

# PRESSURE DROP DAN VISUALISASI ALIRAN UDARA MELALUI CDWP DAN DWP VORTEX GENERATOR SUDUT SERANG $15^\circ$ DI DALAM SALURAN

Syaiful<sup>1)</sup>, Arief Rachman<sup>2)</sup> dan Bambang Yunianto<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Teknik Mesin, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Semarang  
Email : [syaiful.undip2011@gmail.com](mailto:syaiful.undip2011@gmail.com)

**Abstrak.** *Vortex generator jenis pasif banyak digunakan untuk meningkatkan laju perpindahan panas sisi gas dari penukar kalor jenis compact. Concave delta winglet pairs (CDWP) dan delta winglet pairs (DWP) merupakan salah satu vortex generator pasif untuk meningkatkan laju perpindahan panas dari permukaan plat ke aliran udara di dalam penelitian ini. Akan tetapi penelitian ini memfokuskan pada pressure drop di dalam saluran akibat penambahan CDWP dan DWP. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bentuk geometri, jumlah barisan dan sudut serang vortex generator terhadap pola aliran dan kenaikan pressure drop aliran udara di dalam saluran. Pengujian dilakukan pada sebuah saluran udara dengan penampang persegi (rectangular channel) yang terbuat dari kaca. Vortex generator yang digunakan adalah jenis delta winglet dan concave delta winglet yang dipasang secara inline dengan variasi jumlah barisan 1,2, dan 3 baris pada variasi sudut serang  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$ . Visualisasi aliran dilakukan dengan metode smoke injection. Udara yang mengalir divariasikan kecepatan pada sisi masuknya sebesar 0.4 m/det hingga 2.0 m/det dengan interval 0,2 m/det. Dari hasil visualisasi aliran didapatkan bahwa longitudinal vortex yang terbentuk ketika udara melalui CDWP mempunyai diameter yang lebih besar dibandingkan dengan longitudinal vortex yang terbentuk ketika udara melalui DWP. Peningkatan pressure drop pada geometri DWP 1 VGs, 2 VGs, dan 3 VGs sudut serang  $15^\circ$  terhadap baseline pada kecepatan 2 m/det berturut-turut sebesar 1.13, 1.91, dan 3.72 Pa. Pada CDWP 1 VGs, 2VGs, dan 3 VGs kenaikan pressure drop berturut-turut sebesar 4.46, 6.12, dan 13.06 Pa.*

**Katakunci:** *pressure drop, visualisasi aliran, vortex generator dan sudut serang*

## 1 Pendahuluan

Compact heat exchanger adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang mana memiliki kemampuan untuk memindahkan panas antar dua fluida dalam jumlah besar dengan menggunakan sedikit volume [1]. Penukar kalor jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi dengan mempertimbangkan berat dan volume. Compact heat exchanger sudah banyak digunakan di industri otomotif (radiator), elektronik, pesawat terbang, dan lain sebagainya [2]. Peningkatan kinerja dari alat penukar kalor sangat penting untuk meningkatkan efisiensi. Peningkatan kinerja dari alat penukar kalor dapat dilakukan dengan cara memperluas permukaan kontak antar fluida dengan fin yang mana hal ini terbatas pada ruang (space) dimana alat penukar kalor tersebut diletakkan. Cara lain untuk meningkatkan kinerja alat penukar kalor adalah dengan cara meningkatkan koefisien perpindahan panas konveksi [3].

Vortex generator dirancang untuk membangkitkan vortex dalam aliran yang mampu menaikkan tingkat turbulensi dan meningkatkan koefisien perpindahan panas konveksi. Pembentukan vortex ini diawali dengan terjadinya separasi aliran pada daerah tepi vortex generator. Penggunaan metode ini disebut sebagai metode pasif yang mana terdiri atas tiga tahapan, yaitu (1) terbentuknya lapisan batas; (2) timbulnya swirl dan (3) terjadinya ketidakstabilan aliran [4]. Berdasarkan letak sumbunya, vortex yang dihasilkan dapat digolongkan menjadi dua, yaitu transverse vortex dan longitudinal vortex. Transverse vortex memiliki sumbu yang tegak lurus terhadap arah aliran utama, sementara longitudinal vortex memiliki sumbu yang sejajar terhadap arah aliran utama [5].

Fiebig (1995) meneliti secara eksperimental dan numerik terhadap tranverse vortex dan longitudinal vortex. Hasil yang didapat membuktikan bahwa vortex jenis longitudinal menghasilkan peningkatan perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan transverse vortex untuk pressure loss penalty yang sama [4]. Leu dkk (2004) melakukan penelitian secara numerik dan eksperimental perpindahan panas dan aliran fluida pada penukar kalor jenis plate-fin and tube dengan vortex generator yang dipasang di belakang tubenya. Dari pengujian didapatkan bahwa vortex generator menyebabkan

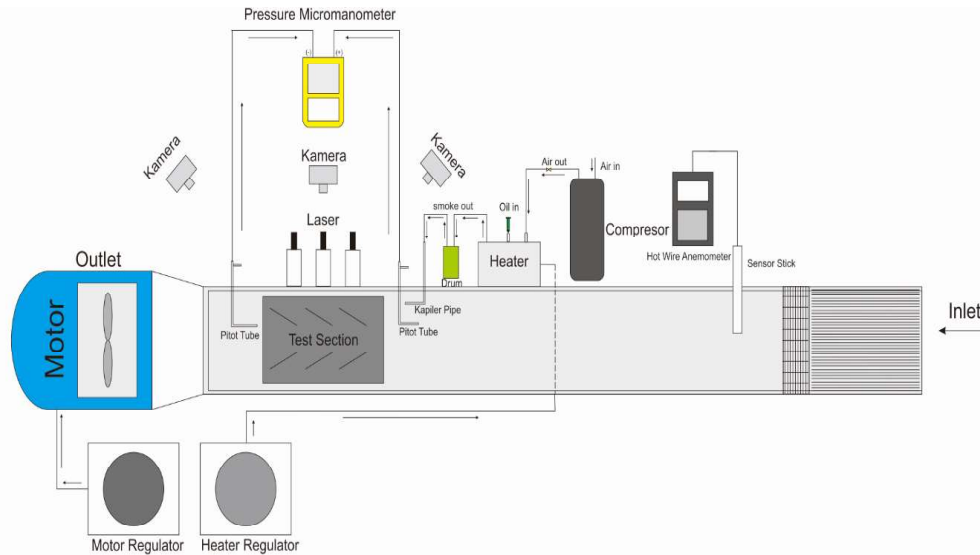
terjadinya longitudinal vortex yang memindahkan masa fluida dekat dinding ke tengah-tengah aliran. Penggunaan vortex generator ini juga dapat meningkatkan perpindahan panas yang efektif pada bilangan Reynold rendah [6]. Wu dkk. melakukan eksperimen peningkatan perpindahan panas pada penukar kalor fin-tube terbaru dengan vortex generator jenis delta winglet yang dipasang melintang di baris pertama tube, dimana tube dipasang secara staggered. Hasil yang didapat membuktikan bahwa koefisien perpindahan panas konveksi meningkat 16,5% dan 28,2 % dibanding tanpa vortex generator (baseline) [7]. Min dkk melakukan penelitian numerik perpindahan panas dan karakteristik hambatan aliran Reynolds pada saluran dengan kombinasi novel dan rectangular winglet vortex generator, bilangan Reynolds pada kisaran 2000-16000. hasil yang didapat membuktikan terjadi peningkatan perpindahan panas dan penurunan tekanan [8]. Amit Garg dan Sunil Dhingra melakukan penelitian secara numerik peningkatan perpindahan panas pada triangular ribbed channel dengan winglet vortex generator untuk aliran udara turbulen melalui fluks panas yang konstan [9]. Penurunan tekanan akibat efek viskos merupakan kerugian tekanan yang disebut dengan pressure loss dimana penurunan tekanan ini digunakan untuk menentukan kebutuhan daya dari fan atau pompa untuk menjaga aliran di dalam saluran [10].

Wang dkk melakukan pengujian secara eksperimental visualisasi aliran dan pressure drop pada vortex generator jenis delta winglet dan annular winglet [5]. Jerry dkk. melakukan penelitian eksperimental visualisasi aliran dengan vortex generator jenis wave dan tanpa vortex generator terhadap penukar kalor fin-and-tube dimana tube pada penukar kalor ini dipasang secara inline [11]. Pesteei dkk meneliti secara eksperimental efek pemasangan winglet vortex generator terhadap peningkatan perpindahan panas dan pressure drop pada penukar kalor jenis fin-and-tube. Pada pengujiannya didapatkan bahwa kenaikan pressure drop sebesar 18% dibandingkan tanpa winglet vortex generator [12]. Wu dan Tao melakukan pengujian secara eksperimental terhadap delta winglet vortex generator yang dibuat dengan melubangi plat pengujian. Pengujian ini dilakukan menggunakan variasi sudut serang 15°, 30°, 45°, dan 60° [13]. A. Joardar dan A.M. Jacobi melakukan penelitian mengenai peningkatan perpindahan panas dan penurunan tekanan dengan menggunakan susunan vortex generator berjenis winglet pada penukar kalor compact fin-and-tube [14]. Ebrahimi dkk melakukan penelitian secara numerik pada microchannels berbentuk rectangular yang dilengkapi dengan longitudinal vortex generator (LVGs) [15]. Syaiful dkk. meneliti secara numerik dan eksperimental karakteristik termal pada saluran dengan pemasangan vortex generator berjenis delta winglet (DWP VGs) dan concave delta winglet (CDWP VGs) [16].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh vortex generator terhadap peningkatan pressure drop dan mengamati pola aliran longitudinal vortex dengan berbagai variasi jumlah pasang dan sudut serang vortex generator jenis delta winglet dan concave delta winglet di dalam saluran. Vortex generator dipasangkan secara simetris dengan variasi 1 pasang, 2 pasang, dan 3 pasang dan dengan sudut serang 15°.

### 1.1 Metode Penelitian

Pengujian ini dilakukan di dalam sebuah saluran udara yang terbuat dari kaca dengan ketebalan 10 mm. Saluran udara ini memiliki panjang 370 cm, lebar 8 cm, dan tinggi 18 cm. Saluran udara ini memiliki penampang berbentuk persegi panjang yang dilengkapi dengan fan, hot wire anemometer, pitot tube, micromanometer, pemanas, kompresor, laser, pipa kapiler, motor regulator. Daerah pada pengujian dibagi atas empat bagian, yaitu: inlet, straightener, test section, dan outlet. Bagan pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



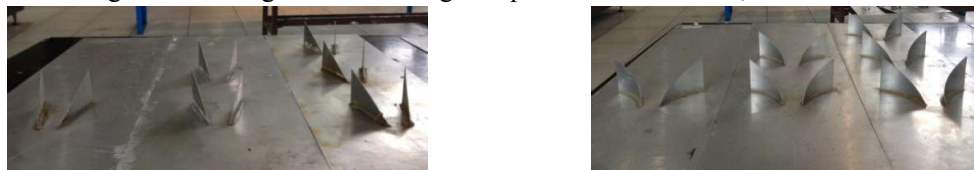
Gambar 1. Skema alat pengujian

Pada pengujian ini, spesimen uji yang digunakan adalah vortex generator berbentuk segitiga siku-siku yang disebut delta winglet pairs (DWP). Kemudian spesimen uji yang digunakan adalah segitiga siku-siku yang melengkung atau disebut concave delta winglet pairs (CDWP), spesimen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

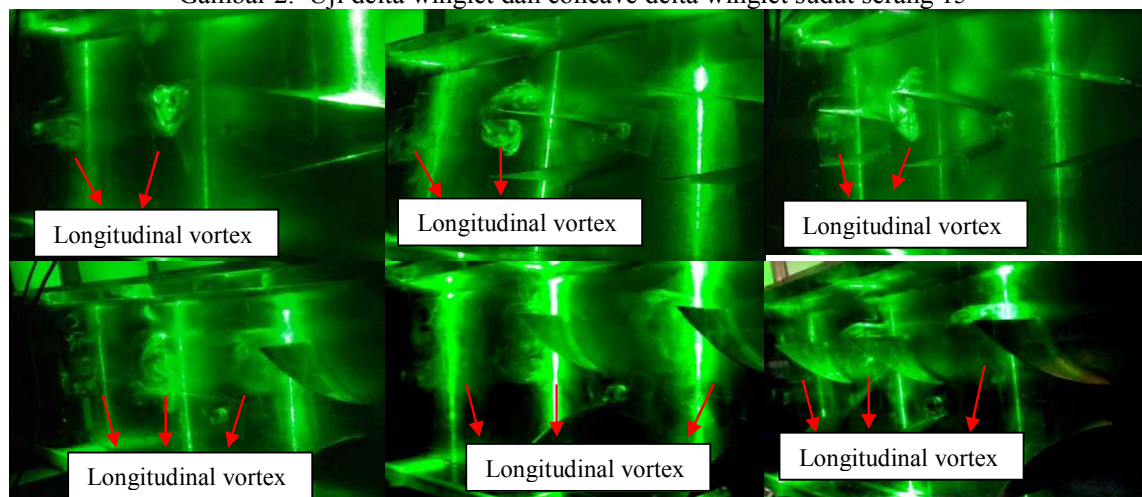
## 2 Hasil dan Pembahasan

Pola aliran udara yang melewati vortex generator jenis CDWP dan DWP yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar ini dapat ditunjukkan bahwa vortex generator menyebabkan munculnya longitudinal vortex pada aliran. Longitudinal vortex mengakibatkan pencampuran yang lebih baik pada aliran fluida di dalam saluran.

Gambar 4 menunjukkan perbedaan pressure drop geometri delta winglet dan concave delta winglet pada sudut serang  $15^\circ$ . Pada kecepatan aliran 1 m/det kenaikan pressure drop pada geometri delta winglet vortex generator dengan sudut serang  $15^\circ$  pada variasi 1 VGs , 2 VGs dan 3 VGs terhadap



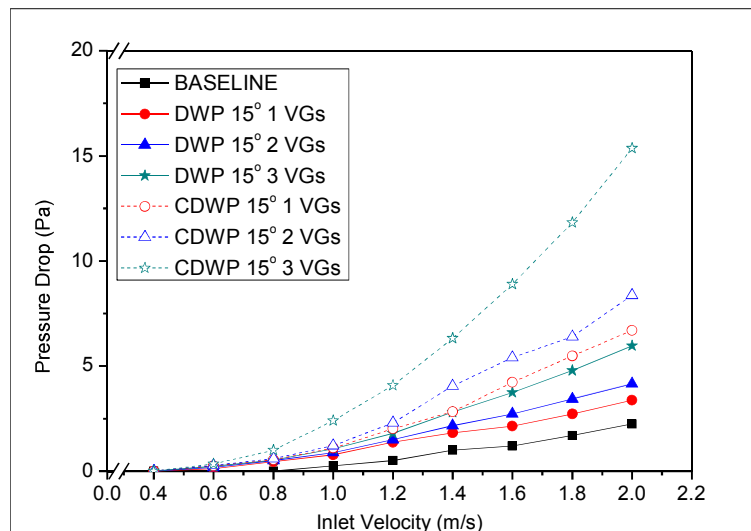
Gambar 2. Uji delta winglet dan concave delta winglet sudut serang  $15^\circ$



Gambar 3. Visualisasi pola aliran fluida pada konfigurasi CDWP dan DWP vortex generator dengan sudut serang  $15^\circ$

baseline berturut-turut 0.54 , 0.64 , dan 0.81 Pa. Sedangkan pada geometri concave delta winglet dengan variasi 1 VGs, 2 VGs dan 3 VGs pada kecepatan 1 m/det kenaikan pressure drop berturut-turut 0.76 , 0.96 dan 2.06 Pa terhadap geometri tanpa vortex generator (baseline).

Pada kecepatan yang lebih tinggi, yaitu 2 m/det perbedaan nilai pressure drop pada variasi pemasangan 1 VGs, 2 VGs, dan 3 VGs terhadap baseline memiliki nilai yang jauh berbeda. Peningkatan pressure drop pada geometri DWP 1 VGs, 2 VGs, dan 3 VGs terhadap baseline berturut-turut 1.13, 1.91 , dan 3.72 Pa. Pada geometri CDWP dengan kecepatan 2,0 m/det besarnya perbedaan pressure drop pada variasi pemasangan 1 VGs, 2 VGs , 3 VGs terhadap baseline mempunyai nilai yang relatif lebih besar dibandingkan geometri DWP. Peningkatan pressure drop pada geometri CDWP 1VGs, 2 VGs, dan 3 VGs terhadap baseline berturut-turut 4.46, 6.12 , dan 13.06 Pa. Hal ini sesuai seperti yang ditunjukkan oleh Wang dkk., Pesteei dkk. dan Joardar dan Jacobi [5,13,15].



Gambar 4. Nilai pressure drop vortex generator jenis delta winglet dan concave delta winglet pada sudut serang 15° dengan variasi jumlah baris VGs

### 3 Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan vortex generator dengan jenis delta winglet dan concave delta winglet dengan berbagai variasi 1 , 2 dan 3 baris dengan sudut serang 15° mampu menghasilkan longitudinal vortex pada aliran di dalam saluran.

Semakin banyak jumlah barisan dan sudut serang vortex generator, longitudinal vortex yang dihasilkan mempunyai luasan vortex yang lebih luas, merata dan mempunyai intensitas vortex yang lebih banyak. Hal tersebut dapat dilihat pada pemasangan vortex generator dengan sudut serang 15°, longitudinal vortex terlihat dengan pemasangan 1 baris, dan semakin besar luasan vortexnya dengan bertambahnya jumlah barisan.

Peningkatan pressure drop yang dihasilkan pada kecepatan tertinggi 2 m/det pada geometri DWP 1 VGs , 2VGs , dan 3 VGs dengan sudut serang 15° terhadap baseline berturut-turut sebesar 1.13, 1.91 , dan 3.72 Pa. Pada geometri CDWP 1 VGs , 2VGs , dan 3 VGs dengan sudut serang 15° peningkatan nilai pressure drop terhadap baseline berturut-turut sebesar 4.46, 6.12 , dan 13.06 Pa.

### DaftarPustaka

- [1]. Cengel, Yunus A., 2002, "Heat Transfer: A Practical Approach", Edisi 2, McGraw-Hill Companies, New York
- [2]. Hirravennavar, Biswas G, Tulapurkara E.G, 2007, "A note on the flow and heat transfer enhancement in a channel with built-in winglet pair", International Journal of Heat and Fluid Flow 2, 299–305
- [3]. Yoo Seong-Yeon, Park Dong-Seong, Chung Min-Ho, 2002, "Heat transfer Enhancement for Fin-Tube Heat exchanger Using Vortex generator", KSME International Journal, VoL 16, No.1, pp. 109-115

- [4]. M. Fiebig, Embedded Vortices in Internal Flow, 1995, "*Heat Transfer and Pressure Loss Enhancement*", Int. J. Heat Fluid Flow, Vol. 16, 376-388.
- [5]. Wang, Chi-Chuan. Lo, Jerry. Lin, Yur-Tsai. Liu, Chung-Szu Wei, 2002, "*Flow visualization of annular and delta winlet vortex generators in fin-and-tube heat exchanger application*", International Journal of Heat and Mass Transfer 45, 3803-3815
- [6]. J.S. Leu, Y.H. Wu, J.Y. Jang, 2004, "*Heat transfer and fluid flow analysis in plate-fin and tube heat exchangers with a pair of block shape vortex generators*", Int. J. Heat Mass Transfer 47, 4327–4338.
- [7]. Wu J.M. , Zhang H. , Yan C.H. , Wang Y., 2012, "*Experimental study on the performance of a novel fin-tube air heat exchanger with punched longitudinal vortex generator*", Energy Conversion and Management 57, 42–48
- [8]. Min Chunhua ,Qi Chengying, Wang Enyu, Tian Liting, Qin Yaju, 2012, "*Numerical investigation of turbulent flow and heat transfer in a channelwith novel longitudinal vortex generators*", International Journal of Heat and Mass Transfer 55, 7268–7277
- [9]. Garg Amit, Dhingra Sunil, 2014, "*Numerical Simulation for Heat Transfer Enhancement in a Triangular Ribbed Channel with Winglet Vortex Generators*", International Journal of Engineering Research and General Science Volume 2, Issue 4
- [10]. Munson R. Bruce, Young F. Donald and Okiishi H. Theodore., 2011, "*Introduction to Fluid Mechanics*"
- [11]. Wang, Chi-Chuan. Lo, Jerry. Lin, Yur-Tsai. Liu, Chung-Szu Wei, 2002, "*Flow visualization of wave-type vortex generators having inline fin-tube arrangement*", International Journal of Heat and Mass Transfer 45, 1933–1944
- [12]. P.M.V. Subbaro, R.S. Agarwal, S.M. Pesteei, 2005, "*Experimental Study of The Effect of Winglet Location on Heat Transfer Enhancement and Pressure Drop in Fin-Tube Heat Exchangers*", Applied Thermal Engineering, Vol. 25, 1684-1696
- [13]. J.M Wu, W.Q. Tao, 2008, "*Numerical study on laminar convection heat transfer in a channel with longitudinal vortex generator. Part B: Parametric study of major influence factors*", International Journal of Heat and Mass Transfer 51, 3683–3692
- [14]. A. Joardar, A.M. Jacobi, 2008, "*Heat Transfer Enhancement by Winglet-Type Vortex Generator Arrays in Compact Plain-Fin-and-Tube Heat Exchangers*", Int. J. Refrigeration, Vol. 31, 87-97
- [15]. Ebrahimi Amin, Roohi Ehsan , Kheradmand Saeid, 2013, "*Numerical study of liquid flow and heat transfer in rectangular microchannel with longitudinal vortex generators*", International Journal of Heat and Mass Transfer 67, 432–444
- [16]. Syaiful, Rochman Jalil, Imam Hambali, Myung-Whan Bae, 2015, "*Effects of Concave Delta Winglet Vortex Generator on Thermal Performance of Airflow inside a Channel by Numerical Simulation*", ISMAI, Vol. 10, 15-22.