

ANALISIS GAYA FLUIDA PADA SILINDER DENGAN *HELICAL RODS* BER-GAP AKIBAT VARIASI RASIO *GAP*

Arief Syarifuddin*, Rudi W. Prastianto, dan Silvanita
*Program Studi Teknik Perancangan Bangunan Laut, Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Kelautan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

ABSTRACT

Vortex Induced Vibration (VIV) is one cause of damage due to fatigue on a cylindrical structure of offshore structure that are in the field of fluid flow (for example: riser, pipelines, mooring lines, etc.). VIV can lead to increase the fluid forces acting on the cylinder and furtherly causing fatigue. Its impact encouraged the researchers to discuss about passive control device. This paper specifically discusses one method to reduce fluid forces by installing the new type of passive control device on the cylinder which in this paper is called helical rods with gap. CFD simulation is a method used to obtain the fluid forces acting on the cylinder by using some variation of the gap ratio (g/D) that is 0.031, 0.092, 0.154, 0.215, and 0.277 at Reynolds number (Re) = 10^3 . The configuration with gap ratio $g/D = 0.154$ is the best configuration that can reduce the fluid forces. By installing the helical rods with gap, the simulation shown a reduction of drag and lift coefficient respectively for 11,34% and 88.32%.

Keywords : Vortex shedding, helical rods with gap, gap ratio, fluid forces

PENDAHULUAN

Setiap struktur silindris yang berada di dalam medan fluida baik itu gas maupun cair akan mengalami *Vortex Induced Vibration* (VIV), dengan demikian dapat diketahui bahwa VIV tidak hanya terjadi pada struktur silindris bangunan lepas pantai, seperti *riser*, *pipeline*, dan *mooring line*. VIV juga bisa terjadi pada komponen silindris yang terdapat pada jembatan, tiang, dan juga kabel listrik yang dilewati angin,

Secara umum, menurut Yamamoto dkk. (2004), fluida yang bergerak mengenai struktur silindris akan berakibat pada timbulnya uleanan di sisi belakang silinder. Penambahan kecepatan fluida berdampak kepada perubahan sifat simetris fluida saat pertama kali mengenai silinder menjadi tidak simetris dan jika terus menerus terjadi akan menyebabkan terjadinya

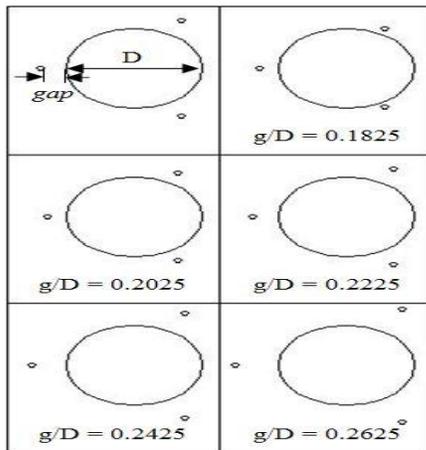
getaran. Gaya yang ditimbulkan akibat adanya getaran tersebut akan mengakibatkan kerusakan jika frekuensinya sama atau mendekati frekuensi natural struktur atau biasa disebut resonansi atau lock-in. Resonansi tersebut akan menyebabkan getaran dan kelelahan sehingga struktur akan patah.

Bahaya yang ditimbulkan oleh VIV mendorong banyak peneliti untuk menciptakan alat peredam *vortex*. Seperti yang telah dijelaskan oleh Jones dan Lamb pada tahun 2003 bahwasanya alat peredam *vortex* terbagi dalam tiga kategori berikut: *topographic devices*, *shrouds*, dan *wake stabilizers* (Lubbad dkk., 2007). Salah satu alat peredam *vortex* yang cukup efektif dalam meredam efek yang ditimbulkan VIV adalah *helical rods* ber-gap. Efektifitas pemasangan *helical rods* ber-gap dalam mereduksi gaya fluida (gaya *drag* dan *lift*) yang bekerja pada silinder terbukti dengan penelitian yang telah ada. Penelitian yang dilakukan oleh Sugiwanto, dkk. (2013), Beu (2013), Prastianto, dkk. (2014), dan Arianti (2014) menunjukkan bahwa dengan adanya pemasangan *helical rods*, baik itu pada silinder *rigid* maupun *long flexible riser*, cukup efektif

*Alamat korespondensi :

Kampus ITS Sukolilo, Gedung WA Jurusan Teknik Kelautan Lt.2, Surabaya 60111
e-mail: ariefsyarifuddin05@gmail.com

dalam meredam gaya fluida dengan efektifitas berkisar antara 45 - 60%.



Gambar 1. Variasi rasio *gap*

Efektifitas *helical rods* ber-*gap* dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya adalah diameter silinder, diameter *rods*, *gap* antara *rods* dan silinder, dan sudut antara *rods* satu dan lainnya. Secara khusus pada jurnal ini akan membahas perihal pengaruh variasi rasio *gap* (g/D) terhadap kinerja *triple start helical rods* ber-*gap* dalam mereduksi gaya fluida (gaya *drag* dan *lift*) yang dialami oleh silinder *rigid* pada $Re = 10^3$. Gambar 1 menunjukkan variasi rasio g/D yang digunakan pada jurnal ini. Pengaruh dari variasi rasio g/D terhadap pengurangan gaya fluida pada silinder dengan *helical rods* ber-*gap* akan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak berbasis *Computational Fluids Dynamic* (CFD).

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Tabel 1. Data Silinder dan Fluida

Deskripsi	Jumlah	Satuan
Panjang Silinder	9.75	m
Diameter Silinder	0.325	m
Diameter <i>Rods</i>	0.02	m
Panjang <i>Pitch</i>	30D	
Densitas Air	997	kg/m ³
Suhu	25	°C
Viskositas Dinamis	8.899×10^{-4}	kg/m.s
Reynolds Number	10^3	

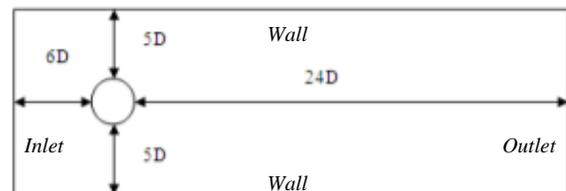
(Sugiwanto dkk., 2013)

Pada Tabel 1 disajikan data yang digunakan pada jurnal ini. Data panjang silinder, diameter silinder, diameter *rods* dan panjang *pitch* diperoleh dari Sugiwanto, dkk. (2013). Sedangkan variasi yang digunakan pada jurnal ini tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi yang digunakan

Deskripsi	Jumlah
<i>Gap</i> (g)	0.01, 0.03, 0.05, 0.07, dan 0.09
Rasio g/D	0.031, 0.092, 0.154, 0.215, dan 0.277

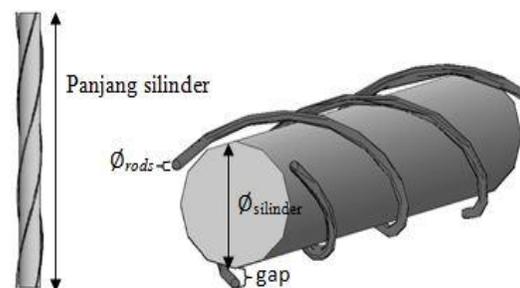
Penentuan domain fluida yang digunakan pada simulasi dalam jurnal ini didasarkan kepada Beu (2013). Domain fluida tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Tinggi dari domain fluida disesuaikan dengan tinggi silinder.



Gambar 2. Domain fluida yang digunakan oleh model simulasi CFD

Pemodelan

Sebelum melakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak CFD, terlebih dahulu dibuat model *bare cylinder* dan silinder dengan *helical rods* ber-*gap* pada CAD-3D. Model CAD-3D untuk silinder dengan *helical rods* ber-*gap* dapat dilihat pada Gambar 3. Model tersebut akan dijadikan sebagai acuan model untuk simulasi CFD.



Gambar 3. Pemodelan CAD 3-D untuk silinder dengan *helical rods* ber-*gap*

Parameter Penting Simulasi CFD

Beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan dalam melakukan simulasi CFD terkait dengan penyelesaian pada jurnal ini adalah sebagai berikut:

- Penentuan Kecepatan Partikel

Kecepatan partikel merupakan salah satu *input* yang dibutuhkan pada simulasi CFD ketika mendefinisikan domain *inlet* atau *outlet* (lihat Gambar 2). Kecepatan partikel pada simulasi CFD dapat diperoleh dari persamaan *Re* berikut (Munson dkk., 2002):

$$Re = \frac{UD}{\nu} \tag{1}$$

dengan,

- Re = Reynolds number
- U = kecepatan partikel (m/s)
- D = diameter struktur (m)
- ν = viskositas kinematis fluida (m²/s)

Re merupakan parameter *non dimensional* yang sangat dikenal dalam ilmu mekanika fluida sebagai suatu patokan untuk membedakan aliran laminar dan turbulen.

- Penentuan Model Turbulen

SST (*Shear Stress Transport*) merupakan model turbulen yang digunakan dalam simulasi CFD pada jurnal ini. SST (Menter, 1993) adalah dua model persamaan *eddy-viscosity* yang sangat populer. Formulasi SST menggabungkan dua model terbaik di dunia yaitu *k- ω* dan *k- ϵ* . Keuntungan model turbulensi SST adalah dapat digunakan sebagai model turbulensi *low-Re* dan mampu menghindari masalah umum dari model *k- ω* yaitu terlalu sensitif terhadap turbulensi *free stream inlet*.

- Pengelolaan Hasil Simulasi CFD

Hasil simulasi CFD pada jurnal ini adalah gaya fluida. Komponen gaya fluida yang terbentuk terbagi menjadi arah *cross flow* dan *in line*. Komponen gaya *cross flow* biasa dinamakan gaya *lift*, sedangkan arah *in line* disebut gaya *drag*. Skema untuk gaya *drag* dan *lift* dapat dilihat pada Gambar 4. Berikut ini adalah persamaan untuk gaya *drag* dan *lift* (Cengel dan Cimbala, 2010):

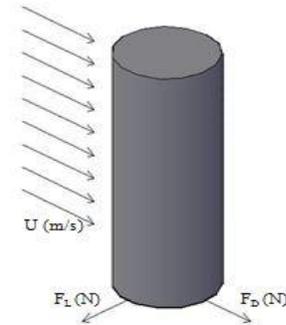
$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho AV^2 \tag{2}$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho AV^2 \tag{3}$$

dengan,

- F_L = gaya *lift* (N)

- F_D = gaya *drag* (N)
- C_L = koefisien *lift*
- C_D = koefisien *drag*
- ρ = berat jenis fluida (kg/m³)
- A = luas frontal struktur (m²)
- V = kecepatan fluida (m/s)

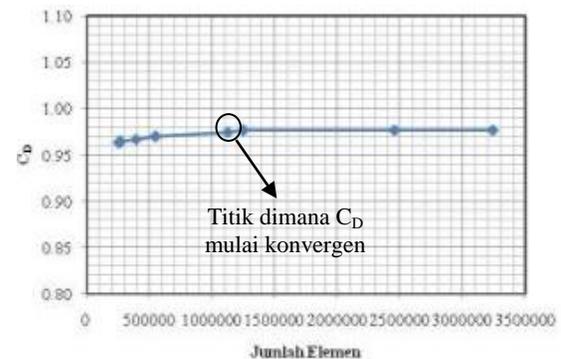


Gambar 4. Gaya *drag* dan gaya *lift* pada silinder

Dengan konversi persamaan 2 dan 3 akan dapat diperoleh koefisien *drag* dan *lift* (C_D dan C_L).

Sensitivitas Meshing

Langkah berikutnya setelah diperoleh model CAD-3D untuk *bare cylinder* dan silinder dengan *helical rods* ber-*gap* adalah melakukan sensitivitas *meshing*. *Meshing* adalah proses diskritisasi elemen pada simulasi CFD untuk mendapatkan model yang mendekati kondisi nyata. Dalam simulasi CFD bentuk *meshing* perlu dianalisis sensitivitasnya atau biasa dikenal dengan sensitivitas *meshing*. Sensitivitas *meshing* adalah tahapan dalam simulasi CFD yang diperoleh dengan cara melakukan beberapa kali simulasi *meshing*, sehingga diperoleh suatu parameter yang bernilai konvergen. Dalam jurnal ini parameter yang diharapkan bernilai konvergen adalah koefisien *drag* (C_D).



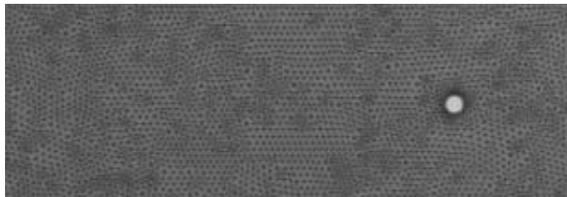
Gambar 5. Grafik hasil analisis sensitivitas *meshing*

Representasi dari hasil yang diperoleh untuk sensitivitas *meshing* dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa C_D mulai bernilai konvergen pada simulasi 5. Hal tersebut diperkuat dengan hasil simulasi CFD yang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil C_D untuk sensitivitas *meshing*

Simulasi	Jumlah Elemen	F_D (N)	C_D
1	252779	0.0129916	0.9632537
2	272642	0.013008	0.9644696
3	392329	0.0130407	0.9668941
4	549887	0.0130762	0.9695263
5	1128101	0.0131481	0.9748572
6	1254136	0.0131689	0.9763995
7	2454758	0.0131795	0.9771854
8	3239169	0.0131779	0.9770667

Konfigurasi *meshing* untuk simulasi 5 direpresentasikan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk *meshing* untuk sensitivitas *meshing* pada simulasi 5

Sedangkan untuk ukuran *meshing* yang digunakan tersaji pada Tabel 4. Ukuran *meshing* yang terdapat pada Tabel 4 akan digunakan untuk semua simulasi CFD pada jurnal ini.

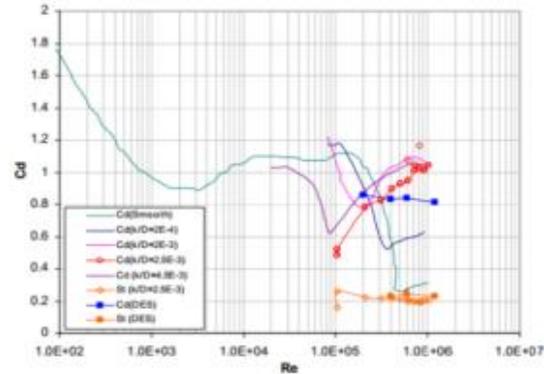
Tabel 4. Ukuran *meshing* yang digunakan

Keterangan	Ukuran	Satuan
<i>Minimum size</i>	0.011125	m
<i>Maximum face size</i>	0.1	m
<i>Max size</i>	0.8225	m
<i>Number of layers</i>	5	
<i>Growth rate</i>	1.2	
<i>Maximum thickness</i>	0.005	m
Bentuk <i>meshing</i>	Tetrahedron	
Jumlah elemen	1.128.101	

Validasi Model

Validasi model merupakan tahapan penting untuk mengetahui bahwa model yang digunakan

telah valid. Pada jurnal ini validasi model yang digunakan adalah C_D yang dihasilkan oleh *bare cylinder* hasil simulasi CFD dibandingkan dengan C_D yang dihasilkan oleh *bare cylinder* Constantinides, dkk. (2006) seperti yang tersaji pada Gambar 7.



Gambar 7. Prediksi C_D untuk *fixed bare cylinder* oleh CFD dan perbandingan dengan nilai data eksperimen (Constantinides dkk., 2006)

Hasil C_D simulasi CFD pada *bare cylinder* untuk $Re = 10^3$ adalah sebesar 0.975, sedangkan hasil C_D yang diperoleh dari Constantinides dkk. (2006) untuk Re yang sama adalah 0.968. Selisih antara hasil simulasi CFD dan Constantinides dkk. (2006) adalah 0.66%. Dengan selisih yang sangat kecil, maka model yang digunakan dapat dinyatakan telah valid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari simulasi CFD adalah berupa gaya fluida. Selanjutnya, gaya fluida yang diperoleh dari simulasi CFD akan dikonversi menjadi koefisien gaya fluida (koefisien *drag* dan *lift*) dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Koefisien gaya fluida pada silinder dengan *helical rods* ber-*gap* akibat adanya variasi rasio *gap* (g/D) akan dibandingkan dengan koefisien gaya fluida yang dihasilkan oleh *bare cylinder*. Untuk Koefisien gaya *drag* (C_D) yang diperoleh keduanya tersaji pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat diketahui untuk rasio $g/D = 0.031$, C_D yang dihasilkan ketika silinder terpasang *helical rods* ber-*gap* mengalami penambahan jika dibandingkan dengan C_D *bare cylinder*. Sedangkan untuk variasi rasio g/D lainnya, C_D mengalami penurunan dan penurunan

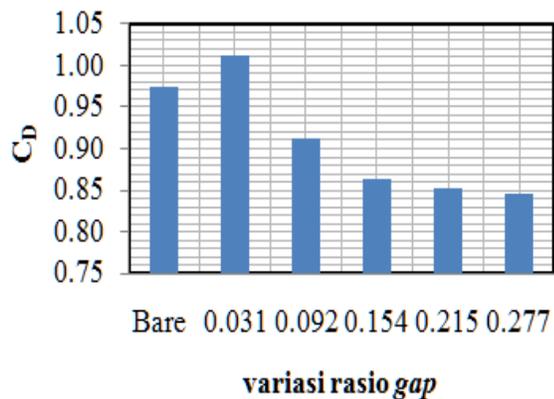
terbesar terjadi pada rasio $g/D = 0.277$ yaitu sebesar 13.27%.

Tabel 5. Hasil koefisien *drag* pada variasi rasio *gap*

Gap	Rasio g/D	C _D		
		Bare	Helix	%
0.01	0.031		1.01173	-3.78
0.03	0.092		0.91310	6.33
0.05	0.154	0.97486	0.86431	11.34
0.07	0.215		0.85184	12.62
0.09	0.277		0.84546	13.27

Keterangan: (+) C_D mengalami pengurangan
 (-) C_D mengalami penambahan

Gambar 8 merupakan representasi dari Tabel 5. Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa untuk rasio $g/D = 0.277$ menghasilkan koefisien *drag* yang paling kecil jika dibandingkan dengan rasio g/D lainnya. Dengan demikian, rasio $g/D = 0.277$ adalah konfigurasi rasio g/D yang paling efektif dalam mengurangi C_D.



Gambar 8. Hasil koefisien *drag* pada variasi rasio *gap*

Untuk menentukan rasio g/D yang paling efektif dalam mereduksi gaya fluida tidak cukup ditinjau hanya dari segi pengurangan C_D, namun perlu juga ditinjau dari segi pengurangan koefisien *lift* (C_L). Hasil yang diperoleh untuk pengurangan C_L tersaji pada Tabel 6.

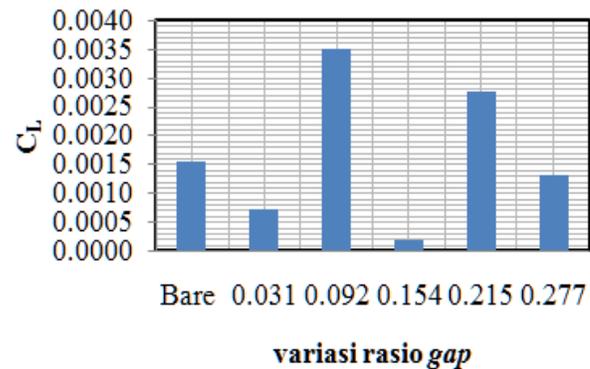
Tabel 6 menunjukkan C_L yang dihasilkan oleh *bare cylinder* dan silinder dengan *helical rods* ber-*gap*. Hasil simulasi yang ditunjukkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa C_L mengalami pengurangan pada rasio $g/D = 0.031, 0.154,$ dan 0.277 . Pengurangan C_L terbesar terjadi pada

silinder dengan *helical rods* ber-*gap* untuk rasio $g/D = 0.154$ yaitu sebesar 88.32%.

Tabel 6. Hasil koefisien *lift* pada variasi rasio *gap*

Gap	Rasio g/D	C _L		
		Bare	Helix	%
0.01	0.031		0.00072	53.27
0.03	0.092		0.00349	-
0.05	0.154	0.00153	0.00018	88.32
0.07	0.215		0.00274	-79.18
0.09	0.277		0.00129	15.65

Keterangan: (+) C_L mengalami pengurangan
 (-) C_L mengalami penambahan



Gambar 9. Hasil koefisien *lift* pada variasi rasio *gap*

Gambar 9 merupakan representasi dari hasil simulasi CFD yang diperoleh pada Tabel 6. Dari Gambar 10 dapat diketahui secara lebih jelas bahwa nilai C_L paling kecil terjadi pada rasio $g/D = 0.154$. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Tabel 5 dan 6, maka dapat diketahui bahwasanya rasio $g/D = 0.154$ merupakan konfigurasi pemasangan *rods* yang paling efektif dalam mereduksi gaya *drag* dan *lift*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa Rasio $g/D = 0.154$ (*gap* = 0.05 m) merupakan konfigurasi pemasangan *helical rods* ber-*gap* terbaik dalam mereduksi gaya fluida pada silinder dengan diameter 0.325 m, *rods* berdiameter 0.02 m, dan panjang *pitch* 30D. Konfigurasi ini mampu mereduksi C_D sebesar 11.34% dan C_L sebesar 88.32%.

Saran

Untuk membuktikan efektifitas dari pemasangan *helical rods* ber-gap tidak cukup hanya dengan menggunakan satu kondisi Reynolds number (Re) saja. Perlu dilakukan variasi Re untuk mengetahui bahwasanya *helical rods* ber-gap dapat mereduksi gaya fluida baik dalam medan aliran berkecepatan tinggi atau rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada beasiswa Fresh Graduate DIKTI yang telah membiayai perkuliahan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, E., 2014, *Studi Eksperimental dan Numerik Pengaruh Penambahan Helical Rod Ber-Gap terhadap Gaya Fluida pada Silinder Rigid Tertumpu Fleksibel*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Beu, M. M. Z., 2013, *Studi Numerik Pengaruh Bentuk Passive Control Device berupa Rods Bergap Berpola Helix terhadap Vortex Induced Vibration (VIV) pada Long Flexible Riser*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Cengel, Y. A. dan Cimbala, J. M., 2010, *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*, The McGraw Hill, New York.
- Constantinides, Y., Oakley O. H. Jr., 2006, Numerical Prediction of Bare and Straked Cylinder VIV, *Proceedings of OMAE 2006, 92334, Hamburg, Germany, 4-9 June*.
- Lubbad, R. K., Loset, S., Gudmestad, O. T., Torum, A. dan Moe, G., 2007, Vortex Induced Vibrations of Slender Marine Risers – Effects of Round-Sectioned Helical Strakes, *Proceedings of the Sixteenth International Offshore and Polar Engineering Conference*.
- Menter, F. R., 1993, Zonal Two Equation $k-\omega$ Turbulence Models for Aerodynamic Flows, *AIAA Paper 93-2906*.
- Munson, B.R., Young, D.F., dan Okiishi, T.H., 2002, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, ISBN 0-471-44250-X.
- Prastianto, R. W., Musthofa, A. Z. A., Arianti, E., Handayanu, Murdjito, Suntoyo, and Fariduzzaman. (2014). Triple Helical Rods with Gap as A Passive Control Device for Reducing Fluid Forces on A Cylinder, *The 9th International Conference on Marine Technology*.
- Sugiwanto, A., Prastianto, R. W., Murdjito dan Djatmiko, E. B., 2013, A Numerical Study on Cylinders with Passive Control Device of Helical Rods with Gap for Reducing Vortex-induced Vibration, *The Second International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment*.
- Yamamoto, C. T., Meneghini, J. R. dan Saltara, F., 2004, Numerical Simulations of Vortex-Induced Vibration on Flexible Cylinders, *Journal of Fluids and Structures 19: 467- 489*.