

INVESTIGASI EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER STRAIGHT TUBE DOUBLE V-CUT TWIST TAPE INSERT* MEMANFAATKAN GAS BUANG MENGATASI ICING KARBURATOR *PISTON ENGINE*

¹Khafidien Nur Fauzan, ²Dhimas Wicaksono, ³Sehono

¹⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
180302134@students.sttkd.ac.id

²⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
dhimas.wicaksono@sttkd.ac.id

³⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
sehono@sttkd.ac.id

Article history:

Received 20th of February, 2024

Revised 30th of March, 2024

Accepted 26th of April, 2024

Abstract

A piston engine is a type of engine that uses a piston mechanism as its main component. How this engine works involves burning fuel such as hydrocarbon or hydrogen compounds to push the piston. One of the important components in a piston engine is the carburetor, which is responsible for regulating the air and fuel ratio, controlling engine performance, as well as mixing fuel and air to form a mixture that can burn into mechanical energy. Aircraft equipped with piston engines can reach a flight altitude of up to 12,000 feet or around 3657.6 meters. The research conducted employs a simple experimental method process with the construction of a prototype and a heat exchanger simulation that utilizes exhaust gas from a genset engine to prevent carburetor freezing in the piston engine. One of the analyzed components is the vortex generator with a special configuration, namely the Double V-Cut Twist Tape Insert. The results of the research show that changing or increasing the shape of the vortex generator, inside a straight pipe, can produce turbulent air flow and increase heat transfer to a cooler medium, in this case the air inside the shell, while maximizing the heat transfer from the temperature fluid. high in exhaust gases. In contrast to these conditions, maximum heat absorption occurs in the low temperature fluid inside the shell. From this research it is concluded that modifications to the vortex generator, especially with the use of Double V-Cut Twist Tape Insert, can influence the overall heat transfer coefficient (U_o) by 0% at Twist 3, 4% at Twist 4, and 23% at Twist 5. There is a pressure drop (ΔP) of 0% on Twist 3, -22.0% on Twist 4, and 21% on Twist 5, and the effectiveness (ϵ) of the heat exchanger on Twist 3 is 0.0%, Twist 4 is -0.9%, and Twist 5 at -5.9%.

Keywords: Carburetor, Freeze, Vortex Generator, Heat Exchanger, Twist

Pendahuluan

Pesawat udara atau pesawat terbang adalah salah satu moda transportasi umum yang sering dipilih untuk perjalanan jarak jauh dalam waktu relatif singkat. Dalam konteks ini, keselamatan menjadi aspek yang sangat krusial yang harus diperhatikan secara menyeluruh, baik sebelum, selama, maupun setelah penerbangan. Selain memastikan kondisi awak pesawat dalam keadaan prima, performa mesin juga merupakan faktor utama yang mendukung keselamatan. Menjaga performa mesin agar tetap prima dan layak memerlukan perawatan terjadwal yang rutin [1].

Sistem pembakaran bahan bakar dalam motor piston melibatkan beberapa komponen, termasuk tangki bahan bakar, filter bahan bakar, pompa bahan bakar, filter udara, karburator, penutup sistem *piston*, *crankshaft*, *connecting rod*, piston, ruang bakar silinder, dan saluran pembuangan gas. Pesawat yang umumnya menggunakan mesin piston mampu mencapai ketinggian jelajah hingga 12.000 kaki ataupun sekitar 3657,6 meter. Namun, pada ketinggian tersebut, pesawat berisiko mengalami pembentukan es pada komponen mesin, termasuk karburator. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengatur suhu yang efektif untuk mencegah pembentukan es tersebut [2].

Heat exchanger merupakan perangkat yang digunakan untuk mentransfer panas antara dua fluida yang memiliki suhu berbeda, dengan menggunakan dinding sebagai pemisah di antara keduanya. Salah satu jenis *Heat Exchanger* yang umum digunakan dalam aplikasi industri adalah jenis *shell* dan *tube*, yang menyumbang sekitar 35-40% dari semua jenis *Heat Exchanger* yang digunakan. Keberagaman aplikasi jenis ini dapat diterima karena keandalannya dalam berbagai kondisi suhu dan tekanan, serta kemampuannya yang kokoh dan serbaguna [3].

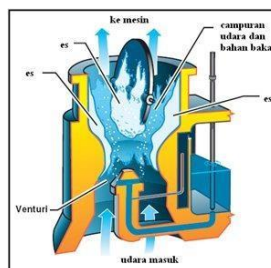
Dalam konteks penerbangan, ketinggian pesawat yang meningkat mengakibatkan penurunan suhu di

mesin dan mengakibatkan penurunan kerapatan udara. Hal ini mengganggu fungsi karburator sebagai pencampur udara dan bahan bakar, terutama pada ketinggian yang lebih tinggi di mana udara menjadi lebih tipis. Kondisi ini, yang biasa disebut *icing*, terjadi saat suhu udara berada di kisaran -10°C hingga -40°C , dan dapat menyebabkan pembekuan pada komponen pesawat termasuk karburator *piston engine*. Pembekuan pada karburator dapat memengaruhi performa mesin dan bahkan menyebabkan kegagalan mesin dalam penerbangan. Pada situasi tersebut, pesawat dengan mesin piston tidak mengalami pembentukan es pada *leading edge wing*, tetapi udara tercampur dengan tetesan es yang dapat mengganggu suplai udara yang diperlukan untuk proses pembakaran pada pesawat dengan mesin piston. Proses pembakaran pada mesin piston sangat krusial, karena jika pasokan udara terkontaminasi atau terjadi pembentukan es, maka proses pembakaran pada karburator mesin piston tidak akan berjalan dengan optimal dan dapat mengancam keselamatan penerbangan. salah satu masalah yang sering terjadi pada pesawat dengan mesin piston adalah penurunan performa saat naik ketinggian karena menurunnya nilai tekanan dan temperatur udara [4].

Penulis mengangkat permasalahan seputar pengaruh perubahan arah aliran terhadap penambahan *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap koefisien perpindahan kalor (U_0), pengaruh penambahan *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap penurunan *pressure drop* (ΔP) dan pengaruh penambahan *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap efektivitas *heat exchanger* (ϵ). Aliran turbulen dapat meningkatkan koefisien perpindahan panas, yang pada gilirannya memengaruhi parameter kinerja pemanas [5]. Peneliti lain mengungkapkan *twist tape* meningkatkan faktor gesekan sebanyak 10 kali lipat dan bilangan Nusselt sebanyak 3 kali lipat [6]. Tabung yang dilengkapi dengan *double V-cut t tape twist* menunjukkan kinerja termal yang lebih baik dibandingkan *conventional twist tape* [7]. Tabung polos yang ditambahkan *twist tape* ($Y = 4$) dan *nanofluida* Al_2O_3 memiliki kinerja termal yang lebih baik daripada tabung yang ditambahkan *twist tape* ($Y = 6$) dan *nanofluida* Al_2O_3 [8]. Peneliti lain menjelaskan bahwa *heat exchanger tube* dengan penambahan *special twist tape* lebih baik tanpa penambahan *twisted tape* [9].

Batasan masalah meliputi *Contamination icing* terjadi pada karburator *piston engine*, metode eksperimental dengan miniatur/prototype. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan arah aliran *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap koefisien perpindahan kalor menyeluruh, pengaruh penambahan *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap penurunan *pressure drop*, pengaruh penambahan *vortex generator* tipe *Double V-Cut Twist Tape Insert* terhadap efektivitas *heat exchanger*. nilai keausan spesifik dan nilai laju keausan hasil spesimen terbaik dan terendah pada variasi suhu *sintering*. Manfaat dari penelitian ini meliputi referensi tambahan bagi Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD), bahan materi belajar bagi penulis selanjutnya, referensi bagi peneliti mendatang, dan pengetahuan bagi pembaca tentang pembuatan rasio *Double V-Cut Twist Tape Insert* untuk mengatasi *icing* pada karbulator piston.

Carburetor Icing



Gambar 1. Carburetor Icing [10]

Kondisi *icing* terjadi ketika suhu turun di bawah 10°C atau naik di atas -40°C , dan terdapat kelembaban udara, pada halnya awan. Jika cuaca berkabut atau hujan dan temperatur akan menjadi

10°C, kemungkinan besar akan terjadi kondisi pembekuan. Kondisi ini dapat membahayakan, terutama bagi komponen karburator. Pada pesawat dengan mesin piston, pembekuan yang terjadi di karburator dapat menghambat aliran udara serta bahan bakar menuju *block* seher.

Reynolds number (Re) Dalam Tube

Reynolds number merupakan suatu rasio antara gaya inersia dan gaya *viskositas* dalam suatu aliran, yang mengukur hubungan relatif antara dua gaya dalam aliran tertentu. Bilangan ini berguna untuk mengklasifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya aliran *laminar* dengan nilai Bilangan *Reynolds* < 2300 , aliran *transisi* dengan nilai $2300 < Re < 10000$, dan aliran *turbulen* dengan nilai $Re > 10000$. *Reynolds number* merupakan suatu besaran tak berdimensi. Persamaan untuk menghitung Bilangan *Reynolds* dapat dinyatakan [11].

$$Re = \frac{V}{\mu/\rho D} = \frac{\rho DV}{\mu} \quad (1)$$

Atau

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \text{ Reynold number tanpa satuan} \quad (2)$$

Efektivitas alat penukar kalor

Untuk menganalisis dapat menggunakan metode berfokus pada efektivitas penukar panas dalam memindahkan jumlah panas. Metode efektivitas ini memiliki beberapa keunggulan, terutama dalam membandingkan berbagai jenis penukar panas untuk memilih yang terbaik dalam menyelesaikan tugas pemindahan panas tertentu [11].

Parameter yang mencerminkan kinerja alat penukar panas adalah efektivitas. Nilai efektivitas dari penukar panas dengan aliran fluida yang berlawanan (*counter flow*) dapat dihitung menggunakan suatu persamaan:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1-c)]}{1 - c \exp[-NTU(1-c)]} 100\% \quad (3)$$

Pressure Drop

Penurunan tekanan atau *pressure drop* yang terjadi di dalam tabung karena adanya gesekan dalam aliran, dapat dihitung menggunakan suatu persamaan:

$$\Delta P = f \frac{L}{Dt} \rho \frac{Vh^2}{2} \quad (4)$$

$$f = (0,79 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (5)$$

Metode Penelitian

Desain Heat Exchanger dan Vortex Generator

Pada penelitian ini, digunakan tabung lurus dengan tipe *Double v-cut twist tape insert* yang memiliki bentuk variasi geometri *twist* bentuknya. Beda-beda, sebagaimana dijelaskan sebaga berikut.

Tabel 1. Ukuran Twist Spesimen

Jenis <i>twist</i>	<i>Twist 1</i>	<i>Twist 2</i>	<i>Twist 3</i>
Punntiran <i>twist</i>	3	4	5
Panjang <i>Tube</i> , LT (mm)	435	435	435
Panjang <i>Twist</i> , Lt (mm)	435	435	435
Diameter <i>Tube</i> , dt (mm)	19.1	19.1	19.1
Tebal <i>Twist</i> , δ (mm)	0.1	0.1	0.1
Lebar <i>twist</i> , w (mm)	15	15	15

Jenis <i>twist</i>	<i>Twist 1</i>	<i>Twist 2</i>	<i>Twist 3</i>
W (<i>width Twist</i>)	105	85.5	72.4
Rasio <i>twist</i> , y/w (mm)	7.00	5.70	4.83
v-cut depth, b (mm)	5	5	5
v-cut width, c (mm)	5	5	5
Cut ratio (mm)	1	1	1

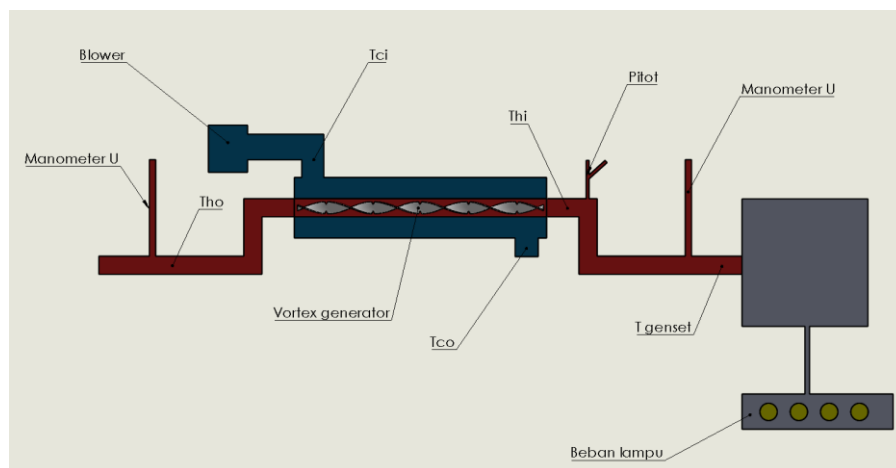


Gambar 2. Double V-Cut Twist 3 (A), 4 (B) dan 5 (C)

Terdapat perbedaan *Double V-Cut Twist* berdasarkan dokumen pribadi berdasarkan jumlah *twist* nya yaitu Gambar 1A. memiliki 3 *Double V-Cut* panjang *twist* 435 mm, jarak tiap *twist* 105 mm. Gambar 1B memiliki 4 *Double V-Cut*, dan Gambar 1C memiliki 5 *Double V-Cut*.

Skema Instalasi Rangkaian

Cara kerja dari *heat exchanger* ini yaitu berfungsi untuk alat penukar kalor yang menggunakan dua fluida kerja yang di gunakan, pada pipa dalam menggunakan fluida panas yang di dihasilkan dari gas buang *engine* genset dan pada pipa bagian luar menggunakan udara dingin yang di dihasilkan dari blower. Fluida kerja panas yang mengalir pada pipa bagian dalam melepas kalor dan sebaliknya udara yang mengalir pada pipa bagian luar akan menyerap kalor. Pada alat kerja penelitian ini terdapat beberapa alat pengukuran yang digunakan seperti manometer U berfungsi sebagai pengukur tekanan pada pipa masuk dan pipa keluar, dan di pasang pitot tube yang digunakan untuk mencari tekanan dinamis dan statis, untuk mendapatkan data kecepatan. Untuk mengetahui data temperature pada pipa masuk dan pipa keluar menggunakan *thermocouple*. Dan anemometer di gunakan untuk mengetahui kecepatan.



Gambar 3. Skema Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan: T = *Thermocouple* Thi = *Temperature Hot In*
P = *Pressure Gauge* Tho = *Temperature Hot Out*

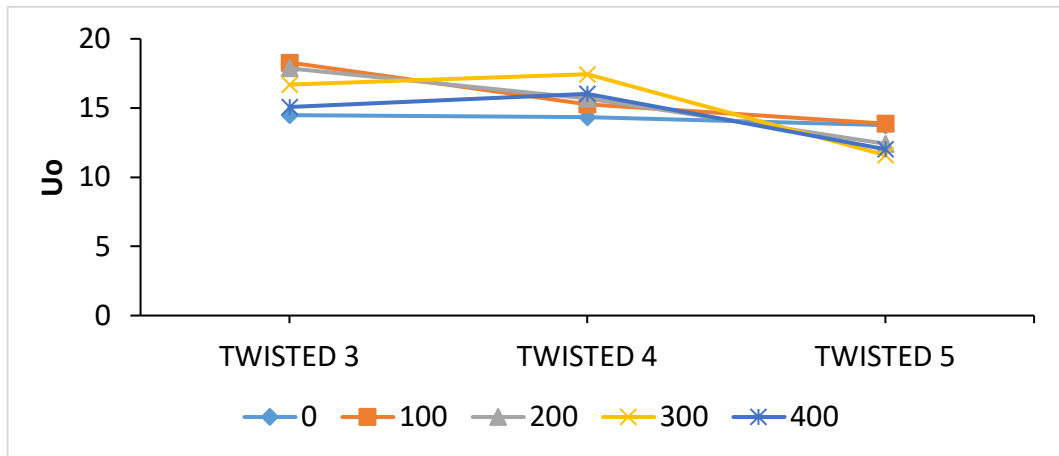
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh variasi *vortex generator* terhadap koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U_o)

Pada penelitian ini performa alat penukar kalor diindikasikan dengan bilangan *Reynold*, bilangan *Nusselt*, koefisien kalor menyeluruh (U_o).

Tabel 2. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

No	Beban Lampu (W)	U _o (W/m ² .oC)		
		TWISTED 3	TWISTED 4	TWISTED 5
1	0	14,484	14,325	13,763
2	100	18,286	15,278	13,873
3	200	17,869	15,706	12,420
4	300	16,694	17,442	11,595
5	400	15,065	16,021	12,022
TOTAL		82	79	64
RATA-RATA		16,5	15,8	12,7

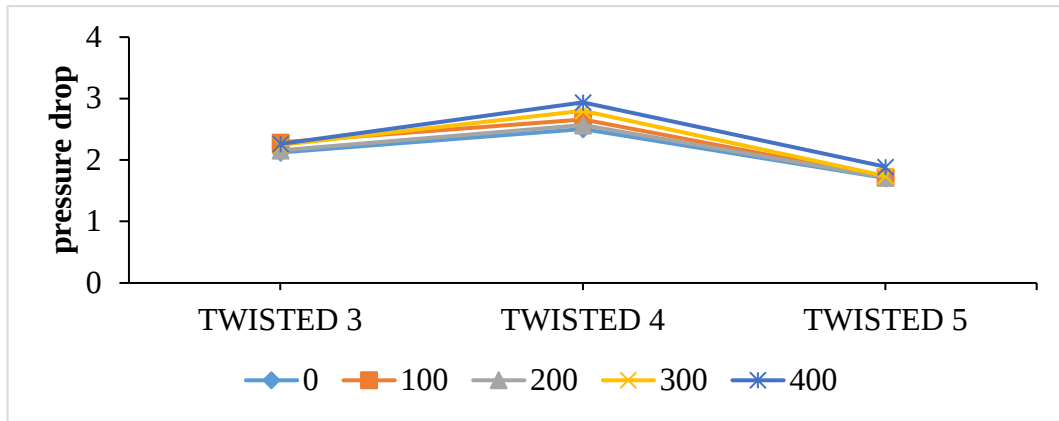
**Gambar 2. Grafik Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh**

Terlihat perubahan *Double V-cut Twist Tape Insert* pada variasi beban mengakibatkan terjadi peningkatan secara fluktuatif pada koefisien perpindahan kalor menyeluruh. Berdasarkan hasil yang didapat pada rata - rata koefisien perpindahan kalor menyeluruh, Nilai yang paling baik berdasarkan gabungan antara h_{hot} dan h_{cold} menjadi koefisien perpindahan kalor menyeluruh U_0 dari hasil yang didapat bahwa spesimen dengan nilai terbesar adalah *Twist 3*

Pengaruh variasi vortex generator tipe Double V- Cut *Twist Tape Insert* terhadap penurunan pressure drop (ΔP) di dalam tube.

Tabel 3. Penurunan *Pressure Drop*

No	Beban Lampu (W)	ΔP		
		TWISTED 3	TWISTED 4	TWISTED 5
1	0	2,12	2,50	1,71
2	100	2,29	2,66	1,72
3	200	2,16	2,57	1,72
4	300	2,25	2,80	1,74
5	400	2,26	2,94	1,89
TOTAL		11,07	13,47	8,78
RATA-RATA		2,21	2,69	1,76



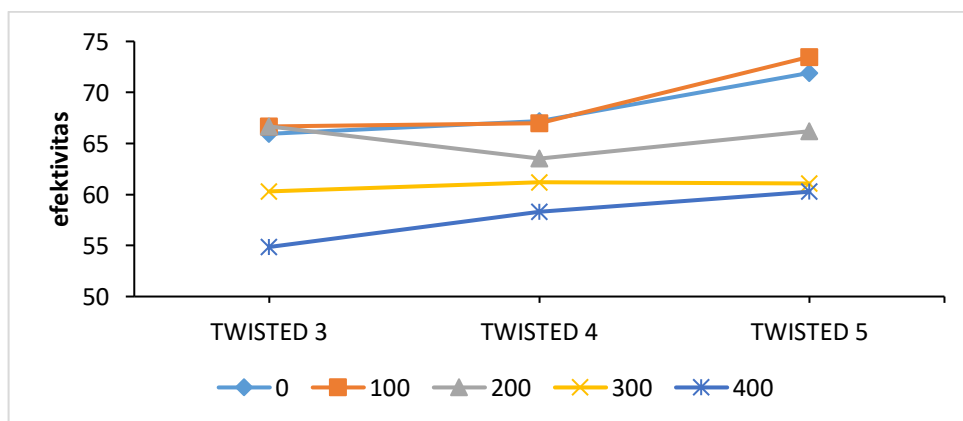
Gambar 3. Grafik Penurunan *Pressure Drop*

Terlihat perubahan pada variasi beban mengakibatkan terjadi peningkatan pada *pressure drop*. Peningkatan terjadi akibat pengaruh dari variasi jumlah *twist*. Terlalu banyaknya *twist* menyebabkan kehilangan tekanan yang dikeluarkan pada output *heat exchanger* dan dapat dilihat berdasarkan *reynold number* yang didapatkan. Kondisi ini terjadi disebabkan pengaruh dari banyaknya *twisted* pada sebanyak 5, yang memungkinkan terlalu banyaknya *twisted* menyebabkan hilangnya tekanan yang di keluarkan pada output *heat exchanger* dan dapat dilihat berdasarkan hasil *Reynold number* yang didapatkan.

Pengaruh variasi vortex generator tipe Double V- Cut *Twist Tape Insert* terhadap efektivitas (ϵ) *heat exchanger*. Pada penelitian ini performa alat penukar kalor diindikasikan dengan *number of transfer unit* (NTU) dan efektifitas (ϵ)

Tabel 4. Efektivitas *heat exchanger*

No	Beban Lampu (W)	ϵ		
		TWISTED 3	TWISTED 4	TWISTED 5
1	0	65,95	67,20	71,91
2	100	66,67	66,98	73,48
3	200	66,67	63,52	66,19
4	300	60,30	61,20	61,09
5	400	54,85	58,30	60,27
TOTAL		314,44	317,20	332,95
RATA-RATA		62,89	63,44	66,59



Gambar 4. Grafik Efektivitas *heat exchanger*

Terkait halnya efektifitas, peningkatan yang terjadi disebabkan oleh pengaruh dari korelasi dengan *Nilai Transfer Unit* (NTU), tercermin dalam grafik pengaruh variasi twisted yang juga dipengaruhi dari luas permukaan *tube* dan koefisien yang terjadi. Terjadi peningkatan pada efektifitas Terlihat efektifitas terbesar terjadi pada *Twisted 5* dengan nilai sebesar 60,27 % sedangkan terkecil terjadi pada *Twisted 3* dengan nilai sebesar 54,85 %.

Kesimpulan

Variasi dalam bentuk *vortex generator* jenis *double V-cut Twist Tape Insert* bagian dalam *tube* konsentrik memiliki dampak signifikan dalam menciptakan aliran sekunder yang bersifat turbulen, yang pada gilirannya meningkatkan perpindahan kalor ke media yang memiliki temperatur lebih rendah di *shell*. Berdasarkan hasil yang di dapat *vortex generator* dengan jenis *Twist 3* memiliki koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U_o) tertinggi sebesar $16,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, diikuti oleh *Twisted 4* dengan nilai $15,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, dan *Twist 5* dengan nilai $12,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perubahan dalam desain *vortex generator* dapat secara signifikan memengaruhi kinerja *heat exchanger* melalui pengaruhnya terhadap koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U_o).

Perubahan dari jenis *double V-cut Twist Tape Insert* di dalam *tube* konsentrik dapat mengubah karakteristik aliran, memicu aliran *transisi* dari aliran *laminar* menjadi aliran *turbulen*. Berdasarkan perhitungan, *vortex generator* dengan jenis *Twist 3* menghasilkan nilai *pressure drop* sebesar 2,21 Pa, *Twist 4* menghasilkan nilai 2,69 Pa, dan *Twist 5* menghasilkan nilai 1,76 Pa. Dalam konteks ini, dapat dilihat bahwa *Twist 4* menunjukkan kinerja terbaik dalam mengurangi *pressure drop* pada *tube* konsentrik, yang berimplikasi pada peningkatan perpindahan kalor.

Penambahan variasi *vortex generator* jenis *double V-cut Twist Tape Insert* bagian dari *tube* konsentrik adalah untuk memaksimalkan pelepasan dari panas dari *fluida* temperatur tinggi, seperti gas buang. Dengan demikian, adanya penambahan *vortex generator* jenis *twist* dapat meningkatkan efektifitas pada *heat exchanger* secara keseluruhan. Berdasarkan hasil perhitungan, efektifitas *heat exchanger* dengan *Twist 3* adalah sebesar 62,89%, *Twist 4* adalah sebesar 63,44%, dan *Twist5* adalah sebesar 66,59%. Dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa performa terbaik diperoleh pada *heat exchanger* dengan adanya penambahan *Twist* berjumlah 5.

Daftar Pustaka

- [1] B. Driyono, "Pengaruh Kemampuan dan Motivasi terhadap Prestasi Kerja Pegawai pada Unit Perawatan Pesawat Udara dalam Mendukung Praktik Latihan Terbang di STPI Curug," *J. Tek. Dan Keselam. Transp.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2019.
- [2] V. A. Victori, G. Marausna, and F. Jayadi, "Analisa Performa Heat Exchanger Dengan Penambahan Vortex Generator Tipe Twist With Hole Dikombinasi Dengan Wire Coil Guna Mengatasi Icing Pada Karburator Piston Engine," *J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 7, no. 2, pp. 2622–3244, 2021.
- [3] M. Mirzaei, H. Hajabdollahi, and H. Fadakar, "Multi-Objective Optimization Of Shell-And-Tube Heat Exchanger By Constructal Theory," *J. Appl. Therm. Eng.*, vol. 125, p. 9, 2017.
- [4] M. I. A. Syahputra, G. Marausna, and J. Kasmara, "Studi Investigasi Performa Heat Exchanger Dengan Memanfaatkan Gas Buang Guna Mengatasi Icing Pada Karburator Pesawat Piston Engine," *J. Tek. STTKD*, vol. 7, no. 1, pp. 38–40, 2021.
- [5] J. Kasmara and G. Marausna, "Investigasi Eksperimental Anti-Icing System dengan Memanfaatkan Kalor Dari Gas Buang Engine Pesawat Terbang," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 6, no. 1, pp. 40–48, 2020.
- [6] K. Y. Lim, Y. M. Hung, and B. T. Tan, "Performance Evaluation Of Twisted-Tape Insert Induced Swirl Flow In A Laminar Thermally Developing Heat Exchanger," *J. Appl. Therm. Eng.*, vol. 121, pp. 652–661, 2017.
- [7] M. E. Nakhchi and J. A. Esfahani, "Performance Intensification Of Turbulent Flow Through Heat Exchanger Tube Using Double V-Cut Twisted Tape Inserts," *J. Chem. Eng. Process. - Process Intensif.*, vol. 141, no. 10, p. 533, 2019.
- [8] R. Naveenkumar, S. Ramesh Kumar, R. Giridharan, and S. Senthil Kumaran, "Thermal Performance Enhancement in a Plain Tube fitted with perforated twisted tape insert using water based Al_2O_3 Nanofluid," *Mater. Today Proc.*, vol. 22, pp. 2274–2282, 2019.

- [9] C. Gnanavel, R. Saravanan, and M. Chandrasekaran, "Heat Transfer Enhancement Through Nano-Fluids And Twisted Tape Insert With Rectangular Cut On Its Rib In A Double Pipe Heat Exchanger," *Mater. Today Proc.*, vol. 21, pp. 865–869, 2020.
- [10] F. Nugroho, "Icing, Anti-Ice, dan De-Ice," *ilmuterbang.com*. Accessed: Feb. 02, 2024. [Online]. Available: <https://ilmuterbang.com/component/content/article?id=106:icing-anti-ice-dan-de-ice>
- [11] Y. A. Cengel, "Heat Transfer a Practical Approach," *New York McGraw-Hill*, pp. 153–170, 2015.