

ANALISA PERFORMA *HEAT EXCHANGER* DENGAN PENAMBAHAN *VORTEX GENERATOR* TIPE *DELTA WING* DAN *DELTA WINGLET TAPE INSERT* GUNA MENGATASI *ICING* PADA *KARBURATOR PISTON ENGINE*

¹A. R. Ramadhan, ²G. Marausna, ³F. Jayadi

^{1,2,3} Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta

Abstrak

Alat simulasi sederhana heat exchanger memiliki keterbatasan, yaitu pada saat proses perpindahan panas tidak dapat dianalisis secara langsung, dan gerak aliran tidak dapat diamati. Oleh karena itu bisa diselesaikan dengan metode CFD. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambar visual yang dapat diamati. Pada simulasi ini menggunakan tube yang diberikan vortex generator dengan variasi delta penambahan sudut, masing masing diberikan nilai input inlet velocity, inlet temperature, dan heatflux yang konstan. Tiap sudutnya diberikan nilai sebesar 20⁰, 40⁰, 60⁰. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan vortex generator dengan variasi sudut yang paling baik. Dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan dengan adanya penambahan delta memberikan perbedaan pada hasil tiap spesimen yang diujikan, penambahan winglet delta dengan penambahan sudut 40⁰ dihasilkan memiliki koefisien perpindahan kalor yang paling baik, hal itu ditunjukkan pada perubahan temperatur (ΔT) yang rendah. Analisis dari hasil perubahan temperatur (ΔT) yang rendah mengartikan bahwa spesimen tersebut melakukan kinerja perpindahan kalor yang baik.

Kata kunci: Heat Exchanger; CFD; Vortex Generator; Temperature

Abstract

The simple simulation tool of the heat exchanger has a limitation, that is, when the heat transfer process cannot be analyzed directly, and the flow motion cannot be observed. Therefore it can be solved by the CFD method. The purpose of this study is to provide observable visual images. In this simulation, it uses a tube given a vortex generator with delta variations adding angles, each of which is given a constant inlet velocity, inlet temperature, and heatflux input values. Each angle is given a value of 20, 40, 60. This study aims to obtain a vortex generator with the best angular variation. From the research that has been carried out, it shows that the addition of delta provides a difference in the results of each specimen tested, the addition of a delta winglet with the addition of an angle of 40 is produced to have the best heat transfer coefficient, it is shown at a low temperature difference (ΔT). Analysis of the results of a low temperature difference (ΔT) means that the specimen performed good heat transfer performance.

Keywords: heat exchanger; CFD; vortex generator; temperature


Pendahuluan

Transportasi udara merupakan salah satu sarana yang paling banyak digunakan, hal itu ditandai dengan semakin meningkatnya jumlah permintaan pasar produksi pesawat, baik dalam maupun luar negeri. Pesawat terbang juga sering dijadikan ladang bisnis dengan keuntungan yang besar apabila laju kendali pemasukan dan pengeluaran dapat teratasi. Seperti halnya dalam melakukan perawatan pesawat, perawatan hangar, dan penggantian komponen. Menurut (Lestari et al., 2018) pesawat terbang moda transportasi paling efisien dan efektif dalam perjalanan dari satu tempat ke tempat lain.

Akan tetapi pesawat terbang juga sebagai alat transportasi yang memiliki resiko kecelakaan sangat tinggi. Tetapi transportasi udara yang jenisnya masih menggunakan *piston engine* sebagai penggerakannya masih ditemukannya beberapa kendala, yaitu salah satunya terjadinya kondisi dimana kecepatan aliran udara semakin tinggi maka tekanan statis nya akan menjadi rendah dan akan meningkat pada tekanan dinamis. Masalah yang khususnya di karburator ini sering terjadi tertutupnya katup *butterfly* oleh temperatur rendah yang biasa disebut *icing*. Jika proses *icing* pada pesawat *piston engine* ini terbentuk di karburator, maka es yang terbentuk di karburator akan menghambat aliran

¹Email Address: 180302114@students.sttkd.ac.id

Received 30 April 2023, Available Online 30 Juli 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.885>

udara dan bahan bakar yang akan masuk ke silinder. Sehingga akan mengakibatkan mesin pada pesawat berhenti bekerja pada saat di udara. Masalah ini cukup fatal, maka perlu dikembangkanlah teknologi *anti icing* untuk mengatasi perubahan temperatur. Menurut (Argaputra, 2017) *Heat exchanger* memiliki peran sangat penting untuk jalannya suatu sistem. *Heat exchanger* juga merupakan alat untuk memfasilitasi pertukaran kalor antara dua fluida yang berbeda temperatur dengan menjaga fluida itu sendiri agar tidak tercampur.

Pemodelan dengan CFD dapat mempertegas dan memperjelas pengujian alat *heat exchanger* yang lebih baik, tanpa membuat desain prorotype dalam bentuk fisik memungkinkan untuk dilakukan analisis dengan maksimal (Abeykoon, 2020). Kemudian pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan hasil dengan perbedaan temperatur yang rendah. Maka dari itu dilakukanlah simulasi menggunakan software simulasi CFD, metode ini digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida yang terjadi di dalam *tube*, dengan penambahan *vortex generatore* tipe *wing delta* dan *winglet delta* dengan penambahan variasi sudut maka akan terbentuk nilai yang dapat dianalisis. Dalam kualifikasi pada tiap tiap *vortex generator*, akan didapatkan nilai perbedaan temperatur.

Tinjauan Pustaka

Piston Engine

Sejak Nikolas Otto menemukan *prototype* pertama dari mesin pembakaran dalam pada tahun 1876, generasi insiyur terus melakukan pengembangan teknologi ini bertahun tahun, sehingga teknologi ini mendominasi dalam sistem propulsi otomotif pada masanya kemudian sebelum penggunaan jet *engine* pesawat di dunia menggunakan *piston engine* sebagai penggeraknya (Zhang et al., 2015). Mesin *piston engine* ini merupakan salah satu mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang tenaga geraknya itu sendiri dihasilkan oleh *piston* dengan menghubungkan *crankshaft* untuk mengubah energi kimia menjadi energi gerak. *Piston* ini dapat bergerak naik turun disebabkan karena adanya proses pembakaran antara campuran udara dengan bahan bakar (*fuel*) didalam ruang pembakaran (*combustion chamber*), dengan Bergeraknya *piston* naik turun yang dihubungkan dengan *crankshaft* melalui *connecting rod* sehingga memutar *propeller* atau baling baling. Dengan prinsip kerja dasar dari semua *engine* pesawat itu sama, yaitu dengan memanfaatkan dari pembakaran energi yang disebabkan antara campuran bahan bakar dengan udara sehingga menghasilkan *expansion gas* yang terjadi di dalam ruang pembakaran (*combustion chamber*).

Karburator

Menurut (Nurdiansyah et al., 2021) fungsi dari karburator itu sendiri adalah sebagai perangkat yang memadukan udara dengan bahan bakar untuk mesin pembakaran dalam (*internal combustion*). Pada dasarnya cara kerja karburator adalah dengan menggunakan prinsip kerja *Bernoulli*, yaitu semakin cepat udara yang bergerak maka akan semakin rendah juga tekanan statisnya, dan semakin tinggi tekanan dinamisnya.

Vortex Generator

Vortex generator adalah geometri yang digunakan untuk membuat *vortex* yang membujur di sepanjang aliran. Dengan adanya *vortex* ini memungkinkan aliran fluida dimanipulasi menjadi turbulensi. Menambahkan *vortex generator* ke desain *heat exchanger* menciptakan pusaran *longitudinal* di medan aliran. *Vortex* ini mengurangi stabilitas lapisan batas termal pada *tube* dan dapat meningkatkan koefisien konveksi. Mempertimbangkan lokasi, bentuk dan orientasi penukar panas itu sendiri, penelitian dilakukan untuk menerapkan *generator vortex* sebagai mekanisme untuk meningkatkan perpindahan kalor yang efektif. (Hanifan, 2017). Menurut (Eiamsa-ard & Promvonge, 2011) *Vortex generator* tipe *wing* telah dibanyak dilakukan uji coba. Penggunaan *vortex generator* yang tepat dapat menghasilkan perpindahan kalor yang efektif. Selama beberapa dekade penggunaan *vortex generator* tipe *wing* telah banyak digunakan untuk system termal berkinerja tinggi untuk

menciptakan *vortices longitudinal* dalam *system* untuk mentransfer panas yang lebih baik dan pencampuran fluida. Parameter dari geometri *vortex generator* ini juga dapat memiliki pengaruh yang signifikan pada kemampuannya untuk memindahkan kalor.

Heat Exchanger

Menurut (Cengel & Ghajar, 2020) *Heat exchanger* adalah perangkat yang memfasilitasi pertukaran panas antara dua fluida yang berada pada suhu yang berbeda sambil menjaga dari pencampuran fluida satu sama lain. Penukar panas dibuat berbeda dari ruang pencampuran karena tidak bisa dua fluida yang terlibat untuk bercampur ditempat yang sama.

Computational Fluid Dynamic

Secara umum *Computational Fluid Dynamic* atau biasa disebut CFD ialah merupakan sebuah *software* simulasi yang digunakan untuk mencari hasil dari suatu elemen dengan bantuan komputasi komputer. Menurut (Tu et al., 2018) *Computational Fluid Dynamic* terdiri dari berbagai aspek disiplin ilmu mekanika fluida dan perpindahan panas, secara khusus dilakukannya metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yaitu untuk mengamati pergerakan fluida, dan bagaimana fluida itu berperilaku mempengaruhi proses yang mungkin termasuk dalam perpindahan panas atau reaksi kimia. Dari penjelasan tersebut maka *Computational Fluid Dynamic* (CFD) merupakan sebuah metode perhitungan yang menggunakan *control* dimensi, luas, dan volume dengan bantuan komputasi pada komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap elemennya yang setelah itu diberi batas domain dan *boundary condition*.

Turbulensi

Umumnya gangguan gangguan kecil yang berhubungan langsung dengan fluida dari suatu aliran laminer maka akan menyebabkan keadaan menjadi bergerak, dan menjadikan kondisi fluida fluktuatif. Menurut (Pugastri et al., 2022) turbulensi menyebabkan molekul fluida bergerak tidak beraturan sehingga kecepatan aliran juga berbeda satu sama lain. Gangguan ini dapat berasal dari aliran bebas (*free stream*), atau mungkin saja terjadi akibat permukaan yang menopang fluida. Aliran turbulensi juga sering terjadi pada penukaran kalor, kecepatan aliran yang melewati suatu penampang, dan suatu reaksi kimia.

Heat Flux

Heat Flux merupakan proses dimana terjadinya penambahan debit atau jumlah panas yang berbeda daerah kondisi melalui perpindahan suhu yang bersifat konstan (Cengel & Ghajar, 2020) Maka persamaan dasar *heat flux* sebagai berikut:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \text{ (W/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

Heat Transfer convection

Heat transfer convection dikutip dari (Cengel & Ghajar, 2020) adalah perpindahan panas melalui zat perantara yang diikuti oleh perpindahan zat perantara itu sendiri. Dapat diambil persamaan, sebagai berikut:

$$\dot{Q} = hA_s\Delta T \text{ (W/m}^2\text{K)}\dots\dots\dots(2)$$

Metode Penelitian

Dengan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dalam mengolahnya yaitu dengan cara membuat desain sesuai *prototype* alat *heat exchanger* yang memanfaatkan gas buang hasil pembakaran *engine* dari genset sebagai pencegahan terjadinya *icing* pada karburator *piston engine*, kemudian mensimulasikannya menggunakan *software*. Dalam desain pada *tube* geometri memiliki

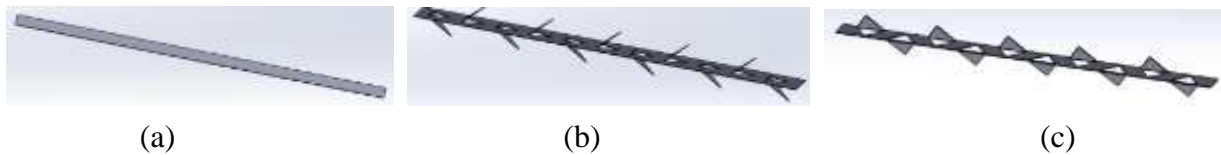
nilai input dengan panjang (L) 0.6 m, diameter luar (Do) 0.0252 m, dan diameter dalam (Di) 0.02145 m.



Gambar 1. Desain *prototype tube*

Tabel 2. Geometri spesimen

| Spesimen | Lp(m) | Wp(m) | Tp(m) |
|---------------|-------|-------|--------|
| Plat polos | 0.43 | 0.02 | 0.0007 |
| Wing delta | 0.43 | 0.02 | 0.0007 |
| Winglet delta | 0.43 | 0.02 | 0.0007 |



Gambar 3. Spesimen (a) *plain tube* (b) *wing delta* (c) *winglet delta*

Tabel 3. Geometri yang diuji

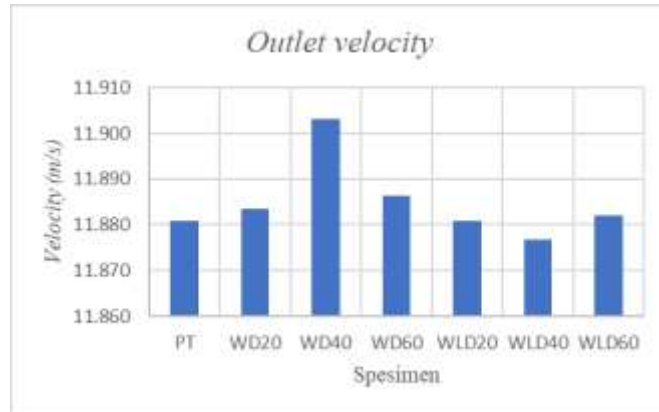
| Geometri | Spesimen | Identitas |
|----------|-------------------------------|-----------|
| | Plat polos | PT |
| | Wing delta 20 ⁰ | WD20 |
| | Wing delta 40 ⁰ | WD40 |
| | Wing delta 60 ⁰ | WD60 |
| | Winglet delta 20 ⁰ | WLD20 |
| | Winglet delta 40 ⁰ | WLD40 |
| | Winglet delta 60 ⁰ | WLD60 |

Pada tahapan simulasi CFD dilakukan *input* desain yang telah dibuat ke dalam *software* CFD. Setelah tahapan awal telah dilakukan selanjutnya memberikan nilai input pada tiap tiap program yang akan dijalankan pada simulasi, tahapan ini nilai input yang bernilai konstan adalah temperature *inlet*, *inlet velocity*, dan *heatflux*. Selanjutnya dilakukan berulang kali sesuai dengan spesimen yang akan diuji, hingga didapatkan nilai hasil *output outlet temperature*, *inlet pressure*, *outlet pressure*, dan *outlet velocity*.

Hasil dan Pembahasan

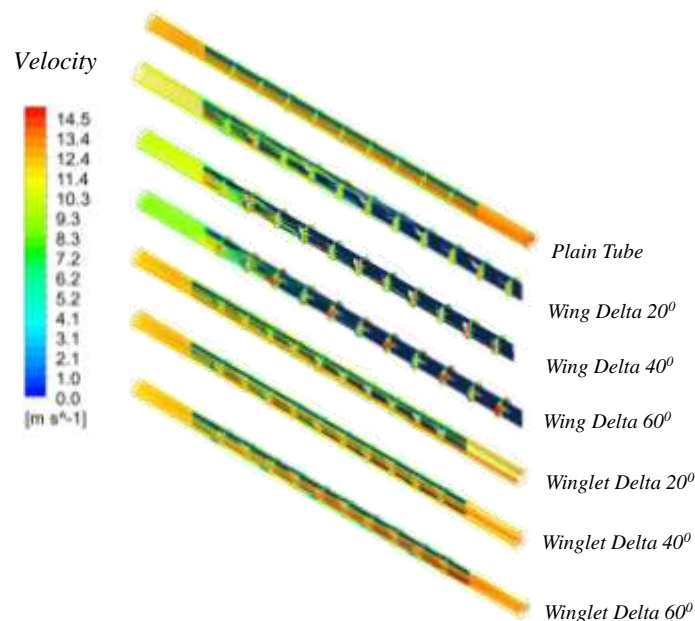
Analisis Kecepatan

Outlet velocity dengan nilai *input* konstan *inlet velocity* pada 11.9 m/s. *Outlet velocity* tertinggi yang dihasilkan pertama pada pengujian geometri terdapat pada jenis WD40 dengan nilai 11.903 m/s, kemudian untuk hasil tertinggi kedua terdapat pada geometri jenis WD60 dengan nilai 11.886 m/s. selanjutnya untuk nilai dengan *outlet velocity* terendah terdapat pada geometri jenis WLD40. Dari hasil simulasi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kondisi geometri yang ideal dengan pengujian geometri tube yang sama terdapat pada jenis WD40, hal tersebut dikarenakan dari hasil analisis perubahan kondisi *inlet velocity* dan *outlet velocity* tidak terlalu jauh.

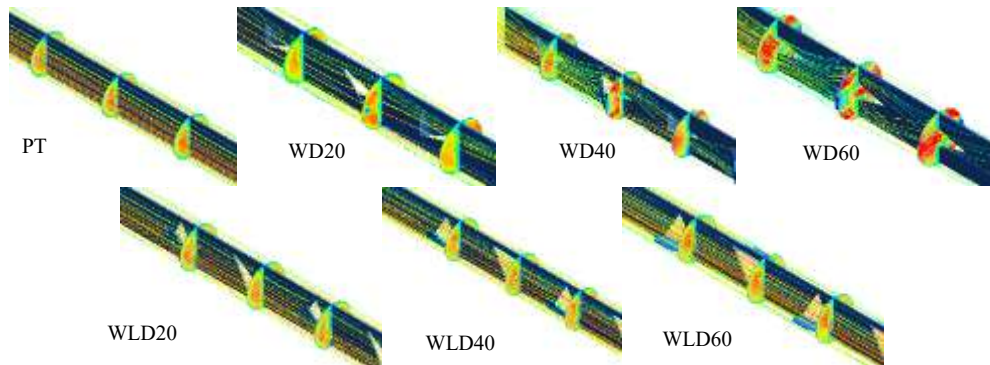


Gambar 5. Outlet velocity

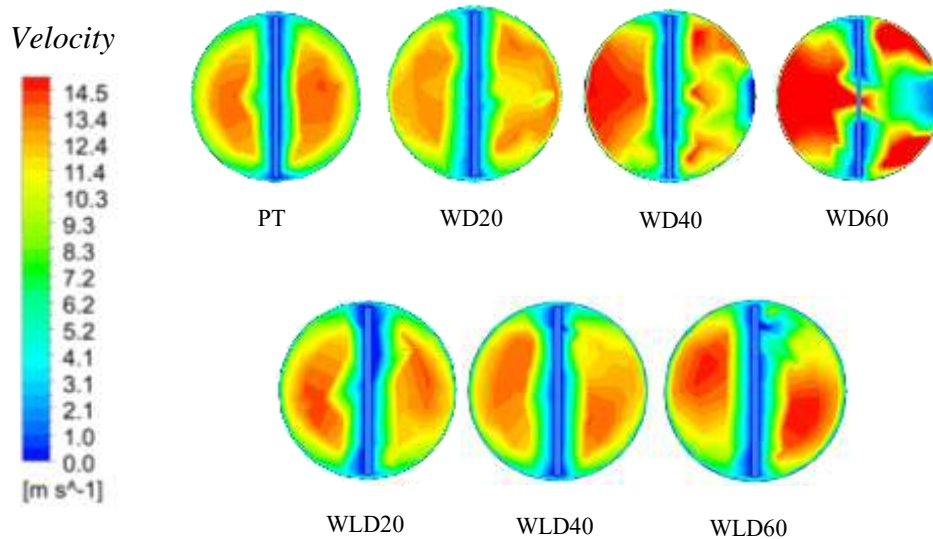
Dengan adanya penambahan sudut pada *delta* mempengaruhi hasil aliran yang terjadi dalam *tube*. Untuk warna kontur yang semakin merah mengindikasikan bahwa terjadinya kecepatan aliran semakin tinggi dari pada warna yang lain. Untuk kecepatan aliran *streamline* diberikan input 100 pada masing masing spesimen. Dari hal tersebut ditunjukkan bahwa kecepatan akan semakin meningkat setelah melewati *vortex generator*, dan terjadi distribusi aliran ke dalam bagian *delta*.



Gambar 6. Kontur streamline velocity



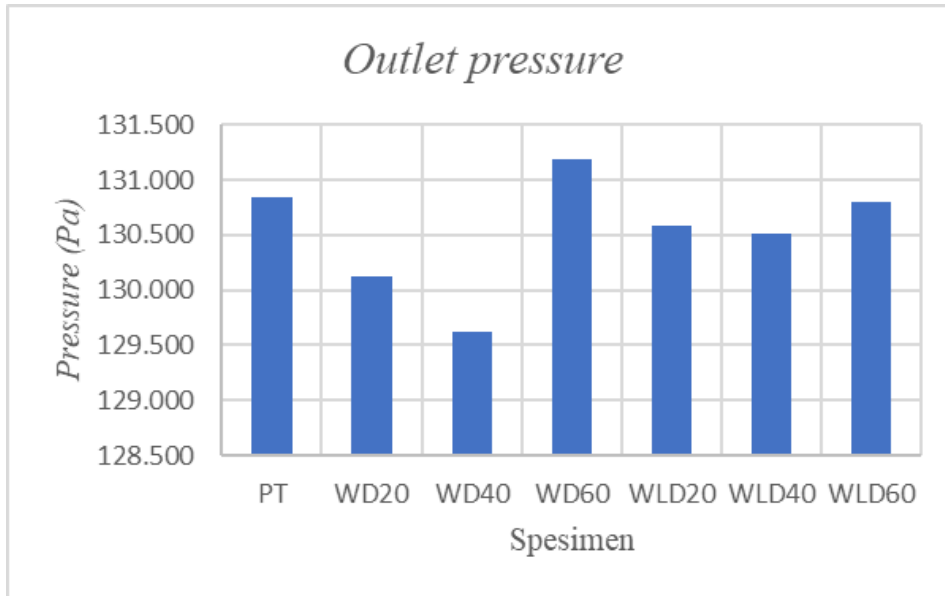
Gambar 7. Distribusi aliran terhadap variasi



Gambar 8. Kontur outlet velocity

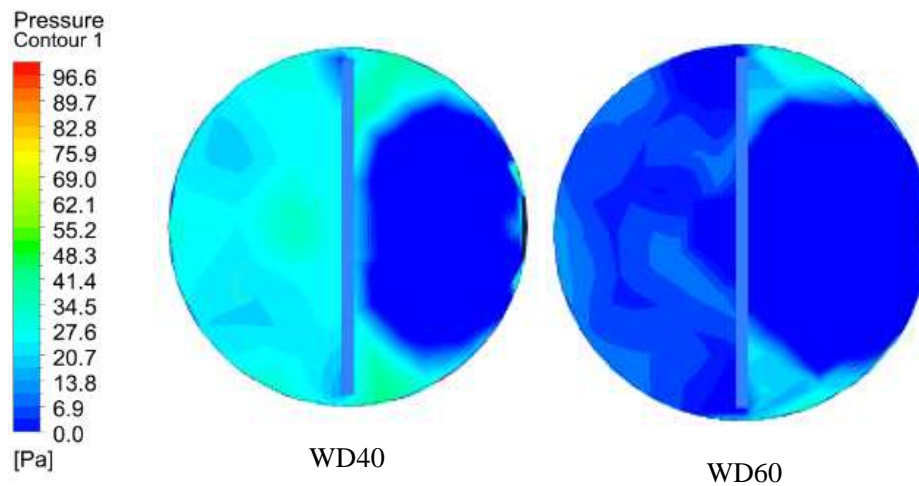
Analisis Pressure

Dengan melihat hasil *outlet pressure* dari simulasi yang dilakukan pada tiap tiap spesimen ditunjukkan bahwa spesimen yang menghasilkan *outlet pressure* tertinggi adalah WD60 dengan total nilai 131.187 Pa, sedangkan untuk *outlet pressure* terendah terdapat pada WD40. Dari analisis yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian sudut pada *delta* mempengaruhi *pressure* pada tiap pengujian simulasi, pemberian sudut yang terlalu tinggi juga memberikan hasil yang tinggi, karena semakin tinggi hambatan maka *pressure* juga semakin tinggi. Sedangkan tanpa pemberian sudut juga memberikan hasil *outlet pressure* yang kurang bagus, itu dikarenakan *frontal area* yang kecil.

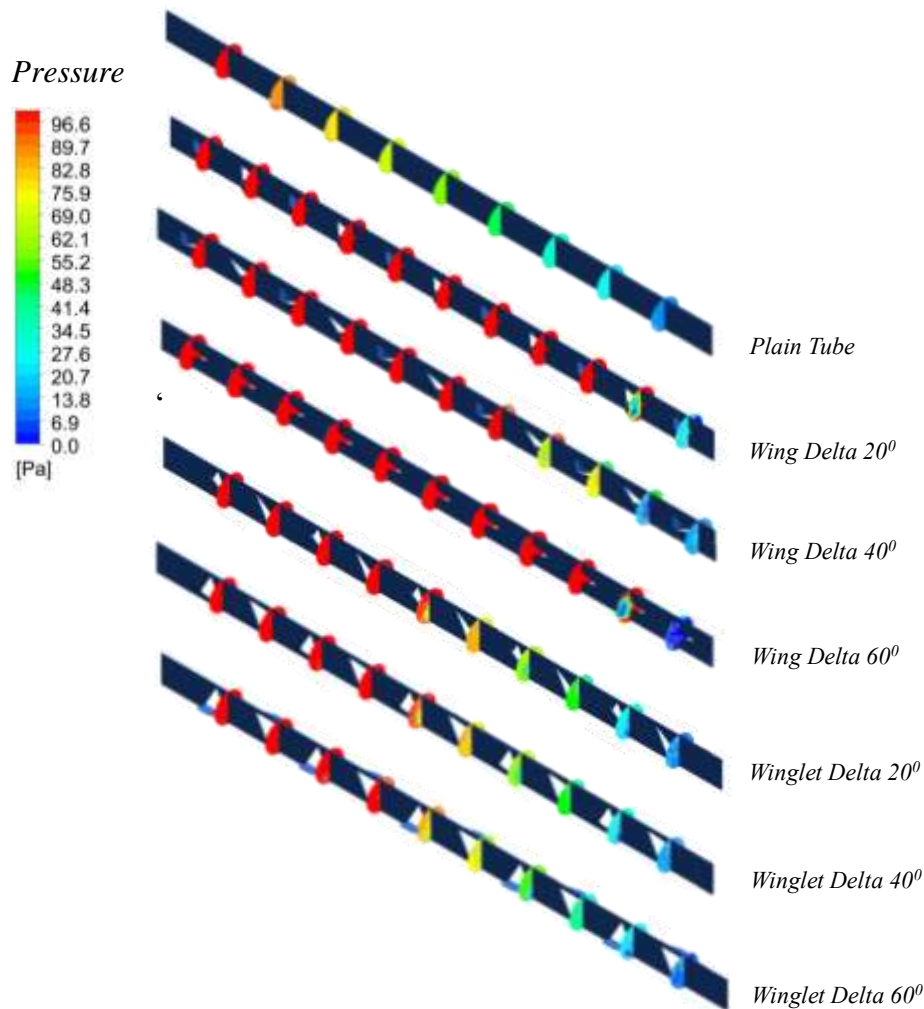


Gambar 10. Outlet pressure

Perbandingan antara *outlet pressure* terendah ditunjukkan pada Gambar 4.11 untuk *pressure* terendah pada WD40 memiliki penyebaran warna terang yang lebih terlihat daripada WD60. Hal itu disebabkan pada WD dengan sudut yang lebih tinggi memberikan *frontal area* yang luas sehingga dapat mempersempit pergerakan dari fluida.



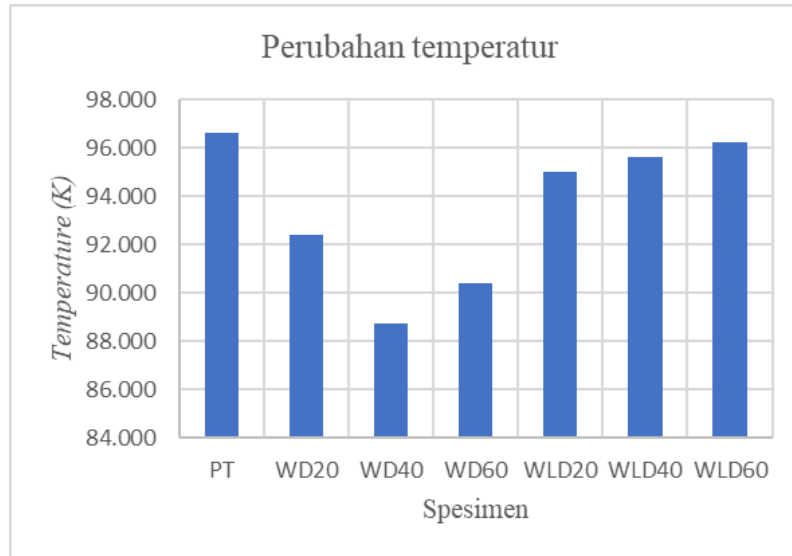
Gambar 11. Perbandingan *outlet pressure* terendah dan tertinggi



Gambar 12. Kontur *pressure*

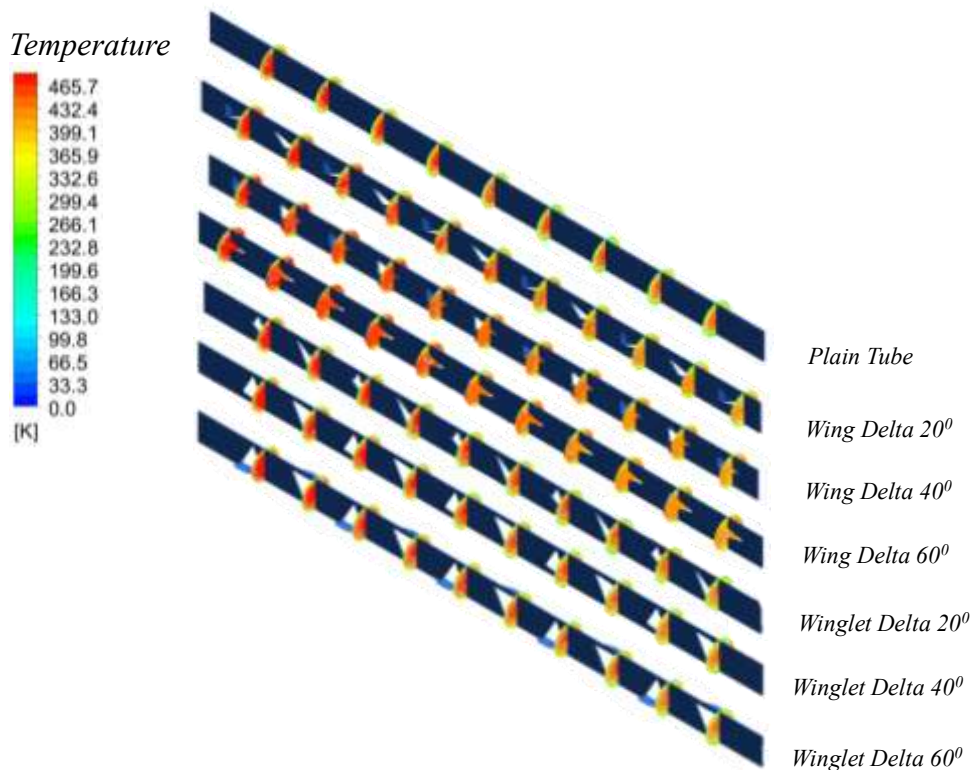
Analisis Temperatur

Perbandingan dari temperatur *inlet* dan *outlet* dengan kesamaan nilai input sebesar 482.3 K. Dari simulasi tersebut dapat dilihat beda temperatur (ΔT) tertinggi pada PT dengan nilai 96.622 K, hal ini terjadi karena pada PT tidak adanya penambahan variasi *delta*. Kemudian untuk nilai beda temperatur (ΔT) terendah pertama ada pada WD40, dengan nilai sebesar 88.768 K. Sedangkan nilai beda temperatur (ΔT) terendah kedua ada pada WD60 dengan nilai sebesar 90.426 K. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan variasi *delta* memberikan pengaruh perubahan temperatur, akan tetapi pemberian sudut yang terlalu tinggi juga memberikan dampak yang kurang baik pada beda temperatur (ΔT).



Gambar 13. Perubahan temperatur inlet dan outlet

Kontur temperatur, warna yang ditunjukkan bewarna merah menunjukkan bahwa temperatur yang terjadi lebih tinggi daripada warna yang lainnya. Berdasarkan hal tersebut, dengan adanya penambahan *delta* maka proses perpindahan kalor juga akan dipengaruhi. Hal itu dapat dilihat melalui hasil simulasi berupa kontur seperti yang telah dilakukan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kontur temperature

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian simulasi *software* CFD pada masing masing spesimen dengan nilai *inlet temperature*, *inlet velocity*, dan nilai *heatflux* yang konstan. Saat pengujian tanpa menggunakan *delta* pada spesimen *plain tube* terlihat bahwa aliran cenderung terlihat lebih jelas, hal itu sebabkan karena tidak adanya hambatan pada *plain tube* sehingga hasil perpindahan kalor yang kurang maksimal, dengan penambahan *delta* terjadi turbulensi pada aliran, hal itu disebabkan karena adanya *frontal area* yang memecah aliran. Akan tetapi jika *frontal area* terlalu besar maka perpindahan kalor yang terjadi juga tidak maksimal, itu sebabkan karena hambatan yang terjadi terlalu besar. Dari pengujian pada tiap spesimen yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai yang memiliki perbedaan temperatur (ΔT) paling rendah adalah pada *wing delta* dengan penambahan sudut variasi 400, dengan nilai sebesar 88.768K. Semakin ideal pemberian sudut *delta* pada *plain tube* memberikan nilai perbedaan kalor *inlet* dan *outlet* yang baik, sehingga apabila nilai perbedaan temperatur (ΔT) rendah maka koefisien perpindahan kalornya tinggi. Koefisien perpindahan kalor yang tinggi mengartikan bahwa energi yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan kalor juga semakin sedikit, hal itu memaksimalkan *engine* dalam melakukan kinerjanya.

Daftar Notasi

| | | |
|---|---|-----------------------------------|
| D : diameter (m) | V : kecepatan (m/s) | L_p = panjang plat (m) |
| L : panjang (m) | ν : kinematic viscosity (m^2/s) | W_p = tebal plat (m) |
| P : tekanan (Pa) | W : lebar (m) | q' = nilai heatflux (w/m^2) |
| Q : kalor yang dilepaskan atau diterima (W) | ΔT : selisih temperatur (K) | A = luas area (m^2) |
| T : temperatur ($^{\circ}C$) | Do = diameter luar tube (m) | |
| | Di = diameter dalam tube (m) | |

Daftar Pustaka

- Abeykoon, C. (2020). Compact heat exchangers – Design and optimization with CFD. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 146, 118766.
- Argaputra, R. R. (2017). Analisis Perpindahan Panas Pada Multipass Shell and Tube Heat Exchanger Berdasarkan Number of Transfer Unit (Ntu). 12(5), 59–70.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Heat and Mass Transfer (Sixth)*. McGraw Hill Education.
- Eiamsa-ard, S., & Promvongse, P. (2011). Influence of double-sided delta-wing tape insert with alternate-axes on flow and heat transfer characteristics in a heat exchanger tube. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 19(3), 410–423.
- Hanifan, M. F. (2017). Analisis Pengaruh Vortex Generators Tipe Rectangular Winglet pada Desain Heat Exchanger Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknik Industri*, 9–10, 11–12.
- Lestari, M., Rahmawaty, A., Etrawati, F., Cahyani, N. A. C., & Kasih, S. D. (2018). PERSEPSI RISIKO PENUMPANG PESAWAT TERBANG. *Jurnal Kesehatan*, 11(2), 55–62.
- Nurdiansyah, D., Soeparman, S., & Siswanto, E. (2021). Studi komparasi performa motor bakar 4 tak karburator dan motor bakar 6 tak karburator berbahan bakar pertamax. *Rekayasa Mesin*, V12 N3, 613–620.
- Pugastri, B. O., Tauviquirrahman, M., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2022). Perbandingan kontur tekanan antara permodelan aliran turbulen dan laminar pada kasus thrust bearing 1. *Jurnal Teknik Mesin*, 10, 541–546.
- Tu, J., Yeoh, G.-H., & Liu, C. (2018). *Computational Fluid Dynamics*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 1689–1699.
- Zhang, C., Li, K., & Sun, Z. (2015). Modeling of piston trajectory-based HCCI combustion enabled by a free piston engine. *Applied Energy*, 139, 313–326.