

RANCANG BANGUN VISUALISASI ALIRAN AIR DI DALAM PIPA TUBULAR DENGAN *VORTEX GENERATOR* UNTUK MENINGKATKAN SIFAT TURBULENSI FLUIDA

¹M. T. A. Fadli, ²G. Marausna, ³F. Jayadi, ⁴G. D. A. Larasati, ⁵V. A. Victoria, ⁶A. R. Ramadhan, ⁷Imama

^{1,2,3,4,5,6,7}*Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta*

Abstrak

Fluida merupakan suatu zat yang dapat bergerak serta mengalami perubahan bentuk secara terus menerus yang diakibatkan oleh tekanan dan tegangan geser. Pada sistem heat exchanger peran fluida sangatlah penting, hal ini berkaitan dengan kemampuan fluida dalam menyalurkan kalor pada sistem heat exchanger. Untuk menambah durasi interaksi kalor dengan sistem maka perlu ditambahkan vortex generator. Dengan adanya vortex generator maka akan memperlambat interaksi aliran dan mengubah aliran laminar menjadi turbulensi. Untuk mengetahui performa pembentukan aliran turbulensi dari masing-masing vortex generator, maka perlu dibuat suatu media visualisasi. Media visualisasi yang dibuat pada penelitian ini yaitu menggunakan water tunnel berbentuk pipa konsentrik. Pada penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya perbedaan dengan teori Reynolds Number, dimana meskipun secara perhitungan aliran masih tergolong laminar namun dalam visualisasi yang dilakukan aliran yang terbentuk adalah turbulensi. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kecepatan aliran tinta dan air, sehingga pada penelitian ini dilakukan kondisi yang ideal untuk tujuan visualisasi. Berdasarkan hasil pengujian maka hasil visualisasi terbaik pada variasi 1 yaitu spesimen twist 5/10, pada variasi 2 spesimen recoil 5/10, dan pada variasi 3 spesimen twist 5/10.

Kata kunci: fluida, heat, exchanger, water, tunnel, turbulence

Abstract

Fluid is a substance that can move and undergo continuous changes in shape caused by pressure and shear stress. In the heat exchanger system the role of the fluid is very important, this is related to the ability of the fluid to transfer heat to the heat exchanger system. To increase the duration of heat interaction with the system, it is necessary to add a vortex generator. With the vortex generator, it will slow down the flow interaction and change the laminar flow into turbulence. To determine the performance of the formation of turbulence flow from each vortex generator, it is necessary to create a visualization media. The visualization media created in this research is using a water tunnel. In the research that has been done, it shows that there is a difference with the Reynolds Number theory, where even though the flow calculation is still classified as laminar, in the visualization, the flow that is formed is turbulent. This is due to the difference in the flow velocity of ink and water, so that in this study the ideal conditions were carried out for visualization purposes. Based on the test results, the best visualization results are in variation 1 namely specimens twist 5/10, variation 2 specimens recoil 5/10, and variation 3 specimens twist 5/10.

Keywords: fluida, heat, exchanger, water, tunnel, turbulence

Pendahuluan

Fluida adalah suatu aliran yang bergerak dan mengalami perubahan bentuk secara terus menerus yang diakibatkan oleh tekanan dan tegangan geser. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, dan gaya ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu (Cengel dan Cimbala, 2014). Pada proses *heat exchanger*, fluida berperan sebagai media dalam perpindahan kalor, dimana faktor temperatur dan media perpindahan kalor turut mempengaruhi performa dari *helical coil* (Vishvakarma et al., 2016).

Aliran di dalam pipa *heat exchanger* memiliki dua jenis yaitu *laminar* dan *turbulence*. Untuk aliran *laminar*, identik dengan aliran yang memiliki *streamline* lurus, apabila dalam *heat exchanger* memiliki aliran yang *laminar* maka pertukaran kalor yang terjadi kurang maksimal. Kemudian untuk aliran

¹Email Address : 180202067@students.sttkd.ac.id

Received 20 Agustus 2021, Available Online 30 Desember 2021

turbulence memiliki *streamline* acak, sehingga ketika didalam *heat exchanger* akan meningkatkan durasi interaksi kalor. Penting untuk mengetahui karakteristik aliran didalam pipa *heat exchanger*, sehingga dapat diketahui pertukaran kalor dapat maksimal atau tidak.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menerapkan ilmu mekanika fluida untuk mengetahui jenis suatu aliran yang melewati pipa tubular dengan penambahan pengganggu aliran dan visualisasinya. Untuk mengetahui visualisasi dari beberapa variasi pengganggu aliran dan tanpa diberi pengganggu aliran digunakan media air dan tinta dimana tinta memiliki viskositas yang tinggi daripada udara, sehingga dapat memberikan visualisasi yang lebih baik. Dalam kualifikasi antara beberapa pengganggu aliran dan tanpa diberi pengganggu aliran dilakukan perhitungan *entrance length region* pada visualisasi saat tidak diberi pengganggu aliran dan menemukan faktor untuk meningkatkan sifat turbulen pada aliran tersebut.

Tinjauan Pustaka

Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang dapat menyesuaikan terhadap bentuk dari media yang ditempatinya. Menurut Abidin dan Wagiani (2013) fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalir, jenis fluida dibagi menjadi dua yaitu zat cair dan zat gas. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) fluida terdeformasi secara berkelanjutan dibawah pengaruh tegangan geser, tidak peduli seberapa kecil. Kemudian hubungan viskositas dengan tegangan geser yaitu semakin tinggi viskositas maka tegangan geser akan semakin lambat.

Jenis aliran

Jenis aliran fluida baik cair maupun gas dibagi menjadi 3 yaitu *laminar*, transisi dan *turbulence*.

Laminar

Aliran *laminar* merupakan aliran yang memiliki *streamline* lurus terhadap arah aliran. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) karakteristik dari aliran *laminar* yaitu memiliki *streamline* yang halus dan memiliki gerakan yang sangat teratur.

Transisi

Aliran transisi merupakan perbatasan antara perubahan dari aliran *laminar* menuju *turbulence*. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) aliran transisi tidak terjadi secara tiba-tiba, aliran transisi terjadi diatas beberapa daerah yang mana terdapat fluktuasi antara *laminar* dan *turbulence* sebelum menjadi *turbulence*.

Turbulence

Aliran *turbulence* merupakan aliran yang bersifat acak dan memiliki aliran yang tidak teratur. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) aliran *turbulence* merupakan aliran yang memiliki karakteristik fluktuasi kecepatan dan gerakan yang sangat tidak teratur.

Reynold number

Reynold number atau bilangan *Reynold* adalah suatu bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mengkarakteristikan jenis aliran. Bilangan *Reynold* adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos. Jenis aliran dapat dikarakteristikan dengan besar atau kecilnya bilangan *Reynold*. Semakin besar bilangan *Reynold*, maka aliran akan semakin turbulen. Sedangkan jika bilangan *Reynold* semakin kecil, aliran akan semakin laminar. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) *Reynolds number* adalah rasio antara gaya inersia dan gaya viskositas. Persamaan *Reynolds number* yang digunakan pada aliran fluida cair didalam pipa yaitu:

$$Re = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya viskos}} = \frac{V_{avg}D}{\nu} = \frac{\rho V_{avg}D}{\mu} \quad (1)$$

Dimana:

$Re \leq 2300$, aliran laminar

$2300 \leq Re \leq 4000$, aliran transisi

$Re \geq 4000$, aliran *turbulence*

Entrance Length Region

Entrance region adalah daerah dimana suatu aliran fluida mengalami penurunan tegangan geser terhadap dinding. Dengan penurunan tegangan geser yang terjadi maka akan meningkatkan kecepatan aliran fluida. Setelah melewati daerah *entrance region* maka aliran fluida akan sepenuhnya berkembang dengan ditandai pada bagian aliran semakin meruncing.

Dalam penentuan panjang dari daerah *entrance region* maka terdapat istilah *entrance length region*. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$L_{h,laminar} \cong 0.05ReD \quad (2)$$

$$L_{h,turbulent} \cong 1.359Re^{1/4} \quad (3)$$

Hukum Pascal

Hukum Pascal merupakan hukum yang menyatakan besar tekanan yang diberikan pada permukaan tertentu dapat diteruskan ke permukaan lain menggunakan media fluida *incompressible* dengan besar tekanan yang sama meskipun area permukaannya berbeda. Menurut Cengel dan Cimbala (2014) hukum Pascal juga dikenal sebagai gaya yang diberikan oleh fluida pada permukaan tertentu. Persamaan dari hukum Pascal yaitu:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4)$$

Vortex generator

Vortex generator merupakan salah satu jenis *turbulent generator* yang dapat mempercepat transisi dari *laminar boundary layer* ke *turbulent boundary layer* dengan menggunakan 2 fitur yang dapat meningkatkan *transfer* yaitu *vortex* berputar dan menggoyahkan (destabilisasi) medan aliran.

Selain itu, Azmi dan Sasongko (2017) menyatakan berdasarkan penelitiannya bahwa *vortex generator* dapat menyebabkan aliran fluida menjadi *turbulent*. Semakin besar bilangan *Reynold Number* pada aliran maka perpindahan kalor yang terjadi juga semakin besar. Maka dari itu, *vortex generator* bisa digunakan sebagai perpindahan peningkatan panas.

Water tunnel

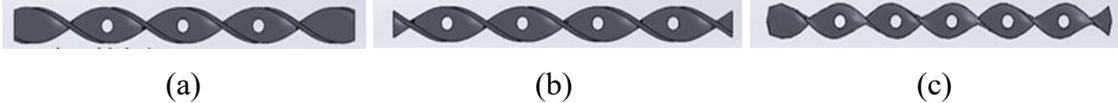
Menurut Warjito *et al.* (2006) *water tunnel* didefinisikan sebagai alat penelitian untuk mempelajari fenomena dinamika fluida dengan media air. Selain itu, menurut Elbing dan Petrin (2018) penggunaan *water tunnel* dapat digunakan untuk mengetahui jenis aliran dan bilangan Reynolds. Dengan demikian maka jenis aliran pada suatu fluida yang mengalir dengan variasi kecepatan tertentu dapat terlihat.

Metode Penelitian

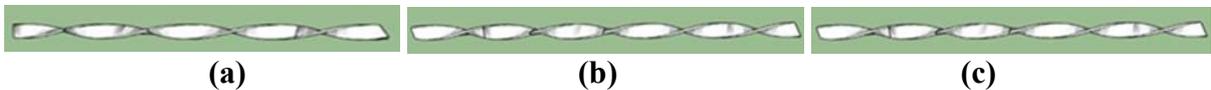
Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode eksperimental. Pada penelitian ini menggunakan *water tunnel* yang dirancang untuk mengetahui visualisasi aliran didalam pipa tubular. Kemudian penambahan *vortex generator* dengan jenis *twist with hole*, *recoil*, dan *twist with recoil* digunakan untuk mengetahui karakteristik aliran yang melewati pada masing-masing *vortex generator*. Adapun geometri *vortex generator* yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Geometri *twist with hole*

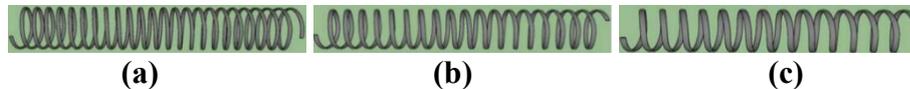
Spesimen	L_{tw} (m)	W_{tw} (m)	T_{tw} (m)	P_{tw} (m)	Dh (m)
Twist 3	0.43	0.0125	0.0007	0.137	0.0005
Twist 4	0.43	0.015	0.0007	0.125	0.0005
Twist 5	0.43	0.0105	0.0007	0.07	0.0005

**Gambar 1. Spesimen *twist with hole* (a) *twist with hole 3* (b) *twist with hole 4* (c) *twist with hole 5*****Tabel 2. Geometri *twist***

Spesimen	L_{tw} (m)	W_{tw} (m)	T_{tw} (m)	P_{tw} (m)
Twist 3	0,435	0,0105	0,0007	0,137
Twist 4	0,435	0,0105	0,0007	0,125
Twist 5	0,435	0,0105	0,0007	0,07

**Gambar 2. Spesimen *twist* (a) *twist 3* (b) *twist 4* (c) *twist 5*****Tabel 3. Geometri *Recoil***

Spesimen	L_{re} (m)	n_{re} (m)	P_{re} (m)	Di_{re} (m)	Do_{re} (m)	T_{re} (m)	P/d
1	0,43	22	0,015	0,0161	0,0177	0,0055	0,85
2	0,412	14	0,025	0,0161	0,0177	0,003	1,31
3	0,442	10,5	0,035	0,0161	0,0177	0,00325	1,69

**Gambar 3. Spesimen *recoil* (a) *recoil 1* (b) *recoil 2* (c) *recoil 3***

Pada penelitian ini dalam proses perangkaian menggunakan skema instalasi guna mempermudah pada saat instalasi rangkaian alat dan komponen, berikut skema instalasi:

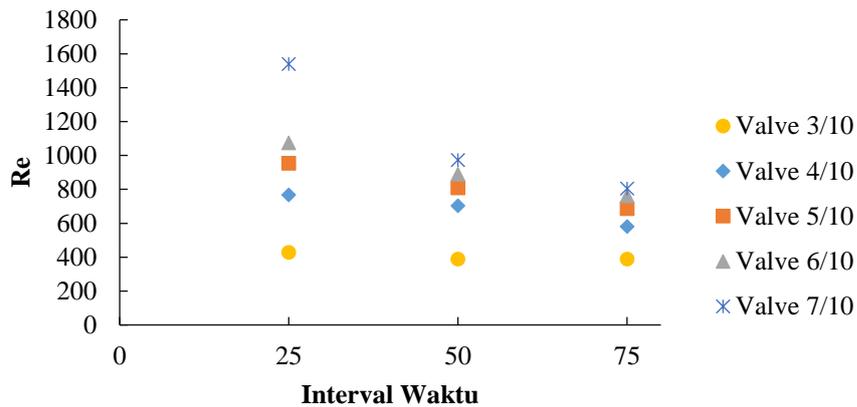
**Gambar 4. Skema instalasi *water tunnel***

Setelah dibuat sesuai dengan perancangan alat maka selanjutnya memasukkan air kedalam penampung air. Untuk visualisasi aliran maka selanjutnya menentukan kecepatan aliran tinta dan mengatur kecepatan air dari *valve* dengan 5 variasi yaitu pembukaan *valve* 3/10, 4/10, 5/10, 6/10, dan 7/10. Dalam hal ini ketika *valve* berada pada kondisi pembukaan 10/10 maka itu merupakan pengaturan aliran maksimal air yang dapat dialirkan oleh *valve*. Selanjutnya mengaplikasikan pembukaan *valve* yang dianggap baik terhadap 9 variasi *vortex generator*.

Hasil dan Pembahasan

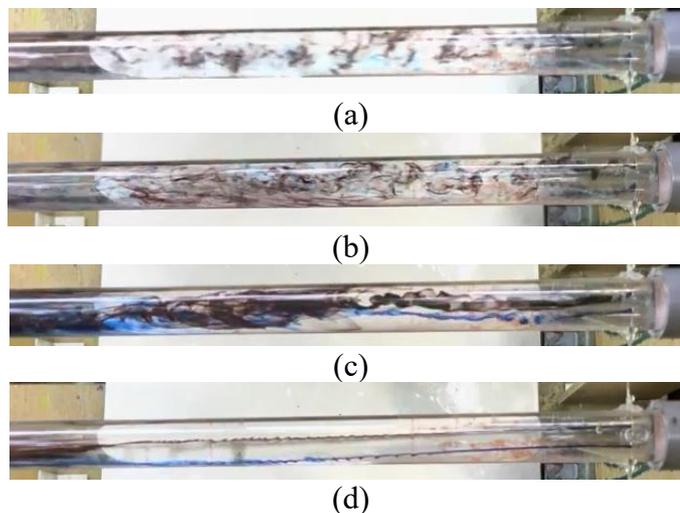
Parameter Setup Alat Eksperimen (Apparatus) Terhadap Terbentuknya Aliran Laminar

Sebelum melakukan pengujian pipa tubular dengan menggunakan *vortex generator* maka pada penelitian ini dilakukan pengujian tanpa *vortex generator*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi yang terbaik untuk mendapatkan visualisasi pada saat *vortex generator* diberikan. Pada Gambar 5 menunjukkan Reynolds Number pada pengujian tanpa menggunakan *vortex generator*, berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa semakin lebar pada pembukaan *valve* akan meningkatkan nilai dari Reynolds Number. Dengan demikian maka semakin cepat aliran dapat memberikan peningkatan pada Reynolds Number, hal ini berkaitan dengan persamaan yang menunjukkan nilai Reynolds Number berbanding lurus dengan kecepatan aliran.



Gambar 5. Grafik Reynolds Number tanpa *vortex generator*

Kemudian berdasarkan visualisasi terlihat bahwa pembukaan *valve* pada 7/10 menunjukkan aliran *turbulence*, hal ini dikarenakan kecepatan pada tinta yang sudah dijaga konstan masih belum bisa mengimbangi kecepatan aliran air. Sehingga visualisasi akan terlihat *turbulence* meskipun pada Reynolds Number masih dikategorikan sebagai aliran yang laminar. Pada kondisi pembukaan *valve* 3/10 menunjukkan aliran tinta yang cenderung jatuh, hal ini dikarenakan aliran tinta yang terlalu cepat sedangkan aliran air yang terlalu lambat. Kemudian jika ditinjau berdasarkan visualisasi maka untuk visualisasi terbaik pada pembukaan *valve* 5/10 dan 4/10, hal ini dikarenakan aliran yang cenderung laminar dan tidak jatuh pada bagian bawah permukaan pipa. Dengan demikian maka kondisi pembukaan *valve* 5/10 dan 4/10 akan digunakan untuk kondisi pipa yang diisi *vortex generator*.



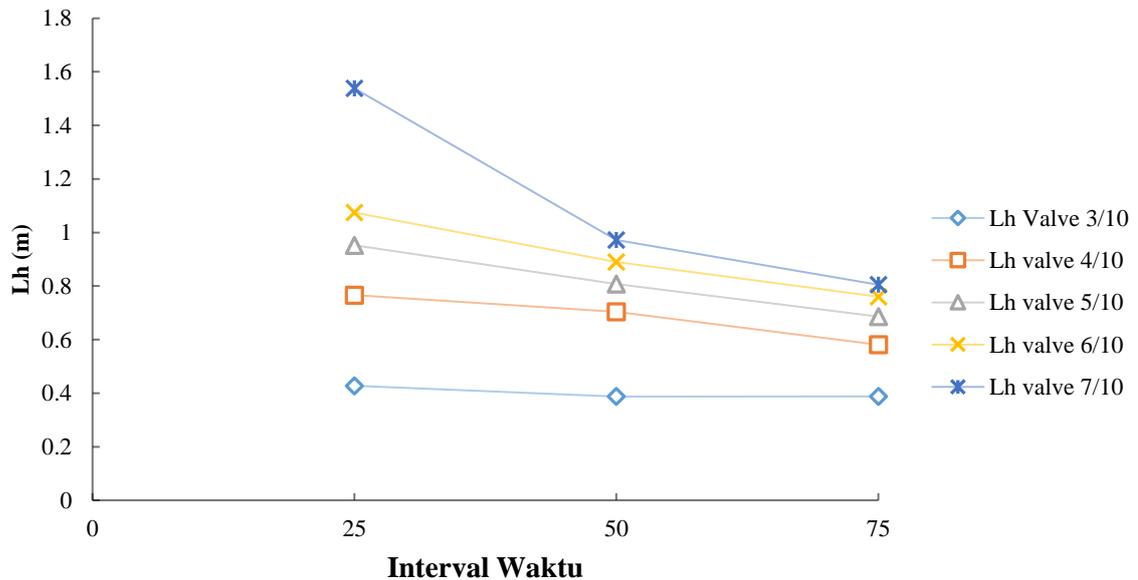


(e)

Gambar 6. Visualisasi aliran (a) valve 7/10, (b) valve 6/10, (c) valve 5/10, (d) valve 4/10, (e) valve 3/10

Pengaruh *Entrance Length Region* Terhadap Visualisasi Aliran

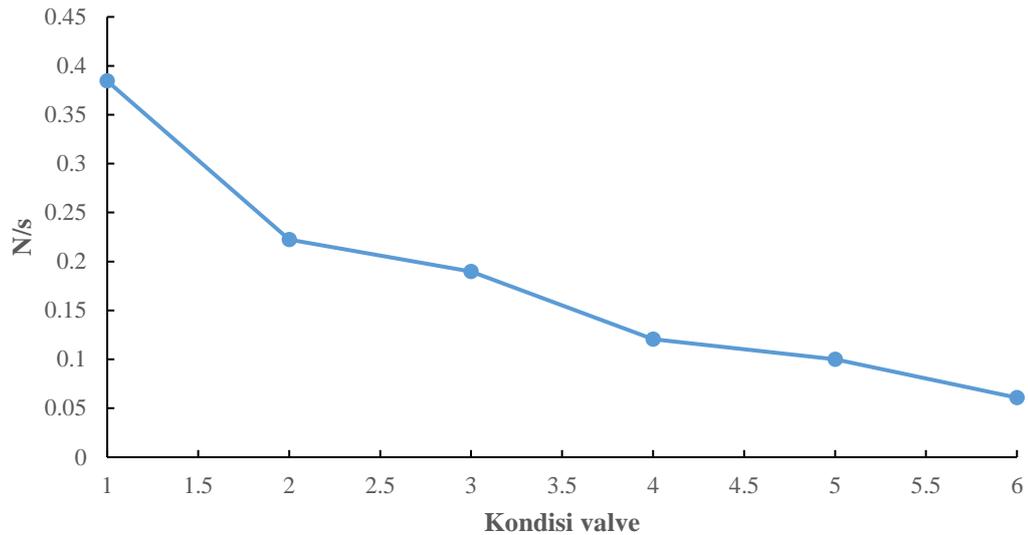
Pengaruh *entrance length region* juga berpengaruh terhadap visualisasi aliran yang berhubungan juga dengan Reynolds Number. Menurut Li *et al.* (2020) perubahan ukuran *entrance length region* akan berubah secara linier terhadap Reynolds Number. Pada Gambar 7 menunjukkan perubahan *entrance length region* akan semakin pendek jika kecepatan semakin turun, hal ini ditunjukkan pada perbedaan antara pembukaan valve 3/10 dan 7/10. Pada grafik terlihat bahwa *entrance length region* lebih panjang pada pembukaan valve yang lebih lebar, dalam hal ini yaitu pembukaan valve 7/10. Dengan pembukaan valve yang semakin lebar tentunya akan meningkatkan aliran kecepatan air dan akan berpengaruh secara linier terhadap Reynolds Number. Sedangkan pada pembukaan valve 3/10 merepresentasikan pembukaan valve yang paling sempit, sehingga akan menurunkan aliran kecepatan dan akan berpengaruh ke Reynolds Number.



Gambar 7. *Entrance length region* pipa tubular

Perubahan Gaya Dorong Terhadap Aliran

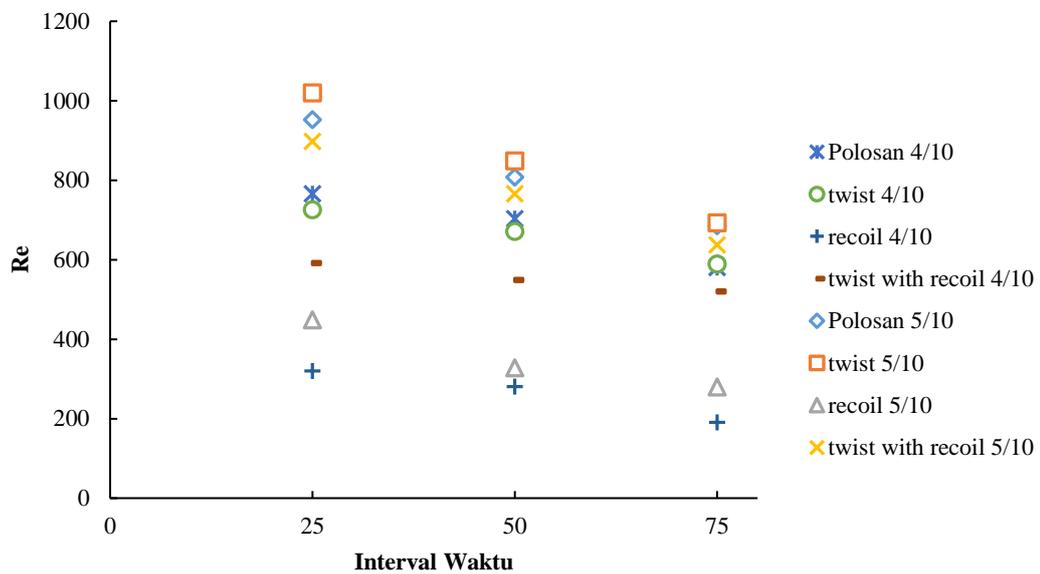
Kemudian pengaruh gaya dorong juga berpengaruh, hal ini diakibatkan oleh prinsip hukum Pascal. Pada penelitian ini menunjukkan gaya dorong akan menurun seiring dengan kondisi valve yang semakin kecil dalam hal pembukaan. Terlihat pada Gambar 8 pada kondisi valve 1 (valve dibuka sepenuhnya) menunjukkan gaya dorong per detik yang lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi valve 6 yang menunjukkan kondisi valve pada pembukaan 3/10. Perhitungan didasarkan pada gaya tekan. Dengan demikian maka gaya dorong per detik akan mempengaruhi kecepatan aliran air, dimana semakin besar gaya dorong yang diberikan akan menyebabkan aliran air yang semakin cepat.



Gambar 8. Gaya dorong air

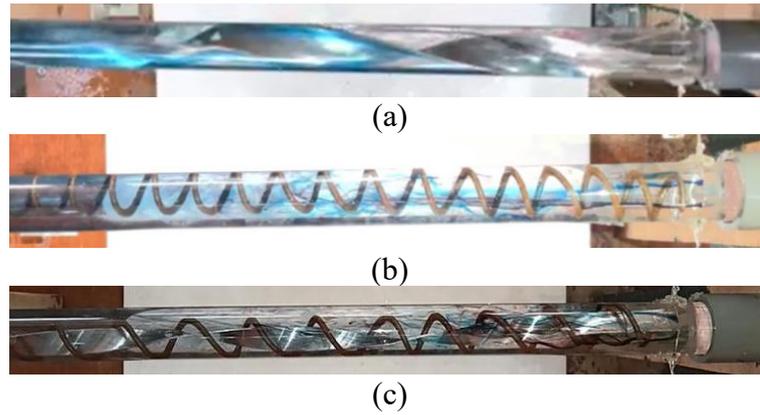
Pengujian Dengan Penambahan *Vortex Generator*

Pada Gambar 9 menunjukkan grafik Reynolds Number variasi 1 pada masing-masing *vortex generator*. Pada Grafik menunjukkan nilai Reynolds Number tertinggi dicapai pada variasi 1 *vortex generator twist* untuk pembukaan *valve* 5/10, sedangkan nilai Reynolds Number terendah pada kondisi polosan 4/10.



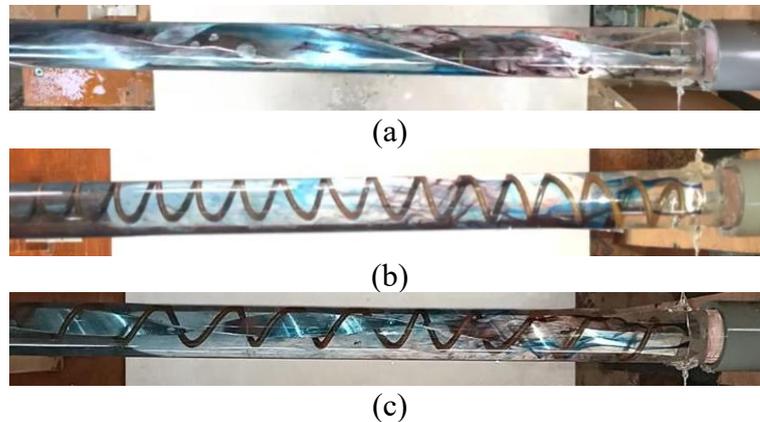
Gambar 9. Reynolds Number variasi 1

Kemudian pada Gambar 10 menunjukkan visualisasi aliran pada pembukaan *valve* 4/10, pada visualisasi yang ada maka aliran *turbulence* terbaik pada variasi *vortex generator twist with recoil*. Terlihat bahwa aliran cenderung *turbulence* pada bagian awal dari penyemprotan tinta oleh jarum.



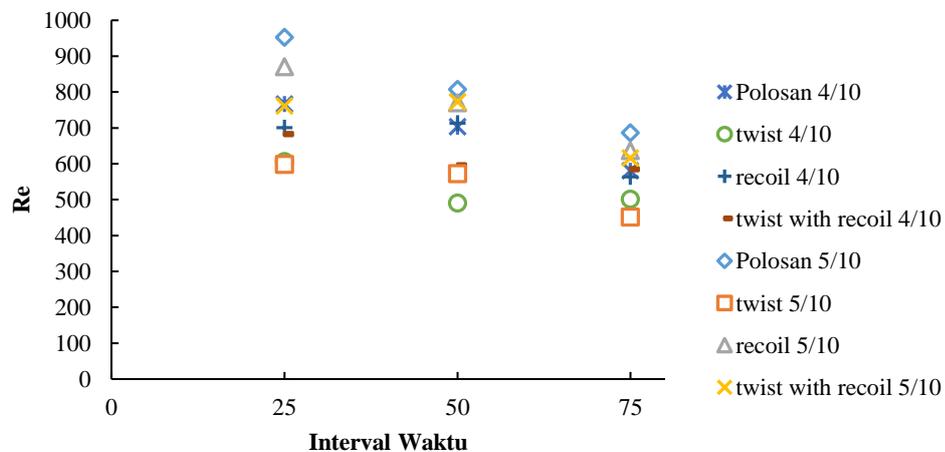
Gambar 10. Visualisasi aliran variasi 1 valve 4/10 (a) twist 3 with hole (b) Recoil 1 (c) twist 3 with hole recoil 2

Pada Gambar 11 merupakan kondisi pembukaan valve 5/10, pada gambar menunjukkan aliran *turbulance* terbaik pada variasi *vortex generator twist with recoil*.



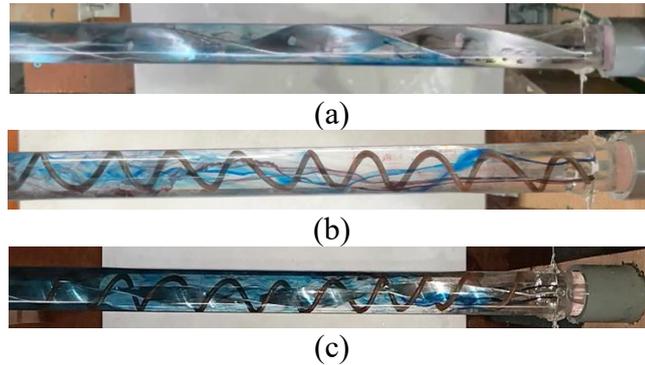
Gambar 11. Visualisasi aliran variasi 1 valve 5/10 (a) twist 3 with hole (b) Recoil 1 (c) twist 3 with recoil 2

Kemudian pada Gambar 12 variasi 2 pada masing-masing *vortex generator* memiliki Reynolds Number yang berbeda-beda. Pada variasi ini nilai tertinggi dari Reynolds Number terdapat pada *recoil 5/10*. Kemudian untuk nilai Reynolds Number terendah pada *vortex generator twist 5/10*.



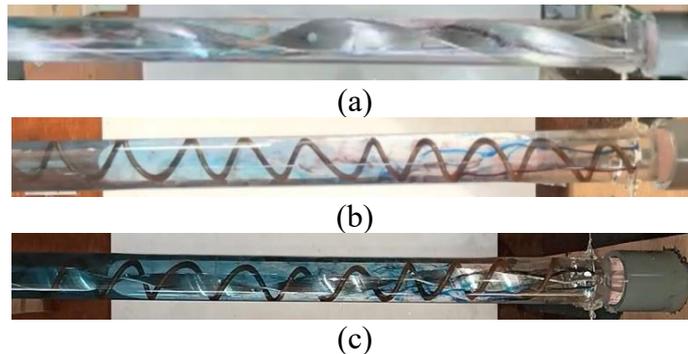
Gambar 12. Reynolds Number variasi 2

Untuk visualisasi *turbulence* terbaik yaitu pada variasi *recoil 2*, hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya aliran *turbulence* yang berkelanjutan dan juga dengan adanya aliran laminar juga pada bagian awal.



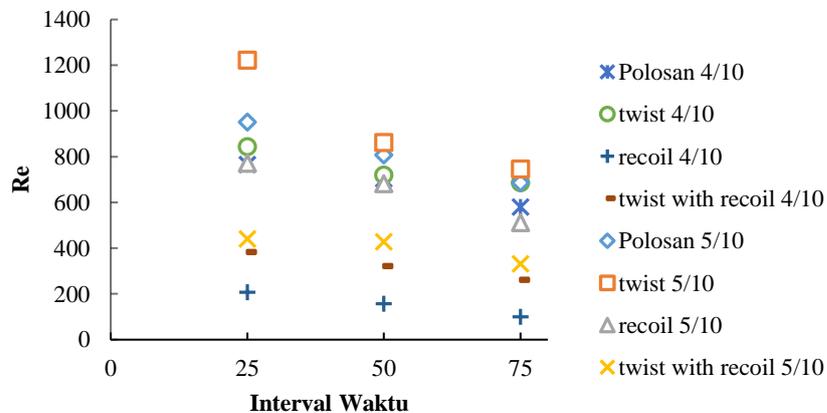
Gambar 13. Visualisasi aliran variasi 2 valve 4/10 (a) twist 4 with hole (b) Recoil 2 (c) twist 4 with recoil 2

Pada Gambar 14 menunjukkan variasi 2 pada pembukaan valve 5/10, pada gambar terlihat bahwa visualisasi terbaik pada *vortex generator* dengan bentuk *twist 4 with recoil 2*. Hal ini dikarenakan adanya perubahan dari aliran laminar menjadi *turbulence*.



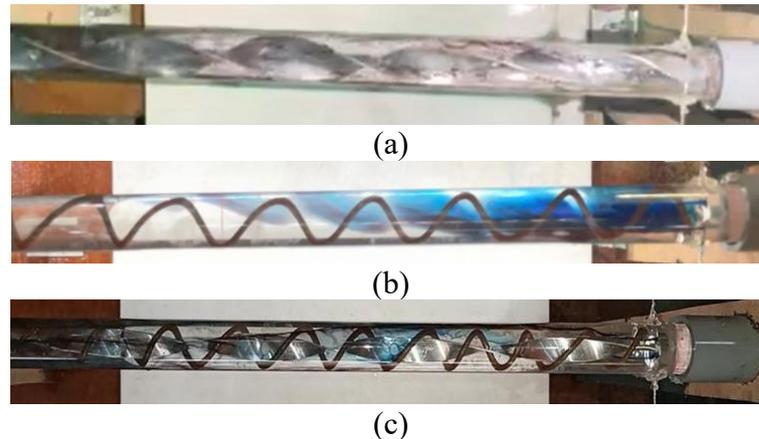
Gambar 14. Visualisasi aliran variasi 2 valve 5/10 (a) twist 4 with hole (b) Recoil 2 (c) twist 4 with recoil 2

Kemudian pada variasi 3 dari masing-masing *vortex generator*, pada grafik menunjukkan nilai tertinggi Reynolds Number pada variasi *twist 5/10*. Kemudian untuk nilai Reynolds Number yang paling rendah yaitu pada variasi *recoil 4/10*.



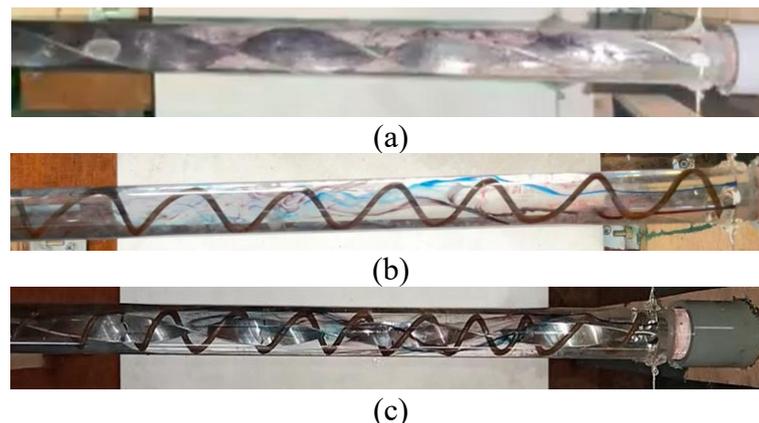
Gambar 15. Reynolds Number variasi 3

Pada Gambar 16 merupakan visualisasi untuk pembukaan valve 4/10 pada variasi 3. Untuk visualisasi terbaik terdapat pada variasi *twist 5 with recoil 2* dengan visualisasi laminar dan *turbulance*.



Gambar 16. Visualisasi aliran variasi 3 valve 4/10 (a) *twist 5 with hole* (b) *Recoil 3* (c) *twist 5 with recoil 2*

Pada Gambar 17 merupakan visualisasi pada pembukaan *valve 5/10*, pada gambar terlihat visualisasi terbaik pada variasi *recoil 3*. Hal ini dikarenakan munculnya aliran yang laminar kemudian berubah menjadi *turbulance* pada bagian akhir.



Gambar 17. Visualisasi aliran variasi 3 valve 5/10 (a) *twist 5 with hole* (b) *Recoil 3* (c) *twist 5 with recoil 2*

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu untuk kondisi laju aliran tinta yang dijaga konstan sebelum dilakukan penambahan *vortex generator*, maka visualisasi terbaik dengan ditandai dengan aliran yang cenderung laminar yaitu pada pembukaan *valve 4/10* dan *5/10*. Selanjutnya nilai rata-rata Reynolds Number pada kondisi pembukaan *valve 4/10* yaitu 683 dan pada pembukaan *valve 5/10* 815. Kemudian terdapat pengaruh bilangan Reynolds Number terhadap *entrance length region*, dimana semakin tinggi nilai Reynolds Number akan meningkatkan panjang *entrance length region*. Pengaruh gaya dorong yang diakibatkan oleh air juga berpengaruh terhadap laju aliran, dimana semakin sedikit pembukaan *valve* yang dibuka maka akan menyebabkan gaya dorongnya semakin kecil. Selanjutnya terkait performa *vortex generator* maka untuk nilai Reynolds Number tertinggi pada variasi 1 terdapat pada spesimen *twist 5/10*, pada variasi 2 spesimen *recoil 5/10*, dan pada variasi 3 spesimen *twist 5/10*. Pada penelitian ini di Reynolds Number rendah yang seharusnya visualisasi alirannya laminar, namun visualisasinya menunjukkan aliran yang *turbulance*. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan dua kecepatan fluida, dimana pada pipa tubular yang telah dibuat terdapat fluida tinta dengan air.

Sehingga untuk menyesuaikan dengan kecepatan aliran air harus mengatur juga kecepatan aliran tinta.

Daftar Pustaka

- Abidin, K., & Wagiani, S. (2013). Studi Analisis Perbandingan Kecepatanaliran Air Melalui Pipa Venturi Dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Dinamika*, 04(1), 62–78.
- Azmi, U., & Sasongko, H. (2017). Studi Eksperimen dan Numerik Pengaruh Penambahan Vortex Generator pada Airfoil NASA LS-0417. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1).
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamental and Applications* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Elbing, B. R., & Petrin, C. E. (2018). Design and Validation of a Recirculating , High-Reynolds Number Water Tunnel. *Journal of Fluids Engineering*, 140, 1–6.
- Li, H., Li, Y., Huang, B., & Xu, T. (2020). Flow characteristics of the entrance region with roughness effect within rectangular microchannels. *Micromachines*, 11(1).
- Vishvakarma, S., Kumbhare, S., & Thakur, K. K. (2016). A Review On Heat Transfer Through Helical Coil Heat exchanger. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 5(8), 607–612.
- Warjito, Wahyudi, I., Luhur, T., & Astika, Y. (2006). Water Tunnel Rancang Bangun, Karakterisasi dan Visualisasi Aliran. *Jurnal SNTTM*, 5, 21–23.