

# Kajian Teknis Fenomena Getaran Vorteks pada Variasi Jumlah Oscillating Part Pembangkit Listrik Tenaga Arus Air Laut

Bayu Dwi Atmoko, Indra Ranu Kusuma, dan Agoes Achmad Masroeri  
 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
 E-mail: kusuma@its.ac.id

**Abstrak**—Penelitian ini mengkaji secara teknis fenomena getaran vorteks yang ada di laut dengan menggunakan computational fluid dynamic dan perhitungan manual untuk mengetahui karakteristik fluida saat melalui oscillating part pada pembangkit listrik bertenaga arus air laut, terdapat empat model oscillating part dengan jumlah yang berbeda dan variasi kecepatan awal yang berbeda. Parameter lingkungan pada simulasi disesuaikan dengan karakteristik perairan yang menjadi acuan, yakni perairan Karimata. Hasil simulasi model berupa gaya lift dan kecepatan eksitasi yang selanjutnya dihitung dengan persamaan matematis menghasilkan nilai respon dinamis total (amplitudo) yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik amplitudo pada setiap model dan dari setiap model dipilih model dengan nilai amplitudo paling mendekati 0.5 m. Grafik tersebut diperoleh berdasarkan nilai amplitudo dari 1 hingga 120 detik. Selanjutnya model yang masuk kualifikasi direkomendasikan sebagai oscillating part yang sesuai untuk pembangkit listrik tenaga arus air laut. Dalam hal ini adalah model I yang berjumlah 2 silinder dengan nilai amplitudo maksimum kisaran 0.09 – 0.1 m dan jarak antar silinder sebesar 0.5 m. Selain itu, dalam jurnal ini dijelaskan mengenai fenomena getaran vorteks yang terjadi pada setiap variasi jumlah oscillating part. Sesuai dengan variasi konfigurasi dan kecepatan pada saat percobaan melalui permodelan maka diperoleh berbagai macam karakteristik fenomena getaran vorteks beserta anomalia yang terjadi pada aliran fluida setiap model.

**Kata Kunci**— Konfigurasi Oscillating Part, Getaran Vorteks, Jumlah silinder, Technical study vortex vibration.

## I. PENDAHULUAN

**T**AHUN 2012 adalah Tahun Internasional Energi Terbarukan (*International Year of Sustainable Energy for All*), demikian ditetapkan oleh PBB (Perserikatan Bangsa-bangsa) dalam Sidang Umumnya. Secara resmi, PBB meluncurkan Program Energi Terbarukan pada 16 Januari 2012 silam di ajang *World Future Energy Summit* di Abu Dhabi, Uni Emirat Arab. Target penetapan tahun 2012 sebagai Tahun Internasional Energi Terbarukan adalah pada 2030, semua orang di dunia sudah menggunakan energi dari sumber-sumber terbarukan. Tujuan dari penetapan tahun 2012 sebagai Tahun Internasional Energi Terbarukan adalah guna meningkatkan kepedulian masyarakat dunia pada isu kemiskinan energi dan menunjukkan bahwa akses ke energi bersih, aman dan terjangkau bisa meningkatkan kualitas hidup

masyarakat [1]. Jika PBB saja mempunyai komitmen yang tinggi pada energi terbarukan dengan menetapkan tahun 2012 sebagai *International Year of Sustainable Energy for All* (Tahun Internasional Energi Terbarukan) maka Indonesia harus ikut serta dalam merealisasikan program tersebut. Wilayah Indonesia sebagian besar merupakan wilayah perairan. Hal tersebut merupakan potensi besar untuk memanfaatkan wilayah laut Indonesia khususnya energi arus laut untuk dirubah menjadi energi listrik.

*Vortex Induced Vibration* merupakan fenomena yang akan dikaji pada setiap silinder yang digunakan pada converter energi arus laut ini. Getaran vorteks pada umumnya hanya memberikan kerugian pada sebagian industri yang memiliki pipa bawah laut. *Freespan* pada pipa miring bawah laut menjadikannya rawan terhadap terjadinya *fatigue* akibat *Vortex Induced Vibration* (VIV). Kerugian tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pembangkit listrik yakni sebagai sumber penggerak oscillating part pada pembangkit listrik tenaga arus air laut. Sehingga dari energi yang terbuang atau merugikan tersebut selanjutnya dapat dijadikan energi yang menguntungkan dan menjadi sumber energi tak terbatas untuk pembangkit listrik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Perhitungan Dalam Kondisi Steady

Respon dinamis yang akan dihitung tergantung pada seberapa besar getaran yang dihasilkan oleh struktur. Pada dasarnya getaran yang dihasilkan dari struktur ada 2 macam yaitu getaran alami dan getaran paksa. Persamaan yang digunakan adalah [2] :

$$u=uc + up \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan  
 u = respon total  
 uc = respon alami  
 up = respon paksa

Dalam hal ini Hukum Newton I dan II digunakan untuk menurunkan persamaan gerak dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\Sigma Fy = 0 \text{ dan } \Sigma Fy = m \cdot \ddot{u} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :  
 $\Sigma Fy$  = resultan gaya (N)  
 m = massa (kg)

$\ddot{u}$  = percepatan ( $m/s^2$ )

Penurunan dari persamaan diatas akan didapat persamaan gerak umum sebagai berikut

$$m \cdot \ddot{u} + c \cdot \dot{u} + k \cdot u = P(t) \dots\dots\dots(2.3)$$

Sistem pada struktur ini dianggap memiliki massa dalam satu kesatuan yang terpusat dan gerakan yang digunakan adalah *one degree of freedom*. Sedangkan untuk menghitung respon dinamis silionder digunakan persamaan *harmonic steady state respon* , yakni :

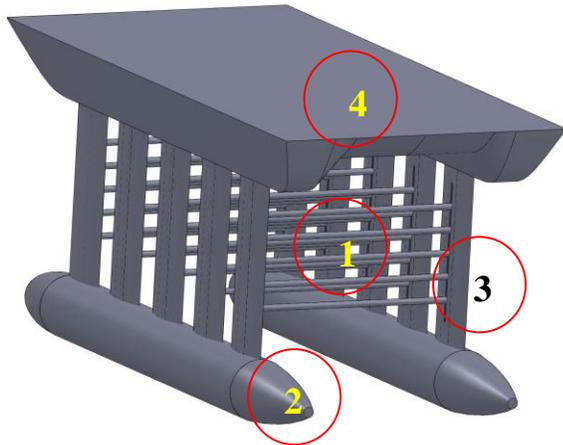
$$U = U \cos (\Omega t - \alpha) + e^{\zeta \omega_n t} (A1 \cos \omega_d t + A2 \sin \omega_d t) \dots\dots(2.4)$$

Dengan :

- u = total respon (m)
- U = steady state response (m)
- $\Omega$  = frekuensi eksitasi (rad/s)
- t = waktu (s)
- $\alpha$  = sudut fase (rad)
- $\omega_d$  = frekuensi angular teredam (rad/s)
- A1 = konstanta riil
- $\omega_n$  = frekuensi angular tak teredam (rad/s)
- A2 = konstanta riil

**B. Portable Induce Vibration**

*Portable Induced Vibration* atau lebih dikenal dengan VIVACE (*Vortex Induced Vibrations for Aquatic Clean Energy*) merupakan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yaitu energi arus air laut. Model *Portable induced Vibration* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain *Portable Induce Vibration*

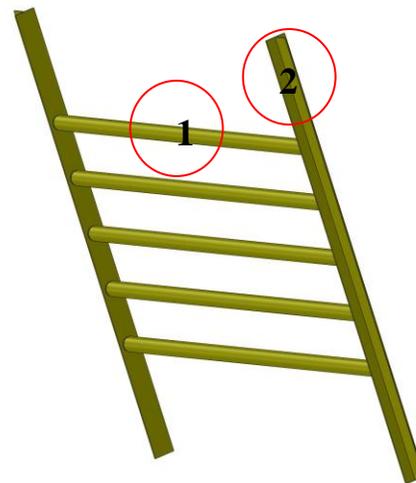
Pada gambar 1 *Portable Induce Vibration* memiliki beberapa komponen pada sistemnya, antara lain :

1. Oscillating part , pada protoype ini oscillating part ada lima buah sedangkan jumlah silinder pada masing – masing oscillating part terdapat lebih dari stu silinder dan akan dikaji pada jurnal ini untuk mendapat kombinasi jumlah silinder yang mampu menghasilkan osilasi terbaik.
2. Part base, merupakan komponen sistem apung pada *Portable Induced Vibration* .
3. Part stick (penegar), merupakan penyangga bermacam komponen pada *Portable Induced Vibration* antara

lain silinder oscillator , part deck , part rotor dan stator. Untuk lebih detailnya komponen pada part stick dapat dilihat pada gambar 2 dengan posisi rotor, stator dan silinder yang diangkat ke atas.

4. Part deck, merupakan bagian permukaan dari Prototype ini yang berfungsi sebagai letak generator .

Dari sekian banyak komponen tersebut hanya satu komponen saja yang akan dikaji pada penelitian ini yakni oscillating part pada *Portable Induced Vibration* yang lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2 .



Gambar 2 Ocillating part pada *Portable Induce Vibration*

Pada gambar 2 ditunjukkan bahwa komponen oscillating part terdiri dari silinder (no.1) dan penegar (no.2). Secara garis besar komponen yang diamati pada penelitian ini adalah silinder tersebut.

Fenomena getaran vorteks dikaji dengan memfokuskan penelitian pada kombinasi jumlah silinder yang akan di pakai, hal ini dilakukan karena komponen osilasi merupakan komponen terpenting yang memproduksi energi mekanik yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator .

**III. METODOLOGI**

**A. Identifikasi Parameter**

Tahap melakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan *oscillating part*, meliputi dimensi, karakteristik perairan, kecepatan aliran/ arus dan spesifikasi sistem yang digunakan untuk melakukan penelitian ini. Selain itu batasan masalah dalam penelitian ini lebih diperjelas pada tahap ini.

Parameter oscillating part bersumber dari jurnal yang sekaligus digunakan untuk proses validasi pada VIVACE Converter dengan Model Test at Haigh Damping and Reynolds Number Aroundd  $10^5$  [3].

Parameter oscillating part (silinder) antara lain :

- a. Panjang = 4 m
- b. Diameter = 0,1 m
- c. Damping ratio = 0.268
- d. Jarak antar silinder = 0.2 - 0,5 m
- e. Massa jenis silinder = 2710  $kg/m^3$

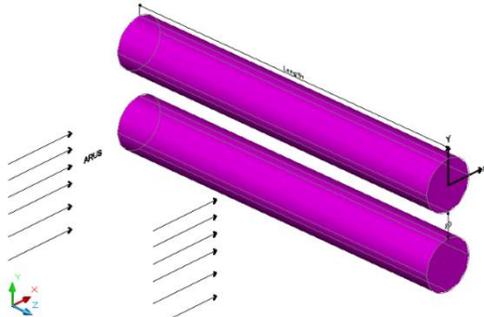
Parameter lingkungan :

- a. Viskositas kinematis =  $1,01 \times 10^{-6} m/s^2$

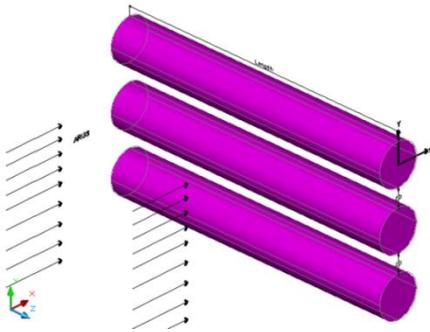
- b. Suhu fluida = 20 °C
- c. Kecepatan arus = 0,5 ; 0,75 ; 1 m/s
- d. Massa jenis fluida = 1025 kg/m<sup>3</sup>
- e. Reynold number = 4.95 – 9.9 x 10<sup>4</sup>

**B. Konfigurasi Model**

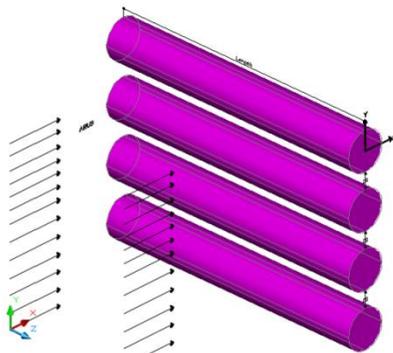
Konfigurasi Oscillating part menggunakan susunan sejajar vertikal karena tidak ada pengaruh signifikan pada variasi posisi susunan [4]. Susunan oscillating part terdiri dari 2 , 3, 4 dan 5 susunan silinder. Masing – masing silinder memiliki dimensi yang sama. Sedangkan parameter oscillating part dan lingkungan dianggap sama pada setiap susunannya.



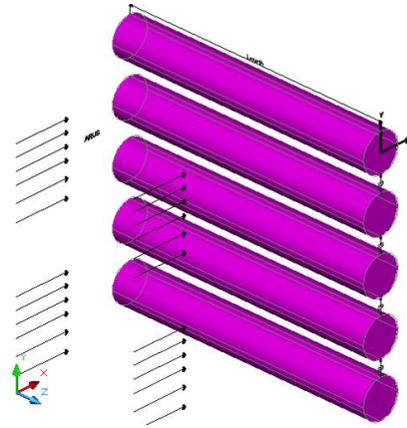
Gambar 3. Konfigurasi sejajar vertikal dua silinder



Gambar 4. Konfigurasi sejajar vertikal tiga silinder



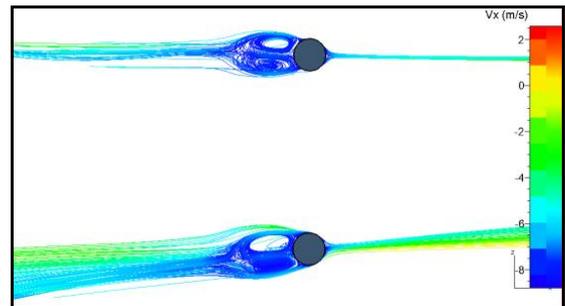
Gambar 5. Konfigurasi sejajar vertikal empat silinder



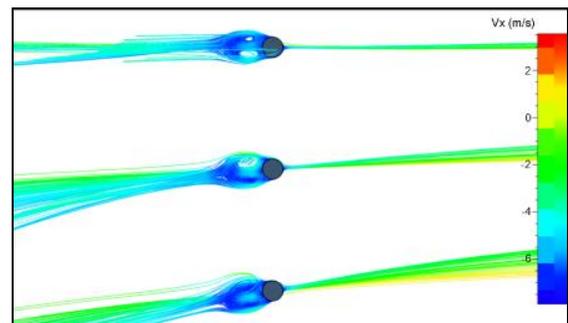
Gambar 6. Konfigurasi sejajar vertikal lima silinder

**IV. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN**

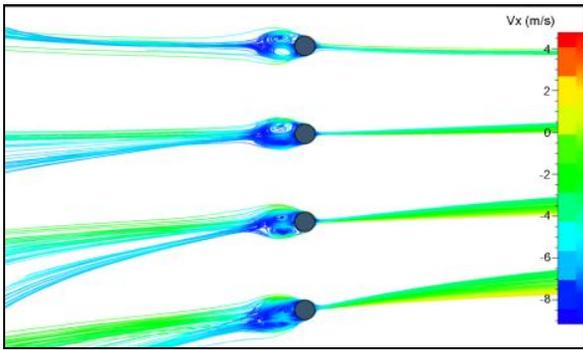
Proses permodelan menghasilkan data gaya lift dan kecepatan eksitasi pada setiap model. Hasil running pada setiap model oleh Numeca FINE™/Hexa Solver direpresentasikan Numeca CFView™ sehingga menghasilkan sebuah gambar visual yang menandakan adanya aliran fluida pada oscillating part. Salah satu hasil representatif model dengan variasi kecepatan 0.5 m/s dapat dilihat pada gambar 7, 8,9 dan 10 . Gambar dilengkapi parameter kecepatan aliran fluida pada oscillating part. Data – data berupa gaya lift dan kecepatan eksitasi selanjutnya dihitung secara manual dengan persamaan matematis sehingga diperoleh nilai respon total dinamis benda (amplitudo). Nilai tersebut ditransformasikan menjadi grafik amplitudo kisaran 1 sampai 120 detik seperti pada gambar 11,12,13 dan 14 yang merupakan grafik amplitudo model dengan kecepatan awal 0.5 m/s.



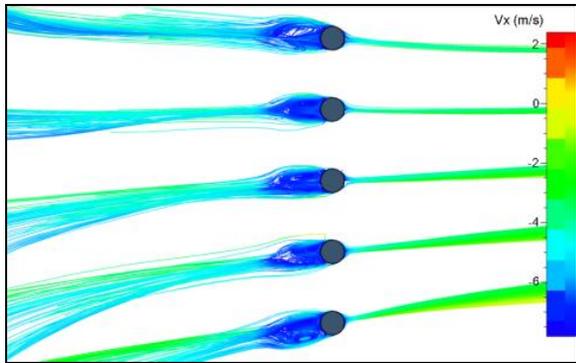
Gambar 7. Hasil representatif model I , V= 0.5 m/s oleh CFView™



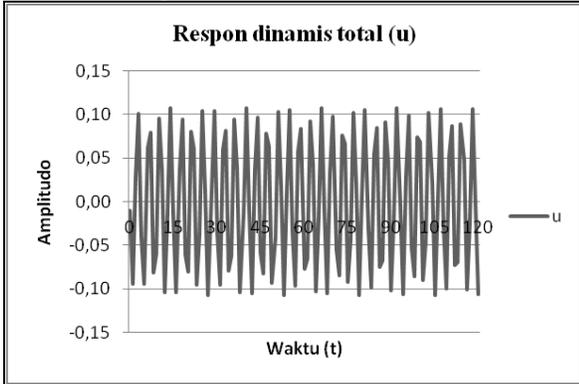
Gambar 8. Hasil representatif model II , V= 0.5 m/s oleh CFView™



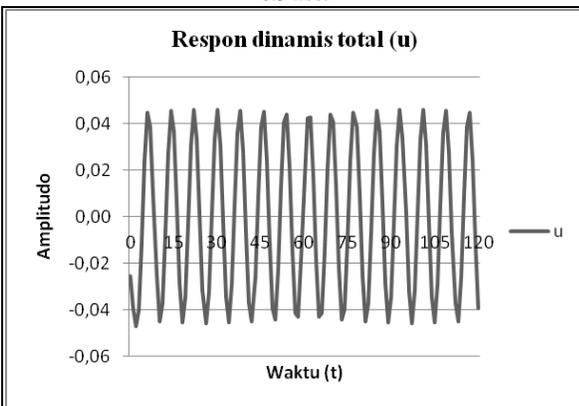
Gambar 9. Hasil representatif model III , V= 0.5 m/s oleh CFView™



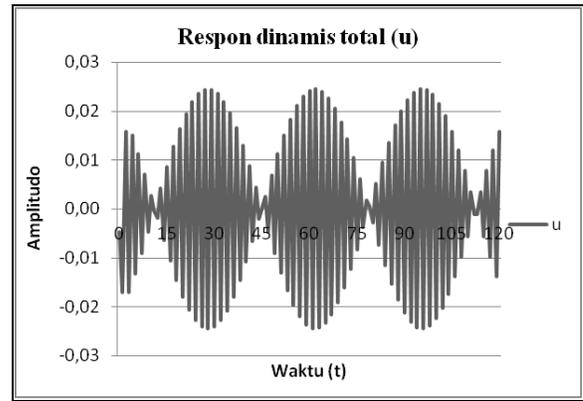
Gambar 10. Hasil representatif model IV , V= 0.5 m/s oleh CFView™



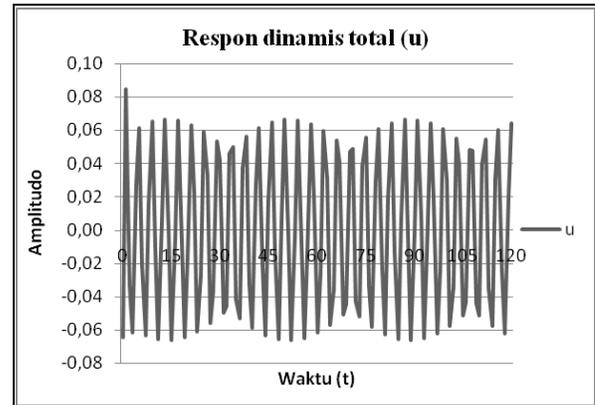
Gambar 11. Grafik amplitudo yang dihasilkan model I pada kecepatan awal 0,5 m/s.



Gambar 12. Grafik amplitudo yang dihasilkan model II pada kecepatan awal 0,5 m/s.

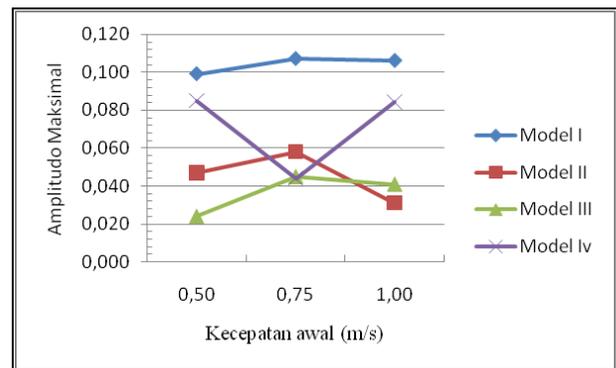


Gambar 13. Grafik amplitudo yang dihasilkan model III pada kecepatan awal 0,5 m/s.



Gambar 14. Grafik amplitudo yang dihasilkan model IV pada kecepatan awal 0,5 m/s.

Pada akhirnya akan diperoleh resultan dari semua amplitudo maksimal yang telah diperoleh dari masing – masing model. Dari ke-4 model tersebut hasilnya dapat dilihat pada grafik gambar 11 dimana pada grafik tersebut model I merupakan model yang memiliki amplitudo tertinggi dan relatif stabil yaitu pada kisaran 0,09 – 0,1 m, artinya terdapat selisih yang tidak terlalu jauh antar amplitudo maksimum pada setiap kecepatan awalnya. pada model II dan III amplitudo maksimum yang dihasilkan cenderung tidak stabil, sedangkan pada model IV amplitudo maksimum yang dihasilkan relatif rendah yakni pada kisaran 0,02 – 0,044 m. Sehingga rekomendasi terbaik yang digunakan sebagai oscillating part untuk pembangkit listrik tenaga arus air laut yaitu pada model I dengan konfigurasi 2 silinder.



Gambar 15. Grafik nilai amplitudo maksimum

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Secara teknis fenomena getaran vorteks pada oscillating part dengan konfigurasi lebih dari satu silinder memiliki pengaruh pada gaya lift dan respon dinamis total amplitudo yang dihasilkan.
- b) Perbandingan kerja oscillating part pada setiap konfigurasi sangat berbeda, ini terbukti pada perbedaan amplitudo maksimum yang dihasilkan seperti pada gambar 15.
- c) Respon dinamis total amplitudo pada setiap model juga dipengaruhi oleh pemilihan besar gaya redaman.
- d) Konfigurasi terbaik yang digunakan sebagai oscillating part untuk pembangkit listrik tenaga arus air laut yaitu pada model I dengan konfigurasi 2 silinder berdasarkan hasil perhitungan dan grafik gambar 15 yang menunjukkan model memiliki amplitudo tertinggi dan relatif stabil yaitu pada kisaran 0.09 – 0.1 m.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yustisia Firdaus, "Analisa Pengaruh Bentuk *Oscilating Part* pada konversi Energi Vorteks dengan Pemodelan numerik Tugas Akhir Jurusan Teknik kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2010).
- [2] M. Chamelia Darta, " Analisis Vibrasi Subsea Pipeline Akibat Aliran Internal dan Eksternal di Sisi Nubi Field Total E&P Indonesia," Tugas Akhir Jurusan Teknik kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2009).
- [3] M. Michael Bernitsas, "The Vivace Converter: Model Tests At High Damping And Reynolds Number Around 105," Naval Architecture and Marine Engineering in The University of Michigan, Michigan (2006).
- [4] Hana Qudsiyah, "Studi Pengaruh Variasi Jarak pada Konfigurasi Oscillating Parts Pembangkit Listrik Energi Vorteks," Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2010).