

STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK PERPINDAHANN KALOR PADA PIPA KONSENTRIK DENGAN PENAMBAHAN VORTEX GENERATOR TIPE BAFFLE DELTA, CIRCLE, DAN RACTANGLE GUNA MENGATASI ICING CONTAMINATED TAIL STALL

¹Galang Rivky Putra Korompot, ²Joni Kasmara, ³Gaguk Marausna, ⁴Farid Jayadi

^{1,2,3,4}Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

Abstrak

Horizontal stabilizer merupakan komponen terpenting dari pesawat terbang dalam mengontrol perilaku pesawat saat terbang, jika komponen tersebut terganggu maka dapat mengakibatkan hilangnya fungsi pada elevator untuk melakukan pitch up dan pitch down sehingga pesawat dapat jatuh. Salah satu bentuk gangguan adalah icing yang disebabkan faktor humidity dan cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah mengatasi icing yang terjadi dengan menggunakan heater. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variable yang berbeda untuk mengetahui pengaruh pemanasan airfoil contaminated pada variasi double baffle delta, circle, dan rectangle dengan memanfaatkan fluid panas yang dihasilkan dari heat gun dan untuk mengetahui performa perpindahan kalor konveksi terhadap variasi baffle dalam memanaskan airfoil contaminated. Hasil pada penelitian ini memperlihatkan perubahan bentuk baffle dapat meningkatkan perpindahan kalor konveksi yang optimal dan menciptakan efek turbulensi, sehingga dapat mempengaruhi performa dari heater. Bentuk baffle yang terbesar terhadap pelepasan kalornya berada pada bentuk baffle circle dengan nilai perpindahan kalor konveksi 45,50 W, nilai Reynold number 3811,7, bilangan Nusselt 14,80, koefisien perpindahan kalor konveksi 18,44 W/m².C, pressure drop 4,39 Pa, faktor gesekan 0,0420.

Kata kunci: Horizontal stabilizer, airfoil contamination, baffle, perpindahan kalor konveksi.

Abstract

Horizontal stabilizer is the most important component of an aircraft in controlling the behavior of the aircraft while flying, if this component is disturbed it can result in loss of function in the elevator to pitch up and pitch down so that the plane can fall. One form of interference is icing caused by humidity and weather factors. The purpose of this research is to overcome the icing that occurs by using a heater. In this study, experimental methods with different variables were used to determine the effect of heating the contaminated airfoil on the double baffle delta, circle, and rectangle variations by utilizing the hot fluid produced from the heat gun and to determine the performance of convection heat transfer on baffle variations in heating the contaminated airfoil. The results of this study show that changing the shape of the baffle can increase the optimal convection heat transfer and create a turbulence effect, so that it can affect the performance of the heater. The shape of the baffle with the largest heat release is in the form of a baffle circle with a convective heat transfer value of 45.50 W, Reynold number value 3811.7, Nusselt number 14.80, convection heat transfer coefficient 18.44 W/m².C, pressure drop 4.39 Pa, friction factor 0.0420.

Keywords: Horizontal stabilizer, airfoil contamination, baffles, convection heat transfer.

Pendahuluan

Penerbangan merupakan dunia bisnis dengan tingkat resiko yang sangat tinggi, sehingga kelalaian sekecil apapun dapat mendatangkan bahaya. Pada dunia penerbangan, keselamatan merupakan skala prioritas utama, tertinggi dan satu- satunya yang tidak dapat ditoleransi. Mulai dari rancang pesawat, aspek keselamatan selalu menjadi prioritas utama.

Anti icing system adalah sistem yang berfungsi untuk mencegah terjadinya icing pada leading edge, dengan tujuan supaya tidak terjadi kontaminasi disaat pesawat sedang terbang. Selama ini anti icing yang di pakai menggunakan heater atau pemanas yang bekerja membutuhkan energi panas yang dihasilkan dari engine kompressor sebagai sumbernya. Dalam hal tersebut

¹Email Address: 180202072@students.sttkd.ac.id

Received 12 Juni 2022, Available Online 30 Juli 2022

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.505>

tentu merugikan karena membebani sistem kerja *engine*, sedangkan ada energi berupa kalor yang selama ini digunakan sebagai tenaga dorong (*thrust*).

Tujuan dari penelitian ini bahwa perubahan geometri *baffle* yang akan mempengaruhi performa dari *heater*. Pemanasan yang dimana memanfaatkan *heatgun* memberikan udara panas untuk memberikan perpindahan kalor dengan menggunakan alat *heater* tipe *Baffle Delta*, *Circle*, Dan *Rectangle* yang bertujuan mencegah *horizontal stabilizer* dari *icing*.

Tinjauan Pustaka

Zhang *et al.* (2020) melakukan penelitian yang berjudul efek dari konfigurasi *winglet vortex generator* pada turbulen perpindahan panas peningkatan dalam tabung melingkar. Metode penelitian yang diterapkan untuk memeriksa aliran fluida dan kinerja termal, Fasilitas utama termasuk *blower* berdaya 600 W, *calming section*, *turbin flowmeter*, bagian uji pemanas listrik, regulator tegangan, pemancar tekanan yang berbeda, *termocouple*, RTD, pencatat data, dan komputer pribadi. *Flowmeter* turbin diterapkan untuk mengukur laju aliran volumetrik udara.

Chu *et al.* (2020) melakukan penelitian yang berjudul Investigasi eksperimental pada peningkatan perpindahan panas dengan *twisted tape* memiliki berbagai konfigurasi V-cut. efek antara *twisted tape* dan *tube* dapat mempengaruhi perpindahan kalor dan resistensi aliran untuk bilangan reynolds *number* terhadap aliran laminar. menggambarkan faktor gesekan dan bilangan Nusselt dengan jumlah Reynolds *number* dari tabung *Twisted tape* ($Y = 4, 6$ dan 8), Agar mudah dimasukkan ke tabung, lebar *Twisted Tape* ditetapkan pada 20 mm yang sedikit lebih kecil dari diameter bagian dalam tabung ($D_{in} = 21,8$ mm). *Twisted Tape* dengan Y yang lebih kecil menunjukkan angka Nusselt dan *friction* yang jauh lebih besar. dapat dikatakan bahwa faktor gesekan berkurang dan angka Nusselt meningkat ketika secara bertahap menaikkan angka Reynolds *number* dari 4000 menjadi 10.000.

Khudheyer *et al.* (2020) melakukan penelitian yang berjudul Investigasi eksperimental dan numerik aliran turbulen yang berputar-putar dan perpindahan panas karena *twisted tape* model baru dalam tabung yang dipanaskan. metode yang dilakukan Untuk melaksanakan penelitian dibangun melalui perakitan bagian yang dibersihkan melalui diagram skematiknya Untuk memasukan udara dari kondisi tertentu ke bagian *blower* digunakan untuk mengirimkan udara ini dari sekitarnya. *Blower* dihubungkan ke sistem perpipaan melalui penghubung pipa, Kemudian udara yang dikirim akan melewati lubang untuk mengukur laju alirannya.

Feng *et al.* (2020) melakukan penelitian yang berjudul Investigasi eksperimental aliran laminar dan karakteristik perpindahan panas di saluran mini persegi dengan *twisted tape*. metode penelitian yang dilakukan dengan Komponen utamanya adalah heat sink yang berbahan tembaga bebas oksigen yang memiliki permukaan atas selebar 150 mm dan 25 mm. Permukaan atas unit pendingin berisi 8 dari 2×2 mm² saluran paralel. Alasan memilih minichannel dalam penelitian saat ini adalah karena saluran mini tidak hanya dapat mampu menyerap fluks panas tinggi tetapi juga membutuhkan penurunan tekanan lebih sedikit dibandingkan dengan *microchannel*.

Nakhchi *et al.* (2019) melakukan penelitian yang berjudul Intensifikasi kinerja aliran turbulen melalui tabung penukar panas menggunakan *double-cut twisted tape insert*. Plot kontur streamline melalui tabung polos dan tabung penukar panas yang dilengkapi dengan *Twisted Tape insert V-cut double* dengan rasio potong 1,8. Terlihat jelas bahwa tabung tanpa sisipan menghasilkan aliran aksial, Dapat diamati bahwa transfer kecepatan aksial dapat diintensifkan dengan menggunakan *Twisted Tape insert* yang di variasikan Dinding *twisted* menghasilkan kecepatan. Oleh karena itu, kecepatan aliran fluida dan tegangan geser diintensifkan di dekat dinding *tube*.

Isravel *et al.* (2019) melakukan penelitian yang berjudul Augmentasi termal pemanas tenaga surya *parabolic* menggunakan cincin *twisted tape*. Metode eksperimental terdiri dari tabung penyerap tembaga, reflektor *stainless steel* dan kerangka pendukung ditempatkan di *government College of Engineering*. Tabung penyerap dipasang secara permanen pada titik fokus reflektor parabola. Pemanas air tenaga surya ditempatkan pada kerangka pendukung dan mekanisme pelacakan manual dengan bantuan rantai dan pin digunakan. Pompa air submersible digunakan untuk mensirkulasikan air antara kolektor parabola dan tangki.

Sarviya *et al.* (2018) melakukan penelitian yang berjudul Perpindahan panas dan penurunan tekanan dalam tabung *twisted tape insert* yang memiliki tepi potong. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari tabung tembaga di mana fluida mengalir pada temperatur kamar ($D = 20$ mm, $t = 1$ mm dan $L = 1000$ mm). Tali asbes dan isolasi kaca wol dilakukan di bagian luar tabung untuk meminimalkan kehilangan panas. Dua rotameter yang dikalibrasi dengan rentang aliran 0–20 LPM dan 0–2 LPM dengan akurasi $\pm 0,1$ LPM. dihitung dari 10 temperatur permukaan yang berjajar di antara inlet sampai outlet dari tabung. Efisiensi perpindahan panas atau faktor dari *thermal* didefinisikan sebagai rasio bilangan Nusselt terhadap rasio gesekan pada penurunan tekanan yang sama dari aliran turbulen.

Kumar *et al.* (2018) melakukan penelitian yang berjudul Nusselt *number* dan *friction* faktor korelasi pemanas tenaga surya *heater* yang memiliki kekasaran *twisted-rib* pada *absorber*. Dalam penelitian ini untuk parameter kekasaran dan aliran menunjukkan diagram skematik untuk plat penyerap kasar. Meskipun turbulator ini disiapkan dengan tinggi *rib* (e), posisi *rib* berurutan (P), panjang *twisted* (y) dan sudut kemiringan *rib* (α). Parameter kekasaran relatif tidak berdimensi dengan mendefinisikan rasio *twisted* (y / e), *pitch* kekasaran relatif (P / e) dan sudut kemiringan *rib* (α). Plat yang bervariasi berbagai parameter kekasaran berpengaruh terhadap bilangan Reynolds *number*.

Kasmara (2016) melakukan penelitian yang berjudul Studi Eksperimental Efektivitas Alat Penukar Kalor *Shell Helical Coil Tube* dengan Memanfaatkan Limbah Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Pemanas Bahan Bakar Solar, Penggunaan alat penukar kalor *shell helical coil tube* dengan rasio *coil* terkecil adalah yang paling ideal dalam menaikkan performa mesin diesel dan dapat mengoptimalkan pemanfaatan limbah panas gas buang untuk memanaskan bahan bakar solar serta dapat menurunkan kandungan emisi gas buang.

Landasan Teori

Pesawat Terbang

Pesawat terbang adalah pesawat udara yang lebih berat dari udara dengan memanfaatkan atmosfer dari bumi dan bersayap tetap atau *fixed wing*. Pesawat terbang melawan gaya gravitasi menggunakan gaya angkat (*lift*) yang dihasilkan oleh *airfoil*, gaya angkat timbul akibat adanya perbedaan kecepatan aliran udara pada sayap (*wing*). Sehingga dapat menimbulkan perbedaan tekanan udara diatas *wing* dan di bawah *wing* tersebut. Gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan dari *engine* dan gaya hambat (*drag*) ini akan mendorong pesawat melaju ke depan dengan kecepatan tertentu, sehingga pesawat dapat terbang akibat gaya tersebut. Pesawat terbang yang lebih berat dari udara diterbangkan pertama kali oleh Wright Bersaudara (Orville Wright dan Wilbur Wright) dengan menggunakan pesawat rancangan sendiri yang dinamakan Flyer yang diluncurkan pada tahun 1903 di Amerika Serikat. Selain Wright bersaudara, tercatat beberapa penemu pesawat lain yang menemukan pesawat terbang antara lain Samuel F Cody yang melakukan aksinya di lapangan Fanborough, Inggris tahun 1910.

Perpindahan Kalor

Peningkatan perpindahan panas dengan pembangkitan *vortex* adalah sebuah metode pasif yang mengandalkan pada pembangkitan dengan sengaja *vortex* yang searah aliran fluida (*streamwise vortices*) untuk meningkatkan perpindahan panas. *Vortex* adalah aliran berputar di sekitar sebuah sumbu putar. *Vortex* dihasilkan oleh gesekan fluida dan pemisahan (*separation*) karena itu, untuk menghasilkan *vorteks* tertentu diperlukan permukaan khusus. Ini disebut *vortex generator*, promotor turbulensi (*turbulence promoters*) atau kadang-kadang turbulators.

Vortex Generator

vortex adalah metode pasif berdasarkan aliran *vortex* yang dibuat sengaja untuk meningkatkan perpindahan panas. *Vortex* memiliki dua sifat yang meningkatkan proses perpindahan, yaitu *vortex* yang berputar dan mengguncang (mengguncang) bidang aliran sehingga aliran laminar yang stabil akan menjadi turbulen.

Airfoil Contamination

Airfoil contamination adalah sebuah kondisi dimana terjadi pengaruh dan dampak dari interaksi antara *airfoil* dengan udara yang mengalir melewatinya. Beberapa bentuk kontaminasi yang paling umum adalah es, salju dan embun beku (bunga es). Bentuk kontaminasi tersebut jika menumpuk pada *airfoil* akan mengganggu pergerakan pada *horizontal stabilizer* saat pesawat tersebut sedang terbang, akibat terjadinya kontaminasi dikarenakan partikel es yang menumpuk dapat merubah bentuk *airfoil* yang mengganggu aliran udara dan membuatnya menjadi kurang efisien.

Anti Icing

Anti *icing* adalah terjadinya penumpukan es yang dapat menyebabkan penurunan sifat aerodinamis pesawat, penambahan berat dan susahya mengendalikan komponen *flight control* pada *leading edge horizontal stabilizer*, yang mungkin juga akan mengurangi keselamatan operasional.

Heater

Heater adalah Alat pemanas yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara memancarkan kalornya ke fluida lain. Alat pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pemanas atau *heater* jenis pipa konsentrik dengan variasi *baffle*. Penggunaan *heater* jenis ini dapat meningkatkan perpindahan kalor konveksi.

Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dilihat dari kecepatan aliran, menurut (Mr. Reynolds) dapat dikategorikan laminar bila aliran tersebut mempunyai bilangan *Re* kurang dari 2300, untuk aliran transisi berada pada bilangan *Re* 2300 dan 4000 untuk aliran turbulen. biasa juga disebut sebagai bilangan Ketergantungan, aliran dengan (bilangan Reynolds sangat kecil 1) aliran dengan bilangan Reynolds sedang (lapisan batas laminar 2) ,dan aliran dengan bilangan Reynolds sangat besar (lapisan batas turbulen 3), bilangan ini digunakan untuk menentukan jenis aliran yang berbeda. (Munson,Young dan Okiishi;2004). Bilangan *Reynolds* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_o \cdot D_i}{\mu h}$$

Bilangan Nusselt (Nu)

Menurut Cengel, Y.A. (2006) Bilangan *Nusselt* adalah rasio resistansi termal konduksi terhadap resistansi termal konveksi dari fluida. Jika alirannya da dalam pipa adalah turbulen maka nilai bilangan *Nusselt* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Nui = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

Koefisien Perpindahan Kalor Permukaan Dalam Pipa (hi)

Nilai koefisien perpindahan kalor permukaan dalam pipa, menurut Cengel (2003) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$hi = \frac{Nu \cdot k}{di}$$

Perpindahan Kalor (Q)

Menurut Cengel, Y.A. (2006) perpindahan kalor yang terjadi pada area dalam *leading edge* serupa dengan selongsong (*shell*) dan *twisted tape insert* sangat tergantung dengan jumlah *twisted*. Analisa perpindahan kalor pada *twisted tape insert* di lakukan dengan memperhitungkan jumlah kalor yang diserap oleh area dalam *leading edge*.

$$Q = \dot{m} \cdot cp \cdot \Delta T$$

Faktor Gesek (f)

Menurut Cengel, Y.A. (2006) Ketika fluida mengalir dalam lintasan pipa konsentrik dimana fluida melekat pada sepanjang penampang. Hal ini dikarenakan terjadinya gesekan antara fluida yang mengalir dengan penampang permukaan. Ketebalan lapis batas thermal yang melekat pada penampang dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida. Faktor gesekan dapat di tentukan dengan persamaan:

$$f = 0,79 \cdot \ln \sqrt{Re - 1,64^{-2}}$$

Pressure Drop di dalam Pipa Konsentrik (ΔP)

Pressure drop merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penurunan tekanan dari satu titik didalam sistem (misalnya aliran didalam pipa) ke titik lain yang mempunyai tekanan lebih rendah. *Pressure drop* juga merupakan hasil dari gaya-gaya friksi terhadap fluida yang mengalir didalam pipa, yang disebabkan oleh tahanan fluida untuk mengalir *Pressure drop* didefinisikan sebagai perbedaan tekanan antara dua titik dari jaringan pembawa cairan. *Pressure drop* terjadi dengan gesekan kekuatan yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran, pada fluida yang mengalir melalui tabung. penentu utama resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan melalui pipa. *Pressure drop* meningkat sebanding dengan gesekan gaya di dalam pipa. (*Geankoplis C. J., 1997*). Dapat ditentukan dengan persamaan:

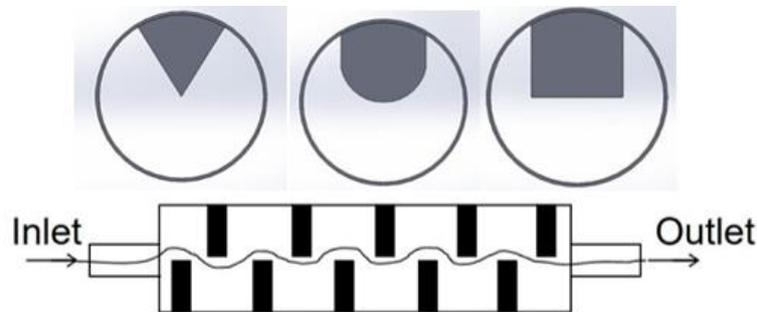
$$\Delta P = F \frac{L_t}{D_i} \rho \frac{v_o^2}{2}$$

Metode Penelitian

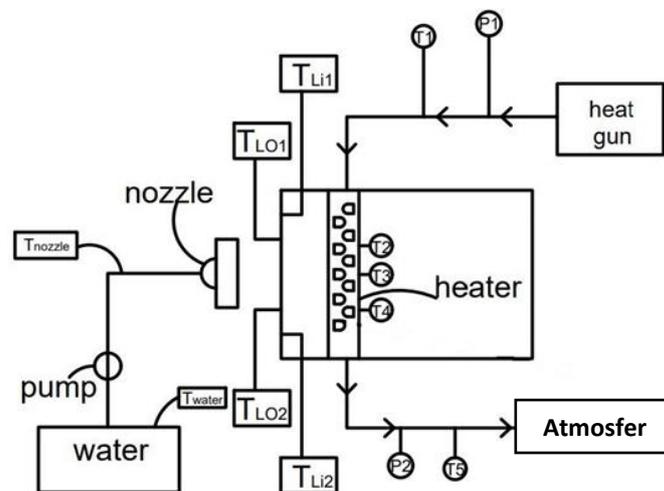
Dalam rancangan ini dilakukan penelitian menggunakan *Baffel Delta*, *Circle*, Dan *Rectangle* yang dimana *heatgun* memberikan udara panas untuk memberi perpindahan kalor yang akan digunakan dengan menggunakan spesimen yang berbeda-beda yang tujuannya untuk mencegah *horizontal stabilizer* dari *icing*.

Tabel 1. Geometri Baffel Delta, Circle, Dan Rectangle

Tipe	Lt (mm)	Do (mm)	Di (mm)	t (mm)	tp (mm)	Pb (cm)	n	R (cm)	L (cm)	w (cm)
Rectangle	430	24.3	21.8	0.25	0.7	2	1	1.5	2.4	1.5
Circle	430	24.3	21.8	0.25	0.7	2	7			
Delta	430	24.3	21.8	0.25	0.7	2				

**Gambar 1. Geometri baffle**

Pada penelitian ini dalam proses pengujian menggunakan berbagai alat dan komponen yang disatukan menjadi suatu rangkaian seperti pada skema instalasi.

**Gambar 2. Skema Rangkaian Penelitian**

Dengan keterangan:

- T = Thermocouple
- P = Pressure gauge
- T1 = Temperatur inlet
- T7 = Temperatur outlet
- T_{LO1} = Temperatur Leading edge Outlet
- T_{LI1} = Temperatur Leading edge Outlet

Analisa Data

Data yang didapatkan dari hasil eksperimen diolah menggunakan bantuan software microsoft excel untuk mengolah hasil beban maksimum serta dibuat plot grafik dibandingkan terhadap

peningkatan perpindahan kalor terdiri dari Reynolds number Re , Nusselt number Nu , kalor konveksi Q , koefisien perpindahan kalor konveksi h_i , faktor gesekan f , *pressure drop* ΔP .

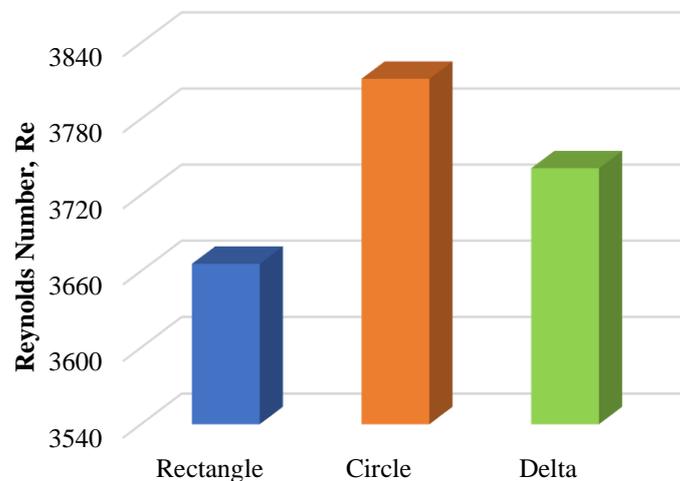
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Geometri *Baffle* Terhadap Perpindahan Kalor *Heater*

Pada penelitian ini, pengaruh dari geometri *baffle* terhadap perpindahan kalor *heater* diindikasikan dengan bilangan *Reynolds* (Re), bilangan *Nusselt* (Nu), dan koefisien perpindahan kalor *konveksi* (h_i), perpindahan kalor (Q).

Pengaruh Perubahan Geometri *Baffle* Terhadap Bilangan *Reynolds* Di Dalam Tube (Re)

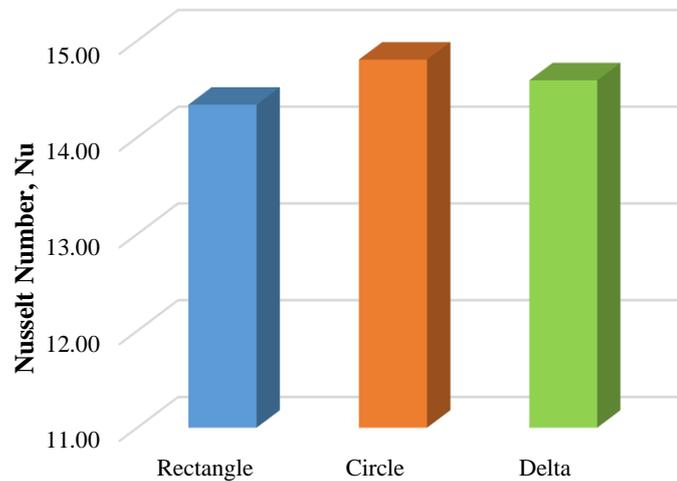
Nilai rata-rata bilangan *Reynolds* terbesar terjadi pada *baffle circle* sebesar 3811,7 yang menunjukkan bahwa pada *baffle circle* memiliki aliran *turbulent*, bila dibandingkan dengan nilai rata-rata bilangan *Reynolds* terkecil pada *baffle rectangle* dengan nilai 3665,8 terjadi penurunan bilangan *Reynolds* yang di mana nilai tersebut menunjukkan bahwa *baffle rectangle* memiliki aliran *turbulent* yang lebih kecil di bandingkan dengan *baffle rectangle* dan *baffle delta*.



Gambar 3. Grafik pengaruh perubahan *baffle* terhadap nilai rata-rata perpindahan kalor *Reynolds*

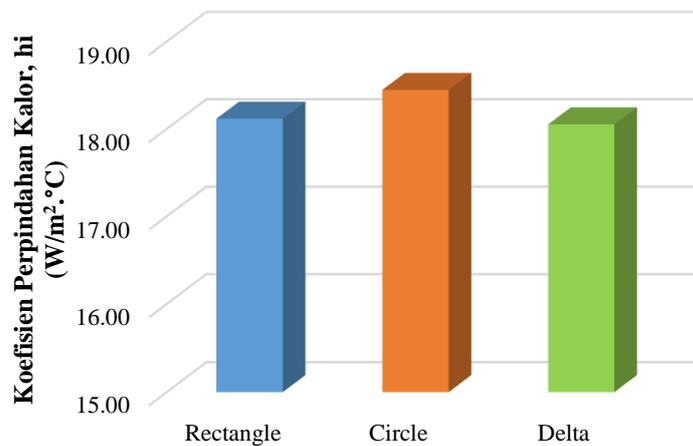
Pengaruh Perubahan Geometri *Baffle* Terhadap Bilangan *Nusselt* Dalam tube (Nu)

Nilai rata-rata bilangan *Nusselt* terbesar terjadi pada *baffle circle*, sebesar 14,8043, bila dibandingkan dengan nilai rata-rata bilangan *Nusselt* terkecil pada *baffle rectangle*, dengan nilai 14,3383 terjadi penurunan bilangan *Nusselt*. Jadi semakin bentuk *baffle* akan mempengaruhi besar terjadi peningkatan bilangan *Nusselt* di dalam tube (Nu).



Gambar 4. Grafik pengaruh perubahan *baffle* terhadap rata-rata perpindahan *Nusselt* (Nu)
Pengaruh Perubahan Geometri *Baffle* Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Di dalam Tube (h_i)

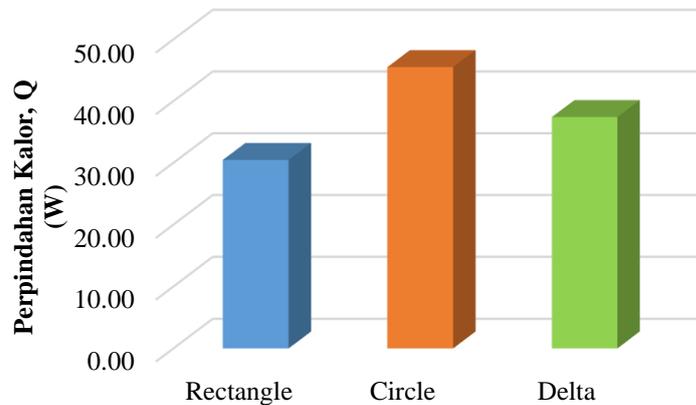
Nilai rata-rata koefisien perpindahan kalor *konveksi* terbesar terjadi pada *baffle circle*, sebesar $18,4471 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, bila dibandingkan dengan nilai rata-rata koefisien perpindahan kalor *konveksi* terkecil pada *baffle delta* terjadi penurunan dengan nilai sebesar $18,0532$. Jadi bentuk *baffle* akan mempengaruhi besarnya terjadi peningkatan koefisien perpindahan kalor *konveksi* di dalam *tube* (h_i).



Gambar 5. Grafik pengaruh perubahan *baffle* terhadap Rata-rata koefisien perpindahan kalor *konveksi* di dalam *tube* (h_i)

Pengaruh Perubahan Geometri *Baffle* Terhadap Perpindahan Kalor Di Dalam Tube (Q)

Nilai rata-rata perpindahan kalor *konveksi* terbesar terjadi pada *baffle circle*, sebesar $45,509$ Watt, bila dibandingkan dengan nilai rata-rata koefisien perpindahan kalor *konveksi* terkecil pada *baffle rectangle* terjadi penurunan dengan nilai sebesar $30,466$ Watt. Jadi bentuk *baffle* akan mempengaruhi besarnya terjadi peningkatan perpindahan kalor *konveksi* yang maksimal.



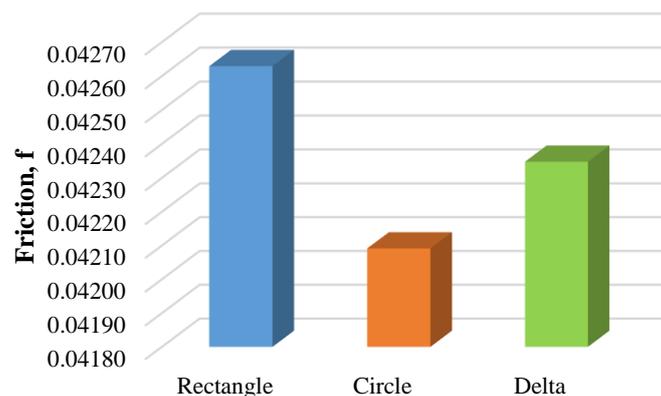
Gambar 6. Grafik pengaruh perubahan *baffle* terhadap rata-rata perpindahan kalor konveksi (Q)

Pengaruh Geometri *Baffle* Terhadap *Pressure Drop*

Pada penelitian ini untuk mengetahui *pressure drop* heater dapat diindikasikan dengan faktor gesek (f), dan *pressure drop* (ΔP).

Pengaruh Perubahan Geometri *Baffle* Terhadap Faktor Gesekan (f)

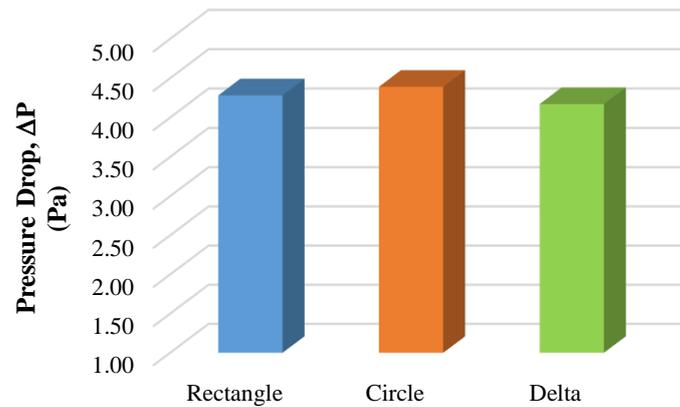
Nilai rata-rata perubahan geometri *baffle* terhadap faktor gesekan terbesar terjadi pada *baffle rectangle* dengan nilai faktor gesekan sebesar 0,04263, dibandingkan dengan *baffle circle* dengan nilai 0,04209 dan *baffle delta* dengan nilai 0,04235. Hal ini terjadi karena efek dari *baffle* dan menimbulkan aliran *turbulen* sehingga menghasilkan perpindahan kalor *konveksi* yang maksimal.



Gambar 7. Grafik pengaruh perubahan *baffle* terhadap rata-rata faktor gesek di dalam tube (f)

Pengaruh geometri *baffle* terhadap *pressure drop*

Terlihat bahwa *baffle circle* mempengaruhi *pressure drop* memiliki rata-rata faktor gesekan terbesar bila dibandingkan dengan yang lain. Hal ini terjadi karena aliran sekunder yang diciptakan oleh geometri *baffle* meningkatkan koefisien perpindahan kalor dan juga meningkatkan *pressure drop* di dalam *tube*.



Gambar 8. Grafik pengaruh geometri *baffle* terhadap *pressure drop* pada beban rata Rata

Kesimpulan

Pengaruh geometri *baffle* dapat menciptakan aliran turbulen (Re) pada *baffle* berbentuk circle dengan nilai 3811,7, meningkatkan proses perpindahan kalor (Nu) yang terbaik pada *baffle* berbentuk circle dengan nilai 14,8043, meningkatkan perpindahan kalor konveksi (Q) terbaik pada *baffle* berbentuk circle dengan nilai 45,509 Watt dan meningkatkan koefisien perpindahan kalor konveksi (h_i) yang terbaik pada bentuk *baffle* circle dengan nilai 18,4471 W/m^2C pada pipa konsentrik. Dari ke empat parameter tersebut menunjukkan bahwa penambahan *vortex generator* tipe *baffle* dapat meningkatkan karakteristik perpindahan kalor pada heater pipa konsentrik. Dari tiga geometri *baffle*, *baffle circle* adalah yang paling baik bila dibandingkan dengan yang lain.

Pengaruh geometri *baffle* pada *heater* dapat menghambat aliran sehingga memaksimalkan pelepasan kalor secara merata yang terjadi disepanjang pipa konsentrik. Konsekuensi dari kondisi ini dapat meningkatkan *pressure drop* terjadi yang terjadi. Dan Pada *baffle circle* yang memiliki rata-rata faktor gesekan terkecil dengan nilai 0,04209 dan *pressure drop* dengan nilai 4,3913 Pa yang tertinggi bila dibandingkan dengan *baffle* yang lain. Jadi dengan penambahan *vortex generator* tipe *baffle* dapat menurunkan faktor gesekan tetapi tidak serta merta dapat menurunkan *pressure drop* yang terjadi pada *heater* pipa konsentrik.

Daftar Pustaka

- Agung T, Indri Yaningsih Wibawa Endra Junawa, Muhammad Aziz, Takahiko Miyazaki. 2020. Effect of wing-pitch ratio of double-sided delta-wing tape insert on the improvement of convective heat transfer. *International Journal of Thermal Sciences* Vol 151.
- Anup, K. dan Apurba, L. 2018. Nusselt number and friction factor correlation of solar air heater having twisted-rib roughness on absorber plate. *Renewable Energy* Vol. 130 : Hal: 687 - 699.
- Cimbala, Yunus A. Cengel Jhon M. 2006. *Fluid Mechanics*. Edited by Lorraine Buczek Bill Stenquist. New York: McGraw-Hill, unit of The McGraw Hill Companies, Inc. 1221 Avenue of American, New York, NY 10020. Accessed Juny 22, 2010.
- Fitriadi, I. 2017. Analisis kehilangan energi panas (*heat loss*) pada instalasi sistem pemipaan pembangkit tenaga uap. Skripsi. Hal: 26 - 27. Universitas Medan Area (UMA). Medan.
- Kang Z, Quang Chen Nianben Zheng. 2020. Effects of the configuration of winglet vortex generators on turbulent heat transfer enhancement in circular tubes. *Internasional Journal of Heat and mass Transfer* Vol. 157.

- Khudheyer, S. Mushatet, Mohsen H. Fagr Qais A. Rishak. 2020. Experimental and numerical investigation of swirling turbulent flow and heat transfer due to insertion of twisted tape of new models in a heated tube. *Applied Thermal Engineering* Vol. 171.
- Kasmara, J. 2016. Sudi eksperimental efektivitas alat penukar kalor *sheel helical coil tube* dengan memanfaatkan limbah gas buang mesin diesel sebagai pemanas bahan bakar solar
- Muhammad, Z. 2019. Rancang bangun dan uji karakteristik perpindahan kalor pada alat penukar kalor pipa konsentrik sederhana skala laboratorium. Skripsi. Hal: 23 - 24. Universitas Muhammadiyah Pontianak (UMP). Pontianak.
- Nakhchi, M.E. dan Esfahani, J.A. 2019. Performance intensification of turbulent flow through heat exchanger tube using double V-cut twisted tape inserts. *Chemical Engineering and Processing* Vol. 141.
- R.M, S, Veeresh, F. 2018. Heat transfer and pressure drop in circular tube fitted with twisted tape insert having continuous cut edges. *Journal of Energy Storage* Vol. 19: Hal: 10 - 14.
- Rizal, Muhammad Syaiful. 2017. *Perancangan Mesin Hidrolik Press Bearing Dengan Kapasitas 20 Ton*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Suresh I, R. V. Vijayan, A. Saravanan M. Raja. 2019. Thermal augmentation in parabolic trough collector solar water heater using rings attached twisted tapes. *Material Today: Proceedings* Vol. 21: 127 - 129.
- Samruaisin, P dan Eiamsa-ard, S, Chuwattanakul, V. K. Kunarak, Kunlabud, S. 2019. Intensification of convective heat transfer and heat exchanger performance by the combined influence of a twisted tube and twisted tape. *Case Studies In Thermal Engineering* Vol. 14.
- Wen-Xiao C, Chi-chuan wang, Kai-Yueh Cheng Bing-Hung Lee, Ching-An Tsai. 2020. Experimental investigation on heat transfer enhancement with *twisted* tape having various V-cut configurations. *Applied Thermal Engineering* 172. Zhenfei F, dan Xin Ai, Zuqiang Huang Qinyu Lin, Peilin Wu. 2020. "Experimental investigation of laminar flow and heat transfer characteristics in square minichannels with twisted tapes. *International Journal of Heat and Mass Transfer* Vol. 158.