

INTISARI

Penukar panas mikrokanal (*Microchannel Heat exchanger*) semakin banyak digunakan dalam industri seperti HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) dan refrigerasi karena efisiensi perpindahan panasnya yang tinggi. Namun, tantangan utama pada aplikasi *MCHX* vertikal adalah maldistribusi aliran dua fasa di dalam *header*, yang disebabkan oleh dominasi gaya gravitasi pada laju alir rendah. Fenomena ini menyebabkan penurunan performa termal secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi desain *header* vertikal *MCHX* dengan menerapkan kedalaman protrusi bertingkat (*staggered protrusion depth*) pada pipa keluaran dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap distribusi aliran melalui simulasi *Computational fluid dynamics* (*CFD*).

Studi ini mengkaji karakteristik aliran dua fasa refrigeran R410A pada desain *header* konvensional dan *header* dengan modifikasi protrusi bertingkat. Metodologi penelitian melibatkan simulasi numerik menggunakan model *Volume of Fluid* (*VOF*) dalam perangkat lunak *ANSYS Fluent* untuk menganalisis distribusi fluida. Kinerja desain *header* dievaluasi berdasarkan nilai *Relative Standard Deviation* (*RSD*) dari laju alir massa di setiap saluran keluar dan penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain *header* konvensional mengalami maldistribusi yang signifikan, di mana fasa cair terkonsentrasi di saluran bawah sementara fasa uap lebih dominan di saluran atas. Hal ini terlihat jelas pada laju alir massa rendah (50 kg/jam) dengan nilai *RSD* fasa cair mencapai 0,49. Sebaliknya, *header* dengan protrusi bertingkat menunjukkan perbaikan keseragaman aliran secara substansial. Modifikasi ini terbukti efektif mengurangi dominasi gaya gravitasi dengan cara mengurangi rintangan inersial ke bagian atas *header*, sehingga menghasilkan distribusi fasa cair dan uap yang lebih merata. Secara spesifik, nilai *RSD* fasa cair berhasil diturunkan hingga 67,7% pada kondisi laju alir rendah.

Desain dengan protrusi bertingkat menunjukkan penurunan *pressure drop* dibandingkan konfigurasi *baseline* pada laju masa yang sama. Dengan pengurangan *pressure drop* hingga 21-31% dari desain konvensional pada laju masa sedang dan tinggi (100-200kg/h). Tetapi pada laju masa rendah (50kg/h), penurunan tidak terlihat. studi ini mengkonfirmasi bahwa modifikasi geometri *header* dengan protrusi bertingkat adalah strategi yang efektif untuk memperbaiki distribusi aliran dua fasa pada *header MCHX* vertikal.

Kata Kunci: *MCHX*, *Header* Vertikal, Distribusi Aliran, Aliran Dua Fasa, Protrusi Bertingkat, *CFD*

ABSTRACT

Microchannel Heat exchangers (MCHX) are increasingly used in industries such as HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) and refrigeration due to their high heat transfer efficiency. However, a primary challenge in vertical MCHX applications is the maldistribution of two-phase flow within the header, caused by the dominance of gravitational forces at low flow rates. This phenomenon leads to a significant decrease in thermal performance. This research aims to optimize the design of a vertical MCHX header by implementing a staggered protrusion depth in the outlet tubes and evaluating its effect on flow distribution through Computational fluid dynamics (*CFD*) simulations.

This study investigates the two-phase flow characteristics of R410A refrigerant in a conventional header design and a header with staggered protrusion modifications. The research methodology involves numerical simulations using the Volume of Fluid (*VOF*) model in ANSYS Fluent software to analyze fluid distribution. The header design's performance is evaluated based on the Relative Standard Deviation (*RSD*) of the mass flow rate in each outlet channel and the resulting pressure drop.

The simulation results indicate that the conventional header design experiences significant maldistribution, where the liquid phase concentrates in the lower channels while the *vapor* phase is more dominant in the upper channels. This is particularly evident at a low mass flow rate (50 kg/h), with the liquid phase *RSD* reaching 0.49. Conversely, the header with staggered protrusions shows a substantial improvement in flow uniformity. This modified design proves effective in reducing the dominance of gravitational force by decreasing the fluid's inertial obstacle, thereby resulting in a more even distribution of the liquid and *vapor* phases. Specifically, the liquid phase *RSD* was successfully reduced by up to 67.7% under low flow rate conditions.

The design with staggered protrusions also demonstrated a lower pressure drop compared to the baseline configuration at the same mass flow rates. A pressure drop reduction of 21-31% from the conventional design was observed at medium and high mass flow rates (100-200 kg/h). However, at the low mass flow rate (50 kg/h), no significant reduction was observed. In conclusion, this study confirms that modifying the header geometry with staggered protrusions is an effective strategy for improving two-phase flow distribution in vertical MCHX headers.

Keywords: MCHX, Vertical Header, Flow Distribution, Two-Phase Flow, Staggered Protrusion, *CFD*