



## ANALISA UNJUK KERJA *HEATER* PIPA KONSENTRIK DENGAN PENAMBAHAN *VORTEX GENERATOR* GUNA MENGATASI *ICING*

<sup>1</sup>Aldo Novando, <sup>2</sup>Edi Sofyan, <sup>3</sup>Ferry Setiawan

<sup>1,2,3</sup>S-1 Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta  
[aldonovaando@gmail.com](mailto:aldonovaando@gmail.com)

### Abstrak

*Horizontal stabilizer* merupakan salah satu komponen terpenting dari pesawat terbang dalam mengontrol sikap terbang dari suatu pesawat. Sehingga jika *horizontal stabilizer* terganggu dalam mengontrol sikap terbang maka dapat menyebabkan pesawat kehilangan kestabilan. Pada *horizontal stabilizer* terdapat *anti icing system* yang digunakan untuk menjaga *leading edge wing* agar tidak terjadi kontaminasi pada saat pesawat sedang terbang. Sistem *anti icing* yang sudah ada membutuhkan energi listrik yang dapat menambah beban kerja *engine*, sedangkan ada energi berupa kalor yang selama ini hanya digunakan sebagai tenaga dorong. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh variasi *vortex generator insert* pada *heater* didapatkan *pressure drop twisted* 16,70 Pa dan *wire coil* 14,38 Pa, sehingga *pressure drop twisted* lebih baik dari *pressure drop wire coil*. Perpindahan kalor dari *twisted* 70,32 Watt dan *wire coil* 70,11 Watt, sehingga perpindahan kalor *twisted* lebih baik. Hal ini disebabkan perpindahan kalor *twisted* mempunyai nilai *friction factor* yang besar, sehingga menghasilkan bilangan *Reynolds* yang kecil. Bilangan *Reynolds* kecil menyebabkan kecepatan aliran udara kecil, sehingga aliran udara semakin lama bersentuhan dengan luas bidang pemanas, dengan demikian menghasilkan perpindahan panas yang baik.

**Kata kunci:** *Horizontal stabilizer, icing system, vortex, heater.*

### Abstract

*Horizontal stabilizer is one of the most important components of an aircraft in controlling the flying attitude of an aircraft. So if the horizontal stabilizer is disturbed in controlling the attitude of flying it can cause the aircraft to lose stability. On the horizontal stabilizer there is an anti icing system used to keep the leading edge wing from contamination while the aircraft is flying. Existing anti-icing systems require electrical energy that can increase the engine workload, while there is heat energy that has only been used as thrust power. Based on the results of the study, the effect of vortex generator insert variation on heater obtained pressure drop twisted 16.70 Pa and wire coil 14.38 Pa, so pressure drop twisted is better than pressure drop wire coil. Heat transfer from twisted 70.32 Watt and wire coil 70.11 Watt, so twisted heat transfer is better. This is because twisted heat transfer has a large friction factor value, resulting in a small Reynolds number. The small Reynolds number causes a small airflow speed, so the airflow increasingly comes into contact with the area of the heating field, thus resulting in a good heat transfer.*

**Keyword:** *Horizontal stabilizer, icing system, vortex, heater.*

## 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. Menurut Florio (2016) aspek-aspek yang harus diperhatikan selama penerbangan yaitu *flight safety factors, person, environment* dan *machine*. Mengenai lingkungan maka ketika pesawat dalam keadaan terbang akan mengalami temperatur lingkungan yang relatif rendah. Apabila terlalu rendah maka dapat menyebabkan *icing*. Menurut Zhao *et*

al. (2017) fenomena *icing* pada bagian *leading edge* dan ujung dari komponen lain dapat membahayakan penerbangan. Salah satu komponen terpenting dari pesawat terbang dalam mengontrol sikap terbang dari suatu pesawat yaitu *horizontal stabilizer*. Sehingga jika *horizontal stabilizer* terganggu dalam mengontrol sikap terbang maka dapat menyebabkan pesawat terjatuh karena *pitch down* mengarahkan pesawat ke arah bawah.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Airfoil Contamination*

*Airfoil contamination* adalah sebuah kondisi dimana terjadi pengaruh dan dampak dari interaksi antara *airfoil* dengan udara yang mengalir melewatinya terutama pada bagian ujung (Domingo, 2018). Beberapa bentuk kontaminasi yang paling umum adalah es, salju dan embun beku (bunga es).

Bentuk kontaminasi tersebut jika menumpuk pada *airfoil* akan mengurangi kapasitas daya angkatnya, dikarenakan es yang menumpuk dapat merubah bentuk *airfoil* yang mengganggu aliran udara dan membuatnya menjadi kurang efisien.

### *Anti Icing*

*Anti Icing* merupakan suatu alat yang terdapat pada pesawat terbang yang berfungsi untuk mencegah terjadinya penumpukan es pada sayap, *engine cowl*, *wind shield* dan *window passenger*. Pada saat ini jenis alat pencegahan terjadinya *icing* yang digunakan pada pesawat terbang komersil menurut Domingo (2018) yaitu:

a. *Electric heater*

Menggunakan sistem elemen pemanas yang dapat memanaskan *leading edge* bila dialiri listrik.

b. *Bleed air anti icing*

Menggunakan *bleed air* atau udara panas dari *compressor jet engine* untuk memanaskan *leading edge* dengan cara menyemburkan secara langsung *bleed air* ke *leading edge*.

c. *Glycol based fluid*

Jenis ini menggunakan sebuah cairan *glycol* yang berfungsi untuk mencegah terjadinya *icing* dengan cara menyemprotkan cairan tersebut pada area yang rawan terjadinya *icing*.

### *Heater*

Alat pemanas atau *heater* adalah alat yang digunakan untuk mengubah temperatur *fluida* atau mengubah fasa *fluida* dengan cara memancarkan kalornya ke *fluida* lain. Alat pengujian yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah alat pemanas atau *heater* jenis *copper heating coil element* tipe *helical coil tube feedback*. Penggunaan *helical coil tube feedback* dapat meningkatkan efektivitas perpindahan kalor. Ini dikarenakan ketika *fluida* mengalir dalam lintasan pipa yang berbentuk kurva, gaya sentrifugal menyebabkan terjadinya aliran sekunder.

### **Bilangan Reynolds Dalam Tube (Rei)**

Bilangan *Reynolds* adalah rasio antara gaya *inersia* terhadap gaya *viskos* yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu.

Bilangan ini digunakan untuk menentukan jenis aliran yang berbeda, seperti laminar, turbulen atau transisi serta bilangan ini merupakan salah satu bilangan tak berdimensi.

### Bilangan Nusselt Dalam Tube ( $Nu_i$ )

Jika alirannya di dalam *tube* adalah turbulen maka menurut Cengel dan Ghajar (2020) nilai bilangan Nusselt dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Nu_i = 0,023 \times Re_i^{0,8} \times Pr_i^{0,4} \quad (1)$$

Dimana syaratnya:

$$0,7 \leq Pr \leq 160$$

$$Re > 10.000$$

Dengan keterangan:

$Nu_i$  = bilangan Nusselt di dalam *tube*

$Pr_i$  = bilangan Prandtl di dalam *tube*

$Re_i$  = bilangan Reynolds di dalam *tube*

### Koefisien Perpindahan Kalor Permukaan Dalam Tube ( $h_i$ )

Nilai koefisien perpindahan kalor permukaan dalam *tube*, menurut Cengel dan Ghajar (2020) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$h_i = \frac{Nu_i \times k_i}{dt} \quad (2)$$

Dengan keterangan:

$h_i$  = koefisien perpindahan kalor permukaan dalam (W/m<sup>2</sup>·C)

$Nu_i$  = bilangan Nusselt di dalam *tube*

$k_i$  = koefisien perpindahan kalor konduksi dinding (W/m·C)

$Dt$  = diameter dalam *tube* (m)

Bilangan *Nusselt* adalah bilangan untuk menentukan karakteristik aliran proses perpindahan panas yang berhubungan dengan rasio resistansi termal konduksi terhadap resistansi termal konveksi dari *fluida*.

### Perpindahan Kalor ( $Q$ )

Perpindahan kalor yang terjadi pada area dalam *leading edge* serupa dengan selongsong (*shell*) dan *heater helical coil tube feedback* sangat tergantung pada bentuk geometri dan dimensinya. Analisa perpindahan kalor dalam sisi *heater (helical coil tube feedback)* dilakukan dengan memperhitungkan jumlah kalor yang terpancarkan ke area dalam *leading edge*. Jumlah kalor yang terpancarkan atau dilepas diasumsikan sama besar dengan jumlah kalor yang dilepaskan oleh gas buang dalam area dalam *leading edge (shell)* secara konveksi melalui *heater (helical coil tube)*.

### Pressure drop ( $\Delta P$ )

*Pressure drop* atau penurunan tekanan yang terjadi pada *tube* karena faktor gesekan yang terjadi pada aliran dapat mempengaruhi panjangnya suatu aliran yang melewati suatu instalasi, menurut Cengel dan Ghajar (2020) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta P = f_c \frac{L_t}{D_t} \rho \frac{V_g^2}{2} \quad (3)$$

Dengan keterangan :

- $\Delta P$  = penurunan tekanan (Pa)  
 $f_c$  = faktor gesekan  
 $L_t$  = panjang *tube* (m)  
 $\rho$  = *density* (kg/m<sup>3</sup>)  
 $D_t$  = diameter *tube* (m)  
 $V_g$  = laju aliran gas buang (m/s)

### Faktor Gesekan (Friction)

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*. Menurut Cengel dan Ghajar (2020) persamaan yang digunakan yaitu:

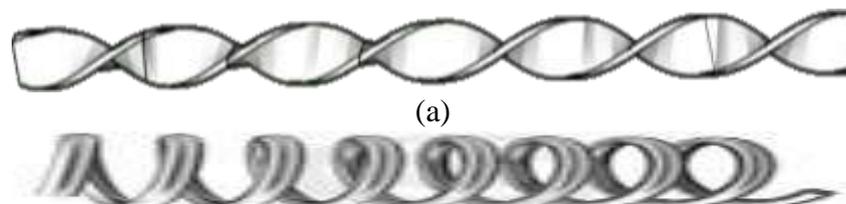
$$f = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

Dengan keterangan:

- $f$  = faktor gesek ( $f$ )  
 $Re$  = Bilangan *Reynolds* di dalam *tube*

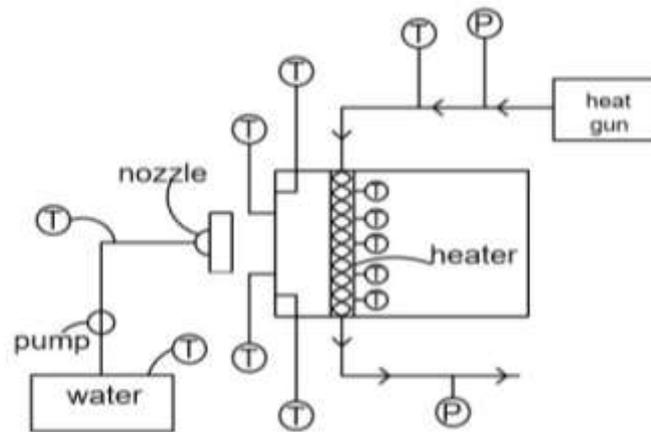
### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan membuat permodelan *horizontal stabilizer* untuk kemudian diberikan *heater* dengan 2 jenis spesimen yang berbeda yaitu *twisted tape insert* dan *wire coil* yang dimasukkan kedalam pipa konsentrik.



Gambar 1. *Twisted tape insert* (a) dan *wire coil* (b)

Kemudian melakukan pemasangan sistem sesuai dengan skema berikut:



Gambar 2. Skema penelitian

Selanjutnya memastikan semua alat pengukur bekerja dengan baik, langkah terakhir yaitu melakukan pengambilan data untuk mengetahui *temperature inlet*, *temperature outlet*, *pressure inlet*, *pressure outlet*, *velocity inlet* dan *velocity outlet*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengaruh dari variasi *vortex generator insert* terhadap perpindahan kalor *heater* diindikasikan dengan bilangan *Reynolds* ( $Re$ ), bilangan *Nusselt* ( $Nu$ ), perpindahan kalor ( $Q$ ), dan perpindahan kalor konveksi ( $h_i$ ).

### Pengaruh variasi *vortex generator insert* terhadap bilangan *Reynolds*

Bilangan *Reynolds* adalah bilangan yang tidak berdimensi yang menjelaskan tentang rasio antara gaya *inersia* terhadap *viskos* yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya dengan kondisi aliran tertentu.

Tabel 1. Pengaruh variasi *vortex generator insert* terhadap bilangan *Reynolds*

No	Load (W)	Re	
		TWISTED 5	WIRE COIL 3
1	50	4433.97	3957.57
2	100	4995.92	4959.12
3	175	4040.64	4555.50
4	230	5306.12	5420.73
Jumlah		18776.7	18892.9
Rata-rata		4694.2	4723.2
Peningkatan (%)		0	0.62

### Pengaruh Variasi *Vortex Generator Insert* Terhadap Bilangan *Nusselt* Dalam *Tube*

Bilangan *Nusselt* merupakan bilangan yang menunjukkan proses perpindahan panas pada dinding pipa atau lapisan batas (*boundary layer*). Hasil dari perhitungan bilangan *Nusselt* dalam *tube* dengan berbagai variasi beban pada *vortex generator insert*.

Tabel 2. Pengaruh variasi *vortex generator insert* terhadap bilangan *Nusselt*

No	Load (W)	Nu	
		TWISTED 5	WIRE COIL 3
1	50	16.61	15.20
2	100	18.30	18.24
3	175	16.19	17.06
4	230	19.22	19.61
Jumlah		70.32	70.11
Rata-rata		17.58	17.53
Peningkatan (%)		0	-0.30

### Pengaruh Variasi *Vortex Generator Insert* Terhadap Perpindahan Kalor

Energi yang dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu. Perpindahan kalor yang terjadi didalam *leading edge* dan variasi *vortex generator insert*. Analisa perpindahan kalor dalam sisi *heater* memperhitungkan banyaknya kalor yang tersalurkan.

Tabel 3. Pengaruh variasi *vortex generator* terhadap perpindahan kalor

No	Load (W)	Q (watt)	
		TWISTED 5	WIRE COIL 3
1	50	50.44	41.62
2	100	38.72	37.21
3	175	27.84	27.09
4	230	26.98	29.96
Jumlah		143.98	135.87
Rata-rata		36.00	33.97
Peningkatan (%)		0	-5.97

### Pengaruh Variasi *Vortex Generator Insert* Terhadap Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan panas melalui aliran zat yang perantaranya ikut berpindah. Pada saat partikel berpindah dan kalor merambat, terjadilah suatu konveksi. Konveksi ini terjadi pada zat cair dan juga gas.

Tabel 4. Pengaruh variasi *vortex generator* terhadap kalor konveksi

No	Load (W)	$h_i$ (W/m <sup>2</sup> .C)	
		TWISTED 5	WIRE COIL 3
1	50	26.56	23.14
2	100	28.45	26.97
3	175	23.82	24.77
4	230	29.18	28.21
Jumlah		108.0	103.1
Rata-rata		27.0	25.8
Penurunan (%)		0.0	-4.77

## KESIMPULAN

Pengaruh variasi *vortex generatori insert* pada *heater* dari penelitian di dapat *pressure drop twisted* dengan hasil 16,70 sedangkan *pressure drop wire coil* 14,38 sehingga dapat

di simpulkan *pressure drop twisted* lebih baik dari *pressure drop wire coil*. Dimana hal ini terjadi dikarenakan *friction twisted* lebih besar dari *wire coil* dapat dianalisis hal ini disebabkan putaran *twist* yang berjumlah 5 dan merata di seluruh *tube* menimbulkan *friction* yang lebih besar dari *wire coil* dimana hambatan *wire coil* hanya ada di sisi luar *tube*.

Pengaruh variasi *vortex generator insert* pada *heater* dari penelitian di dapat perpindahan kalor ( $Q$ ) dari *twisted* dengan hasil 70,32 dan *wire coil* dengan hasil 70,11 sehingga dapat di lihat perpindahan kalo ( $Q$ ) *twisted* lebih baik hal ini disebabkan  $Q$  *twisted* mempunyai nilai  $f$  (*friction*) yang besar sehingga mengasilkan  $Re$  (bilangan *Reynolds*) yang kecil,  $Re$  kecil dapat diketahui bahwa  $V$  (kecepatan aliran udara) kecil sehingga aliran udara semakin lama bersentuhan dengan luas bidang pemanas ( $A$ ), sehingga menghasilkan transfer panas yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Heat and Mass Transfer* (6 ed.). McGraw-Hill Education.
- [2] Domingo, R. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe Volume 2* (Vol. 2). United States Department of Transportation.
- [3] Florio, F. De. (2016). *Airworthiness: An introduction to Aircraft Certification and Operations* (3 ed.). Elsevier Ltd.
- [4] Zhao, Y., Chang, S., Yang, B., Zhang, W., & Leng, M. (2017). Experimental study on the thermal performance of loop heat pipe for the aircraft anti-icing system. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 111, 795–803.