

ANALISIS HEAT TRANSFER PADA TUBULAR ANTI ICING HEATER DENGAN MEMANFAATKAN PANAS GAS BUANG ENGINE MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL DYNAMICS

¹Imam Susanto, Agus Nurcahyo

Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

Abstrak

Pesawat merupakan salah satu jenis transportasi udara yang memanfaatkan 4 gaya agar dapat beroperasi. Adapun gaya yang dimaksud yaitu gaya lift, drag, thrust dan weight, keempat gaya tersebut saling berkaitan dalam membuat pesawat bisa terbang. Apabila salah satu gaya terganggu maka pesawat tidak dapat beroperasi secara maksimal. Salah satu penyebab terganggunya gaya adalah aliran udara yang melewati sayap yang disebabkan oleh icing. Pada penelitian ini bertujuan mengetahui distribusi kecepatan aliran gas buang di dalam tubular sehingga dapat diketahui karakteristik jenis aliran yang mengalir, mengamati distribusi temperature gas buang di dalam tubular sehingga dapat diketahui kemampuan tubular dalam melepas kalor, mengetahui distribusi tekanan di dalam tubular sehingga dapat terlihat bagian dari tubular yang mengalami tekanan tertinggi dan terendah. Pada penelitian ini dilakukan analisis heater anti icing berbentuk tubular, yang akan digunakan untuk menghilangkan icing pada bagian leading edge dari sayap. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode computational fluid dynamics, penggunaan metode komputasi dilakukan untuk menganalisis lebih lanjut terkait distribusi aliran gas buang yang melewati heater agar lebih detail. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa pada distribusi kecepatan di dalam tubular, geometri tubular mampu menciptakan aliran turbulensi disepanjang lekukan. Distribusi temperature di dalam tubular menunjukkan bahwa temperature tinggi pada bagian di dekat inlet akan memaksimalkan perpindahan kalor, namun pada bagian outlet yang memiliki temperature rendah menyebabkan perpindahan kalor kurang maksimal. Distribusi tekanan di dalam tubular menunjukkan bahwa lekukan 90° pada inlet menghasilkan penurunan tekanan yang besar.

Kata kunci: Sayap, Icing, Heater, Tubular, Komputasi

Abstract

Aircraft is a type of air transportation that uses 4 forces to operate. The forces referred to are the forces of lift, drag, thrust and weight, these four forces are interrelated in making the airplane fly. If one of the forces is disturbed, the aircraft cannot operate optimally. One of the causes of disruption of the force is the flow of air through the wings caused by the icing. In this study, the aim of this research is to determine the velocity distribution of the exhaust gas flow in the tubular so that the characteristics of the type of flow that flow can be seen, observing the temperature distribution of the exhaust gas in the tubular so that the tubular's ability to release heat can be seen, knowing the pressure distribution in the tubular so that you can see part of tubular which is subjected to the highest and lowest pressures. In this study, an analysis of tubular-shaped heater anti-icing was carried out, which will be used to remove icing on the leading edge of the wing. The method used in this study is to use the computational fluid dynamics method, the use of computational methods is carried out to further analyze the distribution of exhaust gas flow through the heater for more detail. Based on the research, it can be concluded that in the distribution of velocity in the tubular, tubular geometry is able to create turbulent flow along the curve. The temperature distribution in the tubular shows that the high temperature near the inlet will maximize heat transfer, but at the outlet that has a low temperature it causes the heat transfer to be less than optimal. The pressure distribution in the tubular indicates that a 90 ° indentation at the inlet results in a large pressure drop.

Keywords: Wing, Icing, Heater, Tubular, Computational

Pendahuluan

Pesawat merupakan kendaraan yang memanfaatkan prinsip hukum Bernoulli untuk dapat terbang dan melaju pada fluida jenis udara. Penerapan hukum Bernoulli pada pesawat diimplementasikan dalam gaya-gaya yang bekerja. Adapun gaya yang terjadi pada pesawat ada 4 yaitu gaya angkat, dorong, berat dan hambat. Prinsip hukum Bernoulli tersebut diimplementasikan pada sebuah

¹Email Address : susantoimam97@gmail.com

Received 3 Desember 2020, Available Online 30 Desember 2020

geometri 2 dimensi dari sayap yaitu *airfoil*, Efek dari geometri yang berbentuk *airfoil* yaitu aliran yang melewati bagian atas lebih cepat daripada bagian bawah. Dengan demikian pada bagian bawah *airfoil* tekanannya lebih besar daripada bagian atas, sehingga menyebabkan pesawat dapat terbang. Apabila aliran yang melewati sayap terganggu maka akan menyebabkan rusaknya aliran sehingga pesawat akan jatuh. Salah satu kondisi yang menyebabkan rusaknya aliran pada sayap yaitu *icing*. Fenomena ini terjadi ketika pesawat berada pada ketinggian tertentu dimana butiran-butiran air berubah menjadi es, apabila es terbentuk pada *leading edge* sayap maka akan menyebabkan rusaknya aliran udara pada sayap, sehingga akan menyebabkan pesawat kehilangan gaya angkat dan pesawat akan jatuh.

Icing biasanya terjadi ketika pesawat sedang mengalami fase *cruise* dimana temperaturnya -4°C dan juga tingkat ketebalan *icing* sangat dipengaruhi oleh sudut serang pesawat (Cao *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Prasad dan Rose (2020) dengan menggunakan metode komputasi menunjukkan bahwa Efek dari *icing* pada sayap pesawat dapat memberikan dampak yang besar terhadap penurunan aerodinamis dari sayap tersebut, untuk itu *anti icing* sangatlah diperlukan. Dengan demikian maka perlu diaplikasikannya *anti icing* pada sayap agar tidak membahayakan penerbangan. Feng *et al.* (2019) melakukan penelitian terhadap model *anti icing* yang telah dibuat dan mendapatkan hasil yang baik dalam menghilangkan *icing*.

Pada penelitian ini dianalisis mengenai perpindahan panas yang dilepaskan oleh pemanas dengan geometri berbentuk tubular terhadap permukaan *leading edge* sayap dengan memanfaatkan panas gas buang *engine*. Pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode komputasi untuk mengetahui lebih detail terhadap perpindahan panas yang terjadi dari pemanas menuju permukaan *leading edge*.

Tinjauan Pustaka

Icing

Icing merupakan kondisi dimana butiran air (*droplet*) menjadi es karena terjadi penurunan temperatur yang drastis dibawah negatif. Kondisi *icing* yang terjadi pada sayap pesawat yang biasanya ketika pesawat berada di ketinggian jelajah yang tinggi sampai temperatur mulai dibawah 0°C . *Icing* disebabkan ketika sayap berinteraksi dengan awan yang mempunyai suhu 0°C sampai dengan -40°C (Cao *et al.*, 2018).

Anti Icing

Anti icing merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghilangkan *ice* pada bagian *leading edge* ketika berada pada ketinggian jelajah pesawat terbang dengan kondisi temperatur yang dingin.

Biasanya *anti icing* akan dipasang pada bagian *leading edge* sayap, *wind shield* dan jendela penumpang. Namun yang paling penting adalah pemasangan *anti icing* pada bagian sayap karena apabila terjadi *icing* akan menyebabkan pesawat kehilangan gaya angkat dan akan menyebabkan pesawat mengalami kecelakaan.

Perpindahan Kalor

Kalor merupakan suatu kandungan yang dimiliki benda yang bisa disalurkan atau dipindahkan ke benda lain. Syarat terjadinya perpindahan kalor adalah ketika terjadi perbedaan temperatur antara dua benda (Cengel & Boles, 2008). Pada dasarnya kalor akan berpindah dari temperatur yang tinggi menuju temperatur yang rendah. Perpindahan kalor dibagi menjadi 3 jenis, yaitu konveksi, konduksi dan radiasi.

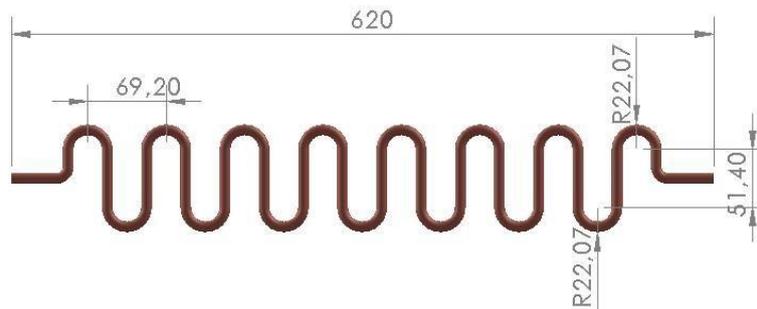
Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

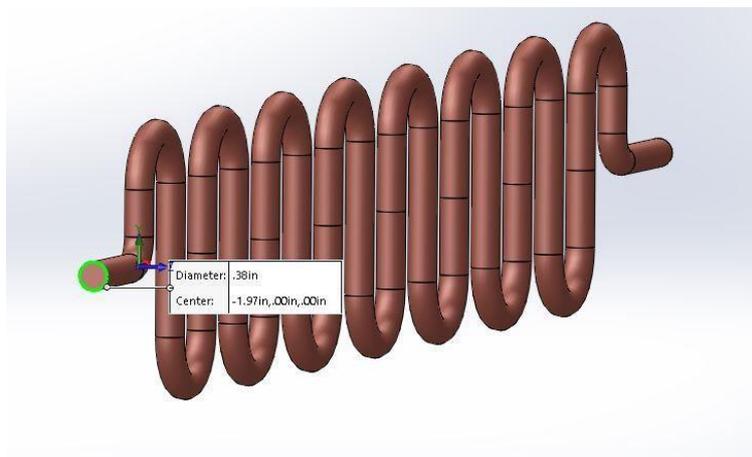
Dalam melakukan penelitian maka dilakukan perancangan geometri yang akan diuji dalam *software* CFD, perancangan geometri dilakukan menggunakan *software* 3D *design*. Untuk menunjang proses simulasi pada penelitian ini menggunakan komputer dengan *processor* Intel core i7 4790K dengan RAM sebesar 16 Gb. Adapun geometri yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dapat terlihat pada Gambar 1 dan untuk ukuran dari pipa dapat terlihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Dimensi heater

Parameter	Keterangan
Panjang <i>heater</i>	620 mm
Jarak <i>pitch</i> antar lekukan	69.2 mm
Diameter <i>tube</i>	9.53 mm
Lebar <i>heater</i>	95.54 mm
Jumlah lekukan	15 buah



Gambar 1. Geometri *heater* tubular



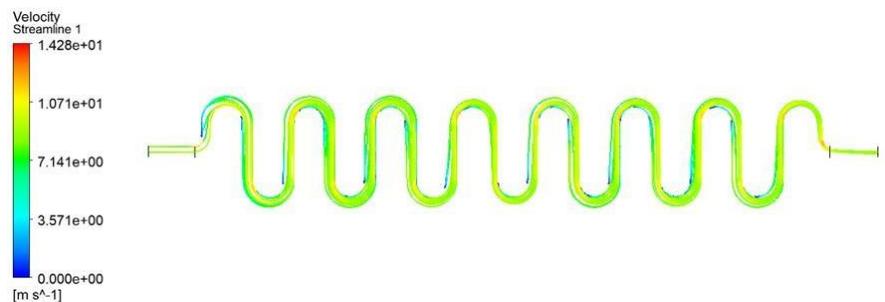
Gambar 2. *Heater* tubular ukuran 3/8 inch

Setelah melakukan proses pembuatan geometri selanjutnya yaitu melakukan pengaturan pada nilai *skewness*, kemudian melakukan proses simulasi dan dilakukan pengolahan data hasil simulasi yang telah dilakukan.

Hasil dan Pembahasan

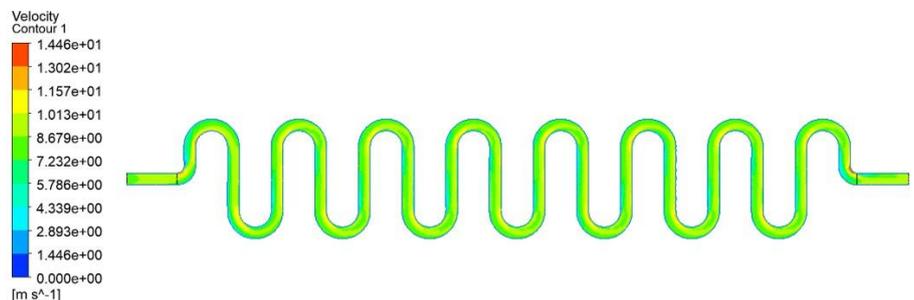
Kecepatan Aliran Gas Buang di Dalam Tubular

Pada Gambar 3 merupakan *streamline* pada keseluruhan bagian *heater*, terlihat bahwa pada bagian lekukan terakhir adanya titik stagnasi, hal itu disebabkan perubahan *centrifugal* tubular ke laminar. *Streamline* pada bagian *inlet*, pada gambar terlihat aliran fluida terjadi transisi ke turbulensi dan memiliki kecepatan. Kemudian bagian selanjutnya yaitu *streamline* pada bagian lekukan, terlihat terjadi turbulensi, hal itu disebabkan efek dari radius yang berbelok, sehingga akan menyebabkan gas buang mengalami *friction* dan menyebabkan *streamline* kecepatan menjadi bervariasi. Pada bagian yang berbelok juga terdapat titik stagnasi, dimana terlihat pada titik berwarna biru tua yang menandakan *streamline* gas buang tidak memiliki kecepatan akibat separasi aliran ketika melewati lekukan. Kemudian bagian selanjutnya yaitu *streamline outlet* dari *heater*, pada gambar terlihat memenuhi dari *geometri* dalam tubular. Dengan demikian tekanan yang ada pada bagian *outlet* lebih rendah daripada pada bagian *inlet*, hal itu dibuktikan dengan lebih banyaknya gas buang yang berada pada bagian *outlet* akibat dari perbedaan tekanan.



Gambar 3. Streamline heater

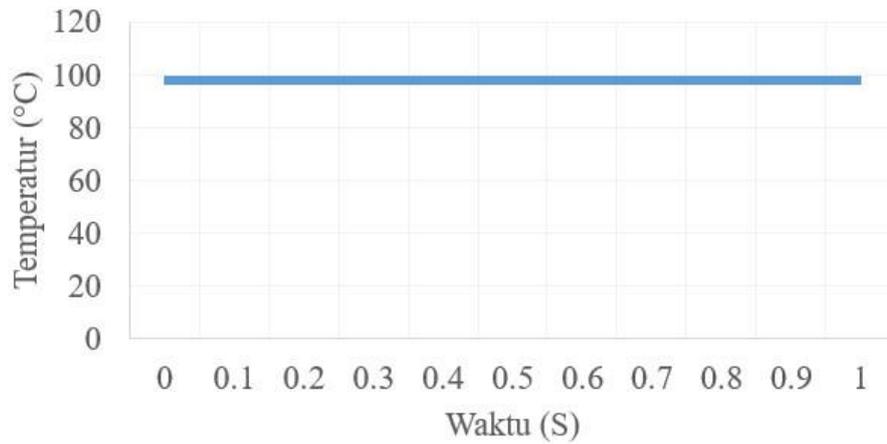
Pada Gambar 4 merupakan kontur kecepatan gas buang pada keseluruhan *heater*, terlihat bahwa distribusi warna dari *inlet* sampai dengan *outlet* tidak jauh berbeda dan menunjukkan bahwa kecepatannya berkisar antara 8.67 m/s sampai 10.13 m/s.



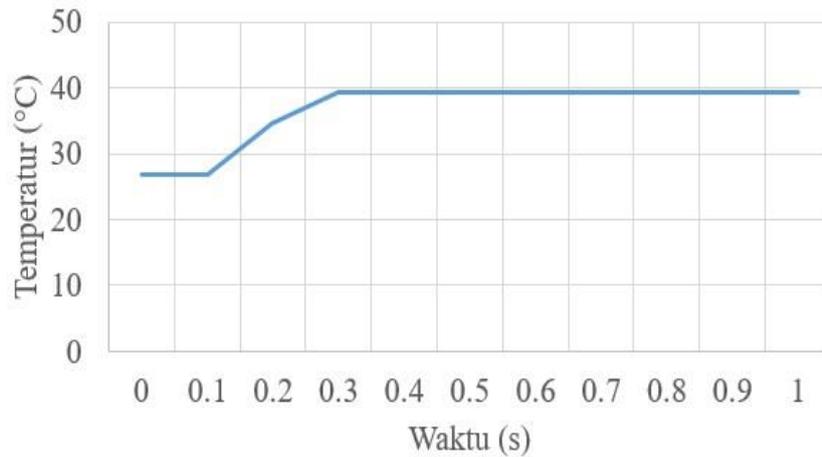
Gambar 4. Velocity contour heater

Distribusi Temperatur Gas Buang di Dalam Tubular

Pada Gambar 5 bagian *inlet* terlihat bahwa temperaturnya konstan pada 100 °C. Kemudian pada Gambar 6 terlihat grafik temperatur pada *outlet*, pada detik ke 0.17-0.23 terjadi kenaikan temperatur dari 26 °C menuju 39 °C dan konstan 39 °C hingga akhir simulasi.



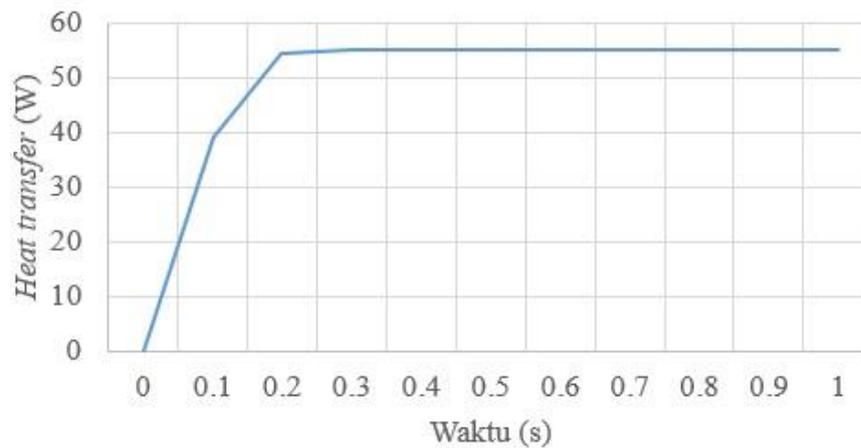
Gambar 5. Grafik temperatur *inlet*



Gambar 6. Grafik temperatur *outlet*

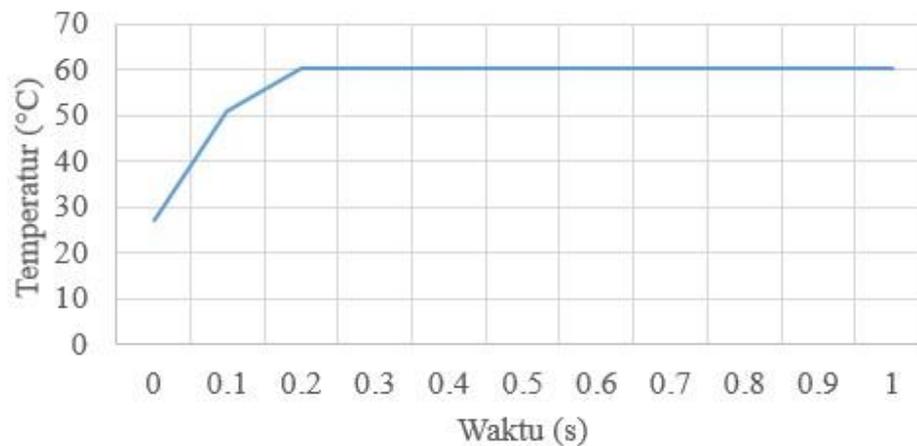
Laju Perpindahan Kalor Pada Tubular

Pada Gambar 7 terlihat grafik laju perpindahan kalor yaitu terjadi kenaikan perpindahan kalor sampai dengan detik ke 0.22, setelah detik ke 0.22 laju perpindahan kalor akan konstan pada 55 watt. Sehingga dengan perpindahan kalor yang semakin naik membuktikan bahwa *heater* dengan geometri tubular akan memberikan distribusi temperatur dan *heat transfer* yang baik.



Gambar 7. Grafik perpindahan kalor

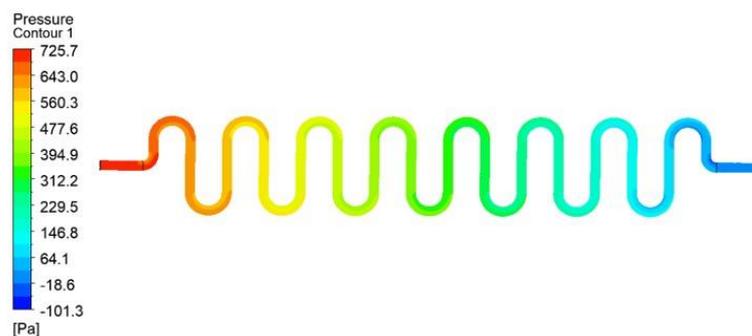
Selanjutnya pada Gambar 8 terlihat grafik temperatur gas buang yang keluar dari *outlet*, pada gambar terlihat bahwa temperatur yang mengalir semakin tinggi seiring bertambahnya waktu, namun mulai pada detik ke 0.20 aliran temperatur gas buang menjadi konstan pada angka 60°C.



Gambar 8. Grafik perubahan temperatur

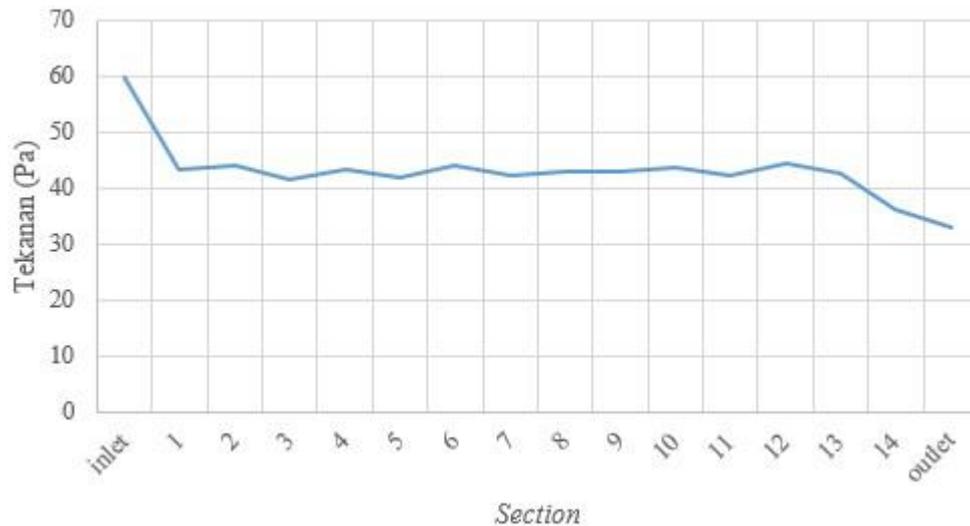
Penurunan Tekanan pada Tubular

Pada Gambar 9 terlihat distribusi tekanan yang ada pada *heater* yang dilewati gas buang dari *engine*, terlihat bahwa tekanan yang ada pada bagian *inlet* adalah paling besar dengan besar tekanan berkisar 725.7 Pa, hal itu disebabkan oleh aliran yang belum terpengaruh dari lekukan-lekukan dari *heater*. Setelah melewati *inlet*, tekanan akan semakin turun hingga mendekati *outlet* dikarenakan *heat loss* dan *friction* pada saat lekukan. Pada bagian *outlet* besar tekanannya yaitu berkisar 20 Pa. Dengan demikian akibat dari geometri *heater tubular* maka menyebabkan fenomena *pressure drop* hal itu dibuktikan dengan perubahan warna pada *pressure contour*.



Gambar 9. Pressure contour heater tubular

Pada Gambar 10 terlihat tekanan pada tiap bagian dari *heater*, terlihat bahwa tekanan terbesar terdapat pada bagian *inlet* sebesar 59.87 Pa dan terkecil pada bagian *outlet* sebesar 32.91 Pa. Kemudian pada daerah *section 1* sampai dengan 13 tekanannya stabil pada angka 43 Pa. Pada grafik terlihat semakin gas buang mendekati bagian *outlet* maka tekanan akan semakin menurun.



Gambar 10. Grafik penurunan tekanan Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan pada penelitian ini, yaitu:

1. Distribusi kecepatan di dalam tubular menunjukkan bahwa geometri tubular mampu menciptakan aliran turbulensi di sepanjang lekukan. Pada arah radial, distribusi kecepatan tidak terbentuk seragam sehingga dapat membuat perpindahan kalor optimal hanya terjadi pada bagian yang memiliki kecepatan tinggi.
2. Distribusi temperature di dalam tubular menunjukkan bahwa temperature tinggi pada bagian di dekat inlet akan memaksimalkan perpindahan kalor dari tubular ke *airfoil*, sementara pada bagian di dekat outlet yang memiliki temperature rendah menyebabkan perpindahan kalor kurang maksimal. Pada arah radial, distribusi temperature akan mengikuti pada distribusi kecepatan, area yang memiliki kecepatan tinggi akan memiliki temperature yang lebih tinggi disbanding area yang berkecepatan rendah.
3. Distribusi tekanan di dalam tubular menunjukkan bahwa lekukan 90° pada inlet menghasilkan penurunan tekanan yang besar, sedangkan pada lekukan 1- 14 terjadi penurunan lekukan yang fluktuatif akibat aliran turbulensi. Pada bagian outlet penurunan tekanan menjadi lebih kecil karena perubahan aliran turbulensi ke laminar.

Daftar Pustaka

- Cao, Y., Tan, W., & Wu, Z. (2018). Aircraft icing: An ongoing threat to aviation safety. *Aerospace Science and Technology*, 75(December 2017), 353– 385.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2008). *Thermodynamics* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Feng, K., Lu, Z., & Yun, W. (2019). Aircraft icing severity analysis considering three uncertainty types. *AIAA Journal*, 57(4), 1514–1522.
- Prasad, G., & Rose, B. R. J. (2020). Experimental and computational study of ice accretion effects on aerodynamic performance. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 92(6), 827–836.
- Afghari, M. R., Vaziry, M. A., & Mostofizadeh, A. R. (2019). *Computational Fluid Dynamics Investigation Of Finding Appropriate Location Of Fluidic Anti-Icing Protective Panel On Leading Edge Of Wing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 233(2), 698–709.
- Anand, R. S., David, S., Gajendiran, M., & Stanley, K. (2020). *Design And Analysis Of Shell And Tube Heat Exchanger For Low Temperature Applications Using CFD. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 912, 042056.
- Baumert, A., Bansmer, S., Trontin, P., & Villedieu, P. (2018). *Experimental And Numerical Investigations On Aircraft Icing At Mixed Phase Conditions. International Journal of Heat and Mass Transfer*, 123, 957–978.
- Marmoush, M. M. (2018). *A Novel Merging Tubular Daylight Device With Solar Water Heater–Experimental Study. Journal Renewable Energy*. 4

- Nugroho, A. (2020). *Investigasi Eksperimental Heat Transfer pada Tubular Anti Icing Heater dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Engine*. Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta.
- Rahbar, N., Esfahani, J. A., & Fotouhi-Bafghi, E. (2015). *Estimation Of Convective Heat Transfer Coefficient And Water-Productivity In A Tubular Solar Still - CFD Simulation And Theoretical Analysis*. *Solar Energy*, 113, 313–323.
- Skullong, S., Promvong, P., Jayranaiwachira, N., & Thianpong, C. (2016). *Experimental And Numerical Heat Transfer Investigation In A Tubular Heat Exchanger With Delta-Wing Tape Inserts*. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 109, 164–177.
- Song, Z., Chen, J., & Yang, L. (2015). *Heat Transfer Enhancement In Tubular Heater Of Stirling Engine For Waste Heat Recovery From Flue Gas Using Steel Wool*. *Applied Thermal Engineering*, 87, 499–504.
- Tang, J., Wang, C., Xie, W., Xia, Y., Yu, T., & Chen, Z. (2019). *Study On The Heat And Mass Transfer Performance Of A Tubular Still Enhanced By Hydrophilic Surface Modification*. *Desalination*, 469(July), 114089.
- Udayakumar, R., & Shaikh, H. A. (2019). *Computational Analysis Of Anti Icing System Of An Aircraft Wing*. *Proceedings of the 3rd International Conference on Electronics and Communication and Aerospace Technology, ICECA 2019*, 1110–1114.
- Wang, M. C., Chen, Y. P., Wu, J. F., & Dong, C. (2016). *Heat Transfer Enhancement Of Folded Helical Baffle Electric Heaters With One-Plus-Two U-Tube Units*. *Applied Thermal Engineering*, 102(2), 586–595.
- Wang, P. Y., Li, S. F., & Liu, Z. H. (2015). *Collecting Performance Of An Evacuated Tubular Solar High-Temperature Air Heater With Concentric Tube Heat Exchanger*. *Energy Conversion and Management*, 106, 1166–1173.