux* dan 307,94% untuk *heat transfer coefficient*. Sementara itu, pemberian eksitasi frekuensi ultrasonik secara umum meningkatkan *heat flux* dan *heat transfer coefficient*, terutama pada frekuensi 20 kHz persegi dengan peningkatan sebesar 241,67%, serta dengan perlakuan deaerasi ada pada frekuensi 30 kHz sinus. Kombinasi antara deaerasi dan sonikasi secara umum memberikan peningkatan performa *pool boiling* dibandingkan kondisi tanpa perlakuan, terkecuali pada frekuensi 20 kHz dan 30 kHz persegi. Hal ini menyimpulkan bahwa integrasi medan akustik dan perlakuan fluida kerja dapat menjadi pendekatan efektif dalam mengoptimalkan sistem pendinginan dua fase.

Kata Kunci: *Pool boiling*, *Heat transfer coefficient*, *Heat flux*, Deaerasi, Frekuensi, Gelombang.

ABSTRACT

In support of improving two-phase cooling system efficiency and the pursuit of carbon neutrality, pool boiling technology has emerged as a promising method for enhancing heat transfer performance. This phenomenon relies on the formation of vapor bubbles at a heated surface in direct contact with the working fluid. Research has shown that microscale surface modifications and the application of acoustic excitation through ultrasonic waves can improve both the heat transfer coefficient (HTC) and critical heat flux (CHF).

The experiment was conducted using distilled water as the working fluid inside a boiling chamber equipped with a copper heating system and a copper coil-based cooling system with circulating coolant. The deaeration treatment was performed by heating the fluid to 86 °C prior to testing in order to assess the significance of reducing nucleation bubble formation. Ultrasonic frequency variations included 0, 20, 30, and 40 kHz, with two waveform types: sinusoidal and square. Temperature data were collected using three K-type thermocouples embedded in the heat source and processed with a NI cDAQ-9181 and NI 9213 data acquisition system and LabVIEW software. Data collection was carried out incrementally by increasing the heating power from 100 W to 500 W.

The test results showed that the deaeration process significantly enhanced heat dissipation performance of the working fluid without ultrasonic excitation (0 kHz), with improvements of 337.27% in heat flux and 307.94% in heat transfer coefficient. Meanwhile, ultrasonic frequency excitation generally increased heat flux and HTC, especially at 20 kHz square wave with an increase of 241.67% and with deaeration treatment, the best result was at 30 kHz sinusoidal. Overall, the combination of deaeration and sonication improved pool boiling performance compared to untreated conditions, except at 20 kHz and 30 kHz square wave. This study concludes that integrating acoustic fields and working fluid treatment can be an effective approach in optimizing two-phase cooling systems.

Keywords: Pool boiling, Heat transfer coefficient, Heat flux, Deaeration, Frequency, Waveform