

EFEKTIFITAS PERPINDAHAN PANAS PADA DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER DENGAN GROOVE

Putu Wijaya Sunu*, Daud Simon Anakottapary dan Wayan G. Santika

Department of Mechanical Engineering, Bali State Polytechnic, Badung-Bali, Indonesia.

Email: wijayasunu@pnb.ac.id, daudsanakottapary@pnb.ac.id,
wayan.santika@pnb.ac.id

Abstrak

Perpindahan panas pada *double pipe heat exchanger* dengan *groove* diteliti dengan metode eksperimen di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap fenomena *groove* dalam proses perpindahan panas pada *heat exchanger*. Fluida yang digunakan sebagai fluida panas dan fluida dingin dalam penelitian ini adalah air. Pola aliran fluida pada penukar kalor pipa konsentris ini adalah *parallel flow*. Laju aliran fluida panas divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efektifitas perpindahan panas. Selain itu ditentukan juga *approach temperatur* yang didefinisikan sebagai beda temperatur pada sisi keluar fluida panas dan dingin pada penukar kalor. Laju aliran fluida panas yang digunakan adalah 27.1, 25.1, 23.8, 22.0, 19.8 l/mnt. Sedangkan laju aliran fluida dingin ditahan konstan pada 27.1 l/mnt. *Groove* ditempatkan pada dinding *tube* yaitu di ruang annulus antara *tube* dan *shell* dengan dimensi 0.4 x 40 mm. Temperatur fluida panas yang digunakan adalah $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur fluida dingin adalah $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Data hasil pengukuran pada penukar kalor dengan ber-*groove* dibandingkan dengan data hasil pengukuran pada penukar kalor tanpa *groove* (*smooth pipe*). Diperoleh peningkatan efektifitas perpindahan panas maksimum akibat pemasangan *groove* sebesar 29.5%. Peningkatan *volume flowrate* akan meningkatkan kecepatan aliran fluida. Peningkatan kecepatan fluida akan meningkatkan bilangan Re. Hal ini akan meningkatkan keacakan fluida, meningkatkan perpindahan momentum sehingga efektifitas perpindahan panas cenderung meningkat. *Approach temperature* pada penukar kalor ber-*groove* mengalami penurunan sebesar 37.9%. Semakin besar *volume flowrate* maka nilai *approach temperature* semakin kecil. Penurunan *approach temperature heat exchanger* menandakan proses *heat transfer* yang semakin baik dimana temperatur keluar fluida panas mendekati temperatur keluar fluida dingin. Pemasangan *groove* pada ruang annulus meningkatkan daerah resirkulasi. *Groove* berfungsi sebagai *vortex generator* sehingga mampu mengoyak *thermal boundary layer*. *Boundary layer* yang semakin tipis akan mengurangi hambatan termal perpindahan panas. Hal ini juga meningkatkan proses pencampuran fluida sehingga laju perpindahan panas meningkat. Selain itu pemasangan *groove* juga meningkatkan luas permukaan panas serta menurunkan bobot *heat exchanger* itu sendiri.

Kata kunci: *Groove*, *heat exchanger*, efektifitas perpindahan panas, *approach temperature*

Pendahuluan

Heat exchanger/ penukar kalor adalah peralatan yang berfungsi memindahkan panas dari dua fluida kerja yang memiliki perbedaan temperatur. Heat exchanger memiliki pemakaian yang luas dalam

berbagai proses termal di industri seperti di industri kimia, perminyakan, RHVAC, transportasi dan lainnya. Diantara banyak jenis heat exchanger, jenis pipa konsentris merupakan yang paling sederhana. Heat exchanger jenis ini

memiliki kemudahan dalam perawatan karena desain yang sederhana, sangat sesuai untuk tekanan dan suhu tinggi.

Untuk mendapatkan perpindahan panas yang maksimal pada heat exchanger pipa konsentris, maka diperlukan perancangan heat exchanger yang baik serta ukuran dimensi yang sesuai. Salah satu parameter penting yang dapat meningkatkan efektivitas heat exchanger adalah luasan penampang panas. Banyak teknik yang dikembangkan terkait dengan permukaan panas. Salah satunya adalah *groove*. Pemasangan *groove* meningkatkan luas panas, menghemat *space*, dan juga menurunkan bobot *heat exchanger* itu sendiri.

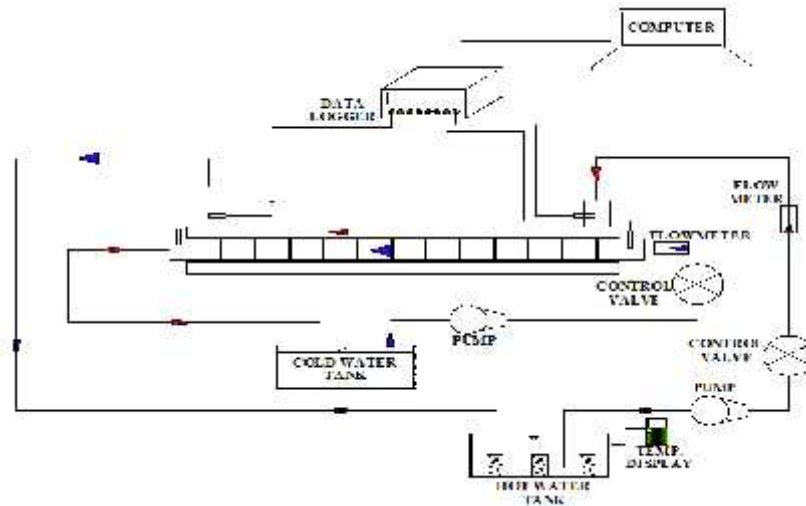
Penelitian yang dilakukan [1] meneliti *heat transfer* pada *longitudinal groove*, hasilnya menunjukkan peningkatan faktor termal sebesar 1.4 s/d 2.2 pada *heat exchanger* dengan *groove*. [2] mengungkap peningkatan *heat transfer* akibat kekasaran permukaan. Mengubah struktur permukaan merupakan bentuk dari kontrol aliran secara pasif untuk meningkatkan proses perpindahan panas dan transfer momentum. [3] meneliti pengaruh jumlah *groove* terhadap *pressure drop* pada *internal flow*. [4] meneliti perpindahan panas pada *corrugated surface heat exchanger* pipa konsentris, hasilnya perubahan kontur permukaan memberikan efek yang signifikan terhadap karakteristik panas dan gesekan. [5] meneliti tentang *groove*

pada *internal flow*, didapat *groove* meningkatkan *friction factor*.

Kinerja mesin penukar kalor dapat dilihat dari efektifitas perpindahan panasnya dan NTU. Namun secara sederhana dapat dilakukan dengan mengukur beda temperatur pada kedua sisi outlet heat exchanger yang disebut *temperature approach*. Semakin rendah *approach temperature* menandakan proses perpindahan panas yang semakin baik. Penelitian mengenai *heat exchanger* sangat banyak dilakukan namun yang khusus meneliti penukar kalor jenis pipa konsentris masih sangat jarang. Ruang annulus diantara pipa konsentris jarang mendapat perhatian. Ruang annulus menjadi unik karena perpindahan panas dan aliran fluida yang terjadi diantara pipa bagian luar dan pipa bagian dalam penukar kalor. Penambahan *groove* akan meningkatkan luas permukaan panas selain itu *groove* meningkatkan kekasaran permukaan yang akan mempengaruhi karakteristik perpindahan panas. Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada fenomena perpindahan panas di ruang annulus akibat penambahan *groove*.

Metode Penelitian

Secara skematis instalasi penelitian tersaji pada gambar 1.



Gambar 1. Instalasi penelitian

Experiment setup penelitian ini terdiri dari penukar kalor pipa konsentris dengan *circumference rectangular groove* pada dinding luar pipa bagian dalam. Penukar kalor ini memiliki panjang 1 m dan diameter pipa dalam 19.4 mm, diameter pipa luar 38.1 mm. *Groove* yang digunakan memiliki dimensi 0.4 x 40 mm. Untuk mensirkulasikan fluida panas dan dingin dalam sistem ini digunakan 2 buah pompa yang distabilkan menggunakan stabilizer dengan laju aliran maksimum 27.1 l/min. Laju aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah 27.1, 25.1, 23.8, 22.0, 19.8 l/mnt pada fluida panas, yang diperoleh dengan mengatur bukaan *control valve* dan diukur menggunakan *flow meter*. Pada fluida dingin laju aliran dipertahankan konstan pada 27.1 l/mnt.

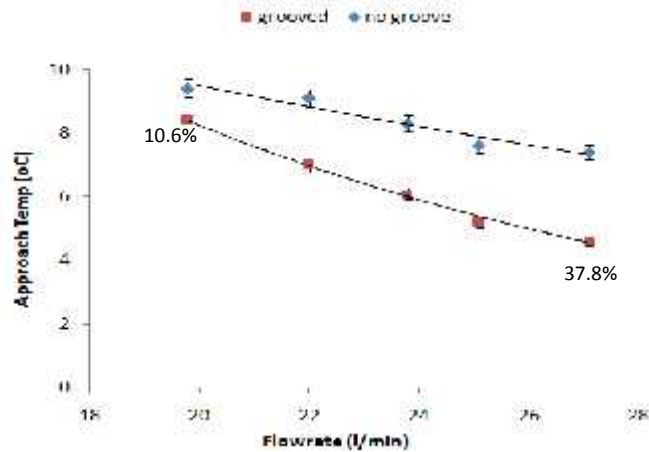
Pola aliran *parallel flow* digunakan dalam penukar kalor ini, yang mana sisi masuk fluida panas mengalami kontak dengan sisi masuk fluida dingin dan sisi keluar fluida panas mengalami kontak dengan sisi keluar fluida panas.

Temperatur sisi masuk fluida panas adalah $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan temperatur sisi masuk fluida dingin adalah $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Instrumen pengukuran temperatur menggunakan termokopel yang dipasang pada masing-masing sisi masuk dan keluar fluida panas dan dingin penukar kalor. Termokopel dihubungkan dengan data logger untuk mendigitalisasi data sehingga dapat direkam oleh komputer selama 750 menit. Data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung persentase perubahan *approach temperature*, efektifitas perpindahan panas dan NTU akibat pemasangan *groove*.

Hasil dan Pembahasan

Data awal yang diambil adalah temperatur sisi masuk dan keluar penukar kalor dengan *groove*. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kondisi tanpa *groove* sehingga dapat diketahui besar perubahan *approach temperature*. Besarnya perubahan *approach temperature* tersaji pada gambar 2.

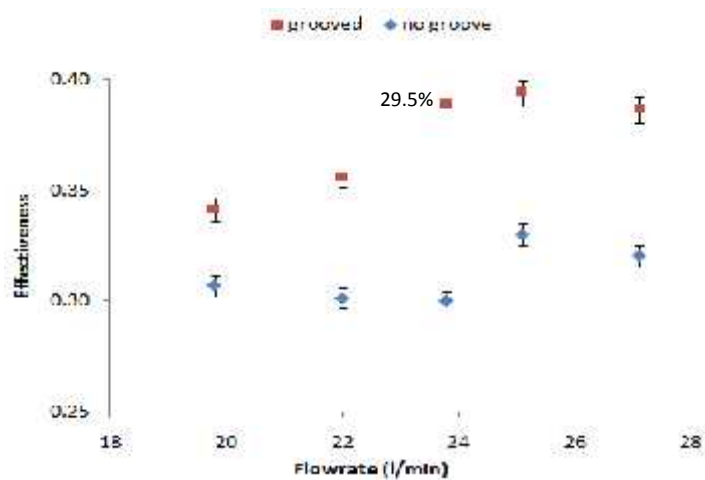


Gambar 2. Approach Temperature

Gambar 2 menunjukkan hubungan *flowrate* fluida panas terhadap *approach temperature* pada penukar kalor. Titik segiempat berwarna merah mewakili penukar kalor ber-*groove* sedangkan yang berwarna biru adalah penukar kalor tanpa *groove*. Pada gambar 2 terlihat nilai *approach temperature* menurun secara eksponensial seiring dengan peningkatan *flowrate* pada penukar kalor dengan *groove* maupun tanpa *groove*. Nilai *approach temperature* pada penukar kalor ber-*groove* lebih rendah

dibandingkan penukar kalor tanpa *groove*. Persentase penurunan *approach temperature* pada masing-masing *flowrate* mulai 10.6% sampai dengan 37.8%. Fenomena ini menandakan proses *heat transfer* yang semakin baik.

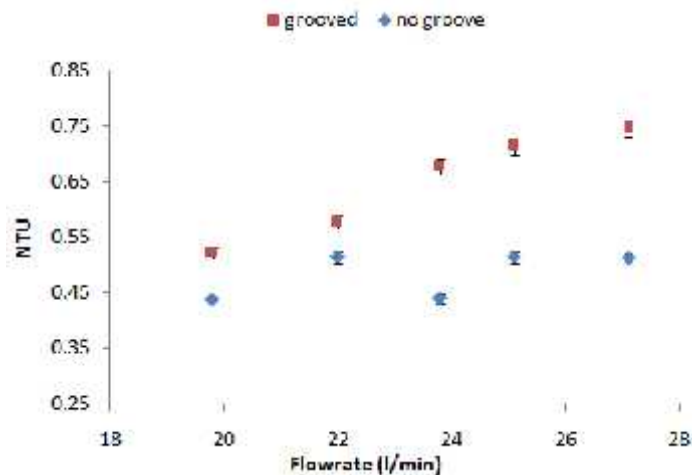
Gambar 3 memperlihatkan hubungan *flowrate* fluida panas terhadap efektifitas perpindahan panas. Semakin tinggi laju aliran volume maka efektifitas cenderung meningkat pada penukar kalor ber-*groove* maupun tanpa *groove*.



Gambar 3. Efektifitas Perpindahan Panas Penukar Kalor Pipa Konsentris

Efektifitas perpindahan panas pada penukar kalor dengan *groove* lebih tinggi dibandingkan tanpa *groove*. Efektifitas perpindahan panas merupakan perbandingan antara kalor aktual dan kalor maximum yang ditransfer penukar

kalor. Besarnya efektifitas perpindahan panas sangat dipengaruhi oleh beda temperatur masuk dan keluar, baik pada sisi fluida panas maupun dingin. Semakin besar beda temperatur maka efektifitasnya akan meningkat.



Gambar 4. NTU penukar kalor pipa konsentris

Gambar 4 menyajikan hubungan *flowrate* terhadap NTU. Semakin besar laju aliran volume maka nilai NTU cenderung meningkat. Karakteristik NTU sangat ditentukan oleh *overall heat transfer* koefisien dan luas permukaan panas. Penambahan *groove* secara langsung meningkatkan luas bidang panas *heat exchanger* sehingga nilai NTU penukar kalor ber-*groove* lebih tinggi dibandingkan tanpa *groove*. Penambahan *groove* akan meningkatkan keacakan aliran fluida. Fenomena ini akan meningkatkan konveksi momentum dan energi transfer pada lapisan fluida.

Kesimpulan

Penambahan *groove* pada daerah annulus peralatan penukar kalor jenis *double pipe* akan menurunkan *approach temperature* sebesar 10.6% sampai 37.8%. Efektivitas perpindahan panas

dan NTU meningkat akibat pemasangan *groove*. *Groove* meningkatkan luas permukaan panas, meningkatkan keacakan aliran dan meningkatkan transport energi secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- [1] Aroonrat, K., Jumholkul, C., Leelaprachakul, R., Dalkilic, A.S., Mahian, O. and Wongwises, S. Heat transfer and single-phase flow in internally grooved tube. *International Communication in Heat and Mass Transfer*. 42 (2013) 62-68.
- [2] Katoh, K., Choi, K.S., Azuma, T. Heat-transfer enhancement and pressure loss by surface roughness in turbulent channel flows. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 43 (2000) 4009-4017.

- [3] Putu Wijaya Sunu., ING Wardana, A.A. Sonief, Nurkholis Hamidi.. The effect of wall groove numbers on pressure drop in pipe flows. *Int. J. Fluid Mech. Resch.* 42(2) (2015) 119 – 130.
- [4] Hamed Sadighi Dizaji, Samad Jafarmadar, Farokh Mobadersani. Experimental studies on heat transfer and pressure drop characteristics for New Arrangements of Corrugated Tubes in a Double Pipe Heat Exchanger. *International Journal of Thermal Sciences.* 96 (2015) 211 – 220
- [5] Putu Wijaya Sunu, ING Wardana, AA Sonief, Nurkholis Hamidi., Flow Behavior and Friction Factor in Internally Grooved Pipe Wall. *Advanced Studies in Theoretical Physics* 8(14) (2014), 643-647.