

# Analisa Laju Perpindahan Panas *Counter Flow Heat Exchanger* skala laboratorium dengan aliran berulir

Wawan Trisnadi Putra<sup>1)</sup>Fadelan<sup>2)</sup>Muh Malyadi<sup>3)</sup>

Dosen Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Ponorogo<sup>1)</sup>

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang<sup>2,3)</sup>

Jl. Budi Utomo 10 61143

HP :081333737690<sup>1)</sup>, E-mail : wa2n\_lwk@yahoo.com<sup>1)</sup>

## Abstrak

Penggunaan *Heat Exchanger* dengan berbagai macam bentuk dan model telah banyak dilakukan diantaranya dengan menggunakan *Turbulator* sebagai penghalang dan pengantar panas, Penelitian tentang *counter flow heat exchanger* menggunakan berbagai bentuk spiral yang ditempatkan pada pipa bagian dalam telah dilakukan dengan merubah berbagai macam *turbulator*. *Characteristic of performance counter flow heat exchanger* akan berubah sesuai dengan turbulensi yang terjadi. Metode eksperimen dengan rancangan percobaan berskala laboratorium menggunakan satu set up peralatan *double tube heat exchanger* merupakan metode yang digunakan dan hasil yang diperoleh pada Laju perpindahan kalor tertinggi terdapat pada debit terbesar dengan diameter luar Poros berulir 18 mm dengan kedalaman 9 mm sebesar 24,45 J/s dan Laju perpindahan kalor terkecil pada debit 100 kedalaman 5 diameter 16 mm sebesar 14,03 J/s sedangkan Efektifitas terbesar di peroleh oleh debit 100 kedalaman 5 mm sebesar 88.77 %.

Kata Kunci : *heat exchanger*, Ketinggian Ulir Poros, debit air panas, Laju perpindahan Panas.

## BAB I PENDAHULUAN

Dunia teknologi dan industri populer dengan istilah *heat exchanger* yang merupakan suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas antara dua fluida yang mempunyai temperature berbeda baik sebagai pendingin maupun sebagai pemanas. Pertukaran panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien, sehingga hampir semua industri yang menggunakan panas sebagai media akan memasang alat ini sebagai cara meningkatkan efisiensi.

*Heat exchanger* merupakan alat penukar kalor yang tujuan utamanya mentransferkan kalor dari satu fluida ke fluida lain. Fluida yang biasa digunakan adalah air atau gas.

Untuk mendapatkan kinerja *heat exchanger* yang lebih efektif, maka perlu dilakukan pengujian terhadap parameter-parameter pendukung *heat exchanger* seperti *Turbulator*. *Turbulator* adalah alat yang ditempatkan pada bagian pipa dalam *heat exchanger* yang berfungsi untuk mendeformasi aliran dan memperluas daerah perpindahan kalor. Salah satu jenis *turbulator* yang akan digunakan adalah poros berulir yang berbentuk spiral. Parameter-parameter yang mendukung kinerja Poros berulir yaitu ketinggian ulir, jenis material, sudut kemiringan, dan diameter luar poros.

Penelitian ini bertujuan mengetahui besar pengaruh diameter luar dengan ketinggian ulir porosterhadap *characteristic of performance counter flow heat exchanger*. Poros berulir ditempatkan pada pipa bagian dalam *heat exchanger* yang dapat mendorong terjadinya turbulensi hingga mempengaruhi naiknya angka Reynolds seiring dengan naiknya angka Nusselt, laju perpindahan kalor aktual, *pressure drop*, faktor gesekan, dan efisiensi *heat exchanger*.

Penelitian sebelumnya telah diteliti dengan merubah dan memodifikasi penghalang menjadi berbagai macam bentuk antara lain *Helical Fin*, Pen berbunga, Plat berulir, Pegas yang telah melakukan penelitian di Lab Pendingin Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Eksperimen terhadap pengaruh pemasangan *helical screw* tipe 17 mm dengan diameter inti 5 mm dengan jarak *helical screw* dengan diameter inti 4 mm dilakukan oleh Eiamsa-ard & Promvong [4]. Hasil yang diperoleh, terjadi peningkatan angka Nusselt rata-rata sebesar 230 % sampai dengan 340 % dari *double plain tube* tanpa *turbulator*, peningkatan efisiensi *heat exchanger* mencapai 1.00 sampai dengan 1.17.

Nuntapahn & Kiatsirirot [11], melakukan eksperimen terhadap pengaruh pemasangan *helical fin* terhadap koefisien perpindahan kalor (h) dan laju perpindahan kalor (Q). Aliran fluida pada *heat exchanger* berbentuk *crossflow* dengan hasil yang

diperoleh berupa peningkatan nilai laju perpindahan kalor sangat tergantung pada ketinggian *helical fin*.

Murugesan *al* [10], melakukan penelitian tentang karakteristik perpindahan kalor dan pengaruh *pressure drop* dari aliran turbulen dalam tabung. Plat berpilin berbentuk trapesium, berfungsi sebagai turbulator dan ditempatkan pada bagian dalam tabung. Data *heat exchanger* tanpa plat berpilin sebagai pembanding. Hasil yang diperoleh, laju perpindahan kalor meningkat sangat signifikan seiring dengan meningkatnya angka Nusselt sebesar 1.37 kali untuk pilinan 6.0. Angka Nusselt yang diperoleh lebih besar dari pada jenis *heat exchanger* tanpa turbulator yang hanya mencapai 1.72 kali untuk pilinan 4.4. Kenaikan laju perpindahan kalor mencapai 27 % hingga 41.8 % untuk pilinan 4.4 dan 6.0. Faktor gesekan yang diperoleh lebih besar daripada *heat exchanger* tanpa turbulator dengan rasio pilinan 4.4 adalah 2.85 kali, sedangkan 6.0 mencapai 1.97 kali.

Berbagai macam penelitian yang telah dikemukakan menunjukkan adanya peningkatan kinerja *heat exchanger*, walaupun terjadi peningkatan juga pada nilai *pressure drop*.

## BAB II DASAR TEORI

Ketidakhorizontalan aliran merupakan efek yang ditimbulkan dari penempatan poros berulir pada pipa dalam *heat exchanger*. Aliran yang masuk kedalam pipa dalam menjadi turbulen hingga menyebabkan naiknya angka Reynolds seiring dengan naiknya angka Nusselt.

Untuk menentukan konstanta angka Nusselt dengan profil aliran yang telah terbentuk pada pipa dalam digunakan persamaan Ditus dan Boelter yaitu :

$$Nu = 0,023 Re^{0,80} Pr^n \dots\dots\dots(1)$$

Dengan  $Pr$  adalah angka Prandtl antara 0.7 sampai dengan 160 untuk angka Reynolds lebih dari 2300. Nilai eksponen  $n$  untuk aliran panas 0.40, untuk aliran dingin 0.30. Angka Reynolds sebagai perbandingan gaya inersia/kinetik dengan gaya viskos dalam aliran ditentukan dengan :

$$Re = \frac{D_h V}{\nu} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :  $D_h = \frac{4A_c}{P}$  ;  $V = \frac{\mu}{\rho}$

$D_h$  adalah diameter hidraulik pipa (m),  $\nu$  kecepatan aliran (m/s),  $\rho$  densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>),  $\mu$  viskositas dinamik aliran (kg/m.s),  $A_c$  luas penampang aliran (m<sup>2</sup>) dan  $P$  perimeter basah (m), .

Perpindahan kalor pada *heat exchanger* terjadi dari fluida air panas ke fluida air dingin yang dibatasi oleh dinding pipa bagian dalam yang masing-masing fluida dinyatakan dengan :

1. Untuk fluida air dingin.  
 $\dot{Q}_c = \dot{m}_c C_{ph} (T_{c,out} - T_{c,in}) \dots\dots\dots(3)$

2. Untuk fluida air panas  
 $\dot{Q}_h = \dot{m}_h C_{ph} (T_{h,out} - T_{h,in}) \dots\dots\dots(4)$

Dengan  $\dot{m}_h, \dot{m}_c$  sebagai laju aliran massa fluida panas dan dingin (kg/s),  $C_{ph}$  panas spesifik fluida

panas pada tekanan konstan,  $T_{c,out}$  dan  $T_{c,in}$  adalah temperatur keluar dan masuk fluida dingin (°C),  $T_{h,out}$  dan  $T_{h,in}$  merupakan temperatur keluar dan masuk fluida panas (°C). Perpindahan kalor air dingin ( $\dot{Q}_c$ ) dan Perpindahan kalor air panas ( $\dot{Q}_h$ ) memiliki satuan J/s atau Watt.

Bentuk persamaan kalor menyeluruh dinyatakan sebagai :

$$\dot{Q}_c = U A_o \Delta T_{lm} \dots\dots\dots(5)$$

$$\Delta T = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2})} ; A_o = \frac{1}{4} (Dp - Dprs)$$

Dengan  $U$  sebagai koefisien perpindahan kalor menyeluruh (W/m<sup>2</sup>.°C),  $A_o$  adalah luas penampang luar pipa bagian dalam (m<sup>2</sup>) dan  $\Delta T_{lm}$  merupakan perbedaan temperatur rata-rata logaritmik (°C) yang masing-masing ditentukan dengan :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{A_o}{h_o A_i} + \frac{A_o x \ln(\frac{r_o}{r_i})}{2\pi k L} + \frac{1}{h_i}} \dots\dots\dots(6)$$

$$A_o = \pi D_o L_i \dots\dots\dots(7)$$

$hidanho = Temperaturmasukdankeluar$

$k =$  Konduktifitas thermal bahan

$D_o$  merupakan diameter luar pipa dalam (m),  $L_i$  adalah panjang pipa dalam (m). Faktor gesekan pada pipa dalam dipengaruhi oleh besarnya *pressuer drop* dan gesekan antara fluida dengan dinding pipa dan Poros berulir hingga mempengaruhi kinerja pompa. Untuk menentukan besarnya nilai faktor gesekan digunakan persamaan berikut:

$$f = (1,82 \log Re - 1,64)^{-2} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan *preesure drop* (N/m<sup>2</sup>) sebagai :

$$\Delta p = \Delta z \rho g \dots\dots\dots(10)$$

Daya pompa (Watt) ditentukan dengan :

$$W_{pump} = \frac{\dot{m} \Delta p}{\rho} \dots\dots\dots(11)$$

$\Delta z$  sebagai perbedaan tinggi tekanan fluida pada sisi masuk dan keluar dengan satuan cmH<sub>2</sub>O dan gmerupakan gaya grafitasi.

Welty *at al.* [12], metode analisis efektifitas panas yang memiliki hubungan dengan *Number of Transfer Units* (NTU) merupakan metode rasio transfer panas sesungguhnya dalam *heat exchanger* terhadap transfer panas maksimum yang mungkin akan terjadi jika luas permukaan infinit tersedia dengan kapasitas rasio rata-rata sebagai :

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{(\dot{m} C_p)_{min}}{(\dot{m} C_p)_{max}} \dots\dots\dots(12)$$

NTU merupakan angka tak berdimensi dirumuskan sebagai :

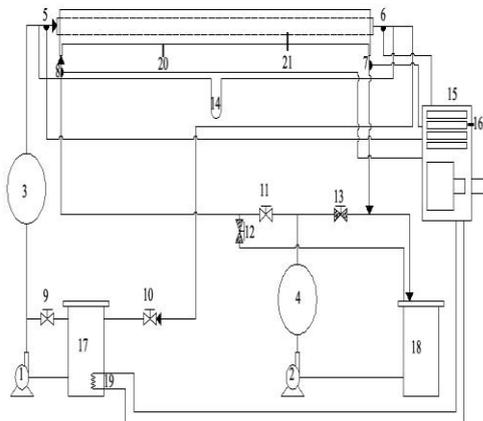
$$NTU = \frac{U A_s}{C_{min}} = \frac{U A_s}{(\dot{m} C_p)_{min}} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan :  $A_s = \pi D_i L_i$

$A_s$  merupakan luas area perpindahan kalor menyeluruh (m<sup>2</sup>),  $D_i$  adalah diameter dalam pipa bagian

dalam (m). Efektifitas pada *head exchanger* diperoleh dengan :

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NTU(1-c)}}{1 - 0,44 e^{-NTU(1-c)}} \dots\dots\dots(14)$$



Gambar 1. Skema instalasi peralatan penelitian



Gambar 2. Salah Bentuk pada pipa bagian dalam *heat exchanger*

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan rancangan percobaan berskala laboratorium menggunakan satu set up peralatan *double tube heat exchanger* dan bertempat di Laboratorium Mesin Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Set up peralatan penelitian digambarkan pada gambar 1 dengan bentuk poros berulir dengan posisi terletak pada pipa bagian dalam *heat exchanger* digambarkan pada gambar 2.

Bentuk aliran yang mengalir pada system *double tube heat exchanger* adalah *counter flow*. Air panas dan dingin dipompakan dari reservoirnya melewati debit meter.

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Debit air yang masuk ke dalam *double tube heat exchanger* pada sisi masuknya dan keluar air panas dan dingin terdapat *thermocouple* yang berfungsi untuk mengukur temperatur air dingin dan panas yang dapat dilihat pada indikator *display digital*.

Pada pipa bagian dalam *heat exchanger* terdapat poros berulir. Air panas akan keluar melalui sisi keluar pipa bagian dalam dan masuk kembali ke dalam reservoirnya. Di dalam reservoir air panas terdapat *heater*, berfungsi untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi panas.

Air dingin dipompakan menuju pipa bagian luar *heat exchanger*, di pipa tersebut air dingin akan menerima panas yang ditransferkan oleh air panas melalui dinding pipa bagian dalam. Air dingin akan keluar kembali menuju reservoirnya.

Poros Berulir dengan variasi Ketinggian ulir merupakan spesimen uji dengan diameter luar dan ketinggian ulir dijadikan sebagai variabel utama penelitian. Terdapat dua jenis dengan diameter luar Poros yakni 18 mm dan 16 mm dengan variasi ketinggian ulir yaitu 9 mm, 8 mm, 7 mm, 6 mm, dan 5 mm. Ukuran diameter dalam Poros berubah seiring dengan berubahnya ketinggian ulir (h) dengan diameter dalam pipa bagian dalam ( $D_{p\text{dbd}}$ ) yaitu 25.4 mm dengan panjang pipa bagian dalam untuk air panas ( $L_i$ ) yaitu 1100 mm dan panjang pipa bagian luar untuk air dingin ( $L_o$ ) adalah 1300 mm. Tebal ulir (t) 2 mm dengan jarak *pitch* (P) 5 mm.

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan konstan atau tidak berubah. Variabel ini terdiri dari :

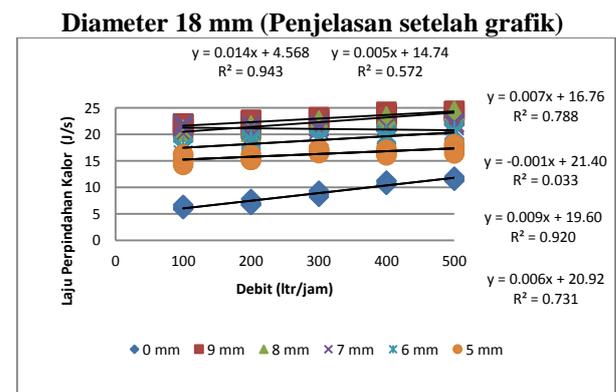
1. Debit fluida air dingin konstan sebesar 900 liter/jam dan debit air panas divariasikan dari 100 liter/jam sampai dengan 500 liter/jam dengan kenaikan rata-rata sebesar 100 liter/jam.
2. Temperatur reservoir panas pengujian dikondisikan konstan pada 70 °C dengan toleransi  $\pm 2^\circ\text{C}$ .
3. Temperatur reservoir air dingin dikondisikan konstan pada 27 °C dengan toleransi  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali pengulangan untuk tiap data pada saat temperatur air panas yang ditunjukkan oleh *display digital* benar-benar steady. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

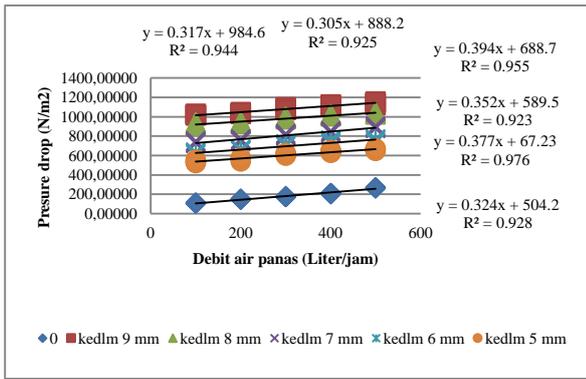
### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dihasilkan dari pengujian terdiri dari data *plain tube*, yaitu data tanpa turbulator dan data yang menggunakan poros berulir dengan diameter luar poros 18 mm dan 16 mm dengan variasi ketinggian ulir 9 mm, 8 mm, 7 mm, 6 mm dan 5 mm.

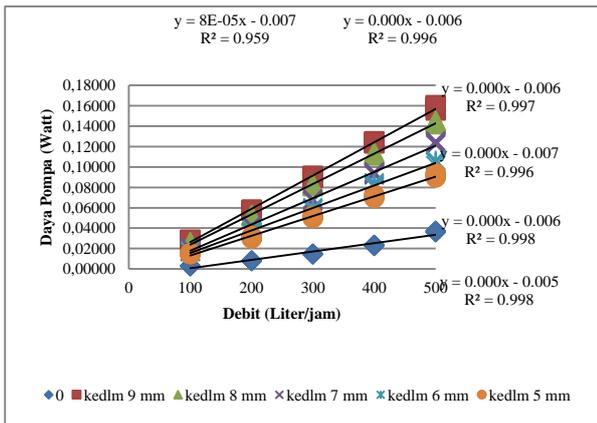
Dari hasil yang diperoleh selanjutnya dibuat grafik hubungan masing-masing diameter antara kenaikan debit air panas dengan nilai *pressure drop*, kenaikan air panas dengan daya pompa, kenaikan debit air panas dengan laju perpindahan kalor aktual, kenaikan debit air panas dengan angka Reynolds dan kenaikan debit air panas dengan efektifitas.



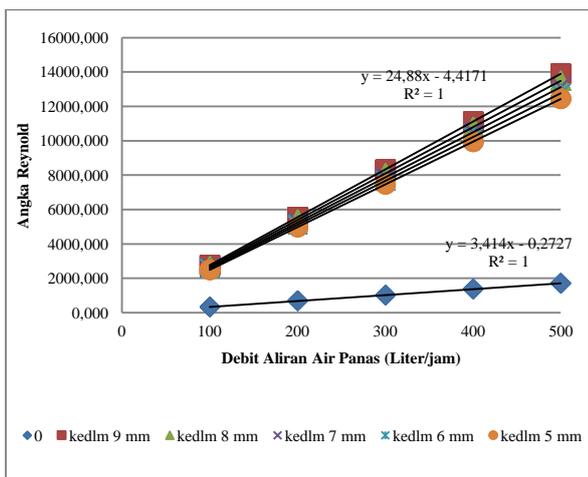
Gambar 3 Grafik pengaruh Debit Aliran air panas dengan Laju perpindahan kalor (J/s)



Gambar 4. Hubungan antara Presure Drop dengan Debit Aliran air panas

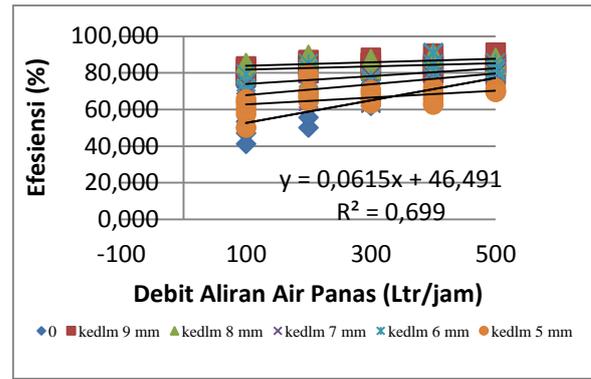


Gambar 5. Hubungan antara Daya Pompa dengan Debit aliran air panas



Gambar 6. Hubungan antara Debit aliran air panas dan Angka Reynold

Semakin besar angka Reynold yang dihasilkan maka turbulensi yang terjadi akan semakin besar seiring dengan bertambahnya angka Nusselt.



Gambar 7. Hubungan antara Debit air dengan Efisiensi heat exchanger

Pada gambar 3. Grafik Menunjukkan bahwa Laju perpindahan panas mengalami peningkatan pada masing-masing kedalaman dan peningkatan paling tinggi diperoleh pada kedalaman 9 mm dengan nilai laju perpindahan kalor sebesar 24.45 J/s dan terendah pada kedalaman 5 mm sebesar 16.30 J/s.

Untuk *plain tube*, nilai laju perpindahan panas lebih kecil dari yang menggunakan *poros*. Terbesar pada debit 500 liter/jam dan terkecil pada debit 100 liter/jam dengan masing-masing sebesar 6.25 J/s dan 11.57 J/s.

Untuk gambar 4. Dari grafik menunjukkan Peningkatan pengaruh penggunaan Poros berulir terhadap nilai pressure drop yang terjadi pada pipa bagian dalam akibat adanya turbulator dan yang tertinggi terjadi pada ketinggian ulir 9 mm sebesar 1079,90 N/m<sup>2</sup> dan terkecil pada ketinggian ulir 5 mm sebesar 601,70 N/m<sup>2</sup>

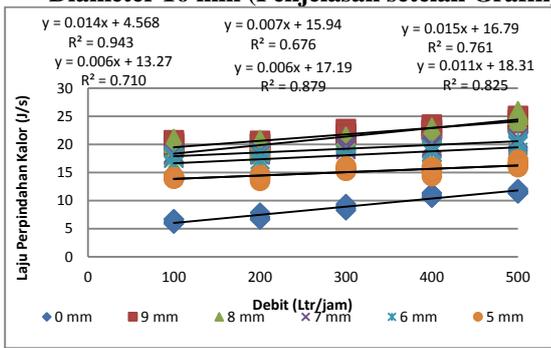
Untuk Gambar 5. Merupakan pengaruh debit terhadap daya pompa yang dibutuhkan untuk mengatasi *pressure drop* yang terjadi di tiap debit air panas. Daya pompa cenderung meningkat dan paling besar terdapat pada ketinggian ulir 9 mm sebesar 0,91 watt dan terkecil pada ketinggian ulir 5 mm sebesar 0.51 watt.

Gambar 6. Merupakan Hubungan antara Angka Reynold yang di akibatkan oleh Poros berulir dengan aliran air panas yang terjadi peningkatan terbesar justru dialami oleh debit 500 ltr/jam utk semua ketinggian sebesar 13140,6 dan terkecil pada debit 100 ltr/jam utk semua ketinggian ulir sebesar 2672,04.

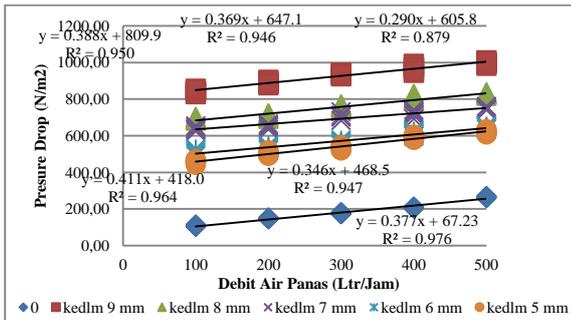
Gambar 7. Menunjukkan peningkatan Efisiensi dari heat exchanger yang di hubungkan dengan debit air panas dengan nilai terbesar terjadi pada ketinggian ulir 9 mm sebesar 83,57 % dan terkecil dengan nilai 66,46 % sedangkan untuk yang tanpa turbulator 64,95 %.

Dari semua grafik dapat dilihat dengan pemasangan poros berulir dengan berbagai macam ketinggian mengalami peningkatan dalam hal penyerapan panas walaupun pressure drop yang di hasilkan lebih besar.

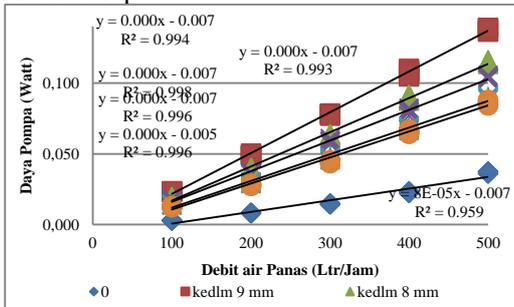
**Diameter 16 mm (Penjelasan setelah Grafik)**



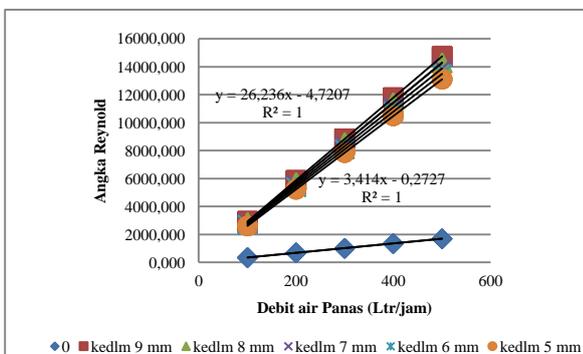
Gambar 8. Pengaruh Laju perpindahan Kalor dengan Debit aliran air panas



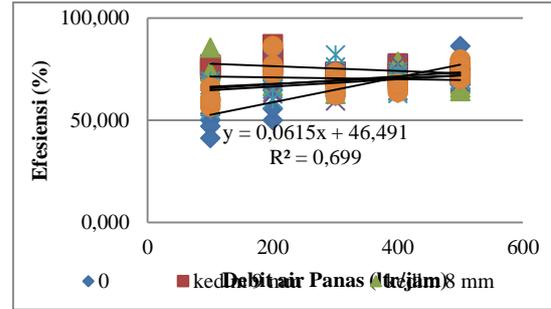
Gambar 9. Hubungan antara Debit air panas dengan Pressure drop



Gambar 10. Hubungan antara Debit air Panas dengan Daya Pompa



Gambar 11. Hubungan antara Debit air panas dan Angka Reynold



Gambar 12. Hubungan Efisiensi dan Debit air panas (Ltr/jam)

Pada gambar 8, peningkatan terjadi terhadap laju perpindahan kalor aktual paling besar terdapat pada kedalaman 9 mm sebesar 24.26 J/s pada debit 100-500 liter/jam dan terkecil. Pada ketinggian ulir 5 mm dengan debit yang sama sebesar 15.06 J/s sedangkan *plain tube* hanya mencapai 8.91 J/s. Ini menunjukkan bahwa Laju perpindahan panas mengalami peningkatan pada diameter 18 mm dibandingkan dengan diameter 16 mm sementara Untuk *plain tube*, nilai laju perpindahan panas lebih kecil dari yang menggunakan *poros*. Terbesar pada debit 500 liter/jam dan terkecil pada debit 100 liter/jam.

Gambar 9. Menunjukkan Peningkatan pengaruh penggunaan Poros berulir diameter 16 mm terhadap nilai pressure drop dan yang tertinggi terjadi pada ketinggian ulir 9 mm sebesar 926,46 N/m<sup>2</sup> dan terkecil pada ketinggian ulir 5 mm sebesar 541,43 N/m<sup>2</sup> dari nilai ini di ketahui bahwa nilai pressure drop untuk diameter 19 mm lebih besar dibandingkan dengan 16 mm.

Untuk Gambar 10. Merupakan pengaruh debit terhadap daya pompa Untuk Poros berulir diameter luar 16 mm merupakan spesimen dengan kebutuhan daya pompa paling tinggi mencapai 0.79 Watt dengan nilai *pressure drop* kecil dibandingkan dengan diameter luar 18 mm dan terkecil sebesar 0,47 Watt, Sedangkan, *plain tube* sebesar 0.17 Watt. Untuk mengatasi *pressure drop* yang terjadi di tiap debit air panas. Daya pompa cenderung meningkat dan paling besar terdapat pada Diameter 18 mm

Gambar 11. Menunjukkan perolehan angka Reynolds tertinggi terdapat pada setiap debit 500 Ltr/jam pada setiap kedalaman 9 mm yakni sebesar 13903.53 dan terkecil pada debit 100 Ltr/jam sebesar 2778.99 bila dibandingkan dengan *plain tube* yang sebesar 1023,23. Ini dikarenakan aliran fluida air panas pada pipa dalam bertubrukan dengan Poros dan membentuk olakan-olakan turbulensi mengikuti alur spiral hingga meningkatkan angka Reynolds. Pada *plain tube*, walaupun terjadi turbulensi tetapi sangat kecil, karena tidak ada penghalang yang menghalangi pergerakan air panas. Aliran bersifat aksial mengikuti bentuk pipa.

Hubungan antara Angka renold yang di akibatkan oleh Poros berulir dengan aliran air panas yang terbesar

justru dialami oleh debit 500 ltr/jam dan terkecil sebesar 100 ltr/jam utk semua ketinggian ulir.

Gambar 12. Menunjukkan Efisiensi dari heat exchanger yang di hubungkan dengan debit air panas dengan nilai terbesar terjadi pada kedalaman 9 sebesar 83,57 % dan terkecil dengan nilai 66,46 % sedangkan untuk yang tanpa turbulator 64,95 %.

Angka Nusselt tertinggi untuk semua jenis terdapat pada Poros Berulirdiameter dalam 16 mm mencapai 71.08 dan terendahnya 19,48 pada debt 100 ltr/dtk sedangkan untuk diameter 18 mm perolehan angka Nusselt sebesar 68.11 dan terkecilnya 18.71 Pada debit 900 ltr/jam untuk *plain tube* angka Nusselt mencapai 8,52

Faktor gesekan pada hasil ini mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya angka Reynolds dan paling rendah terdapat pada diameter dluar 16 mmbila dibandingkan dengan poros berulir diameter luar 18 mm. Pada *plain tube* perolehan nilai faktor gesekan paling tinggi bila dibandingkan dengan seluruh Poros berulir, faktor gesekan paling tinggi pada diameter luar 16 mm dan 18 mm yaitu 0.035kedalaman 9 mm dan untuk ketinggian ulir 5 mm sebesar 0,035.

Nilai efektifitas menunjukkan terjadi penurunan seiring dengan meningkatnya angka Reynolds. Efektifitas tertinggi terdapat pada debit 500 liter/jam dengan perolehan efektifitas dari yang tertinggi ke yang rendah yaitu diameter luar 18 mm sebesar 52,22.66 % dan untuk diameter luar 16 mm efektifitas mencapai 55,40% .

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kinerja dari Heat Exchanger dalam penelitian ini diperoleh kesimpulan yakni perolehan efisiensi tertinggi terdapat pada debit 500 liter/jam untuk semua jenis Poros berulir dan *plain tube* dengan urutan mulai dari spesimen yang memperoleh efisiensi tertinggi sebagai berikut :

1. Poros berulir diameter 18 kedalamn 9 mm : efisiensi mencapai 85.75 %, laju perpindahan kalor 24.40 N/m<sup>2</sup>dengan perolehan angka Reynolds 13140,6, angka Nusselt 68,11., *pressure drop*1079,90 N/m<sup>2</sup>, daya pompa 0.091 Watt dan faktor gesekan 0.035.
2. Diameter 16 mm:efektifitas mencapai 26.41 %,laju perpindahan kalor 24,26J/s dengan perolehan angka Reynolds 13903,53, angka Nusselt 71.07, *pressure drop*926,46 N/m<sup>2</sup>, daya pompa 0.079 Wattedan faktor gesekan 0.0347.
3. Untuk Plane tube yang tanpa turbulator Nilai efektifitasnya 26,41 % dengan angka reynold 1023,93 , Angka Nusselt 8,52 ,Daya pompa 0.017 watt, factor gesekan 0,075 dan laju perpindahan panasnya sebesar 8,91 J/s

Dari Hasil di peroleh bahwa dengan menggunakan poros berulir ini dapat temukan perubahan yang signifikan untuk peningkatan performance dan kinerja

dari heat exchanger dengan berbagai macam perubahan diantaranya ketinggian ulir dan jarak pitch nya.

Sedangkan untuk saran dari penulis yakni :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk aliran air panas dan air dingin dalam arah yang sama ( Parallel Flow ) pada penukar panas pipa ganda.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan 2 fluida yang berbeda atau selain air
3. Sebagai masukan untuk penelitian lebih lanjut tentang karakteristik dan kinerja counter flow heat exchanger dengan menggunakan turbulator sebagai penghalang
4. Dapat memberikan masukan untuk merancang dan meneliti kinerja heat exchanger dengan faktor gesekan rendah dan efisiensi yang tinggi terutama dibidang industri terutama untuk type counter flow heat exchanger sebagai alat pendingin fluida dengan menggunakan turbulator, dan sebagai pedoman untuk penelitian-penelitian selanjutnya

## Daftar Pustaka

- [1] Abu-Mulaweh, H. I. Experimental Comparison of Heat Transfer Enhancement Methods in Heat Exchangers. *International Journal of Mechanical Engineering Education*.31 : 2.
- [2] Bejan, A.& Craus, A. D. (2003). *Heat Transfer Handbook*, Canada : John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [3] Cengel, Y. A. (2002). *Heat Transfer a Partical Approach with EES CD*, New York :McGraw-Hill Science Engineering.
- [4] Eiamsa-ard, S. & Promvonge, P. (2006). Heat Transfer Characteristic in a Tube Fitted With Helical Screw-Tape With/Without Core-Rod Insert. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, Bangkok : Department of Mechanical
- [5] Holman, J. P. (1997). *Perpindahan Kalor*, Jakarta : Penerbit Airlangga.
- [6] Moran, M. J. & Shapiro, H. N. (2004). *Termodinamika Teknik*, Jakarta : Penerbit Airlangga.
- [7] Murugesan, P., Mayilsamy, K., Suresh, S.&Srinivasan, P. S. S. (2009). Heat Transfer and Pressure Drop Characteristics of Turbulen Flow Ain a Tube Fitted With Trapezoidal-Cut Twisted Tape Insert (Vol. 1). *International Journal of Academic Research*. (I) : 1.
- [8] Thianpong, C., Eiamsa-ard, P., Wongcharee, K. & Eiamsa-ard, S. (2009). Compound Heat Transfer Enhancement of a Dimpled TubeWitha Twisted Tape Swirl Generator. *International Communications in Heat and Mass Transfer* .36 : 698–704.
- [9] Welty, J. R., Wicks C. E., Wilson G. R. (2004).*Dasar-Dasar Fenomena Transport*, Jakarta : Penerbit Airlangga.