

INVESTIGASI NUMERIK VIV (*VORTEX INDUCED VIBRATION*) PADA DIAMETER KABEL HYDROPHONE 0.04 M SISTEM AKUSTIK BAWAH AIR

Maria Margreta Zau Beu¹, I Putu Andhi Indira Kusuma¹

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email : maria_margaret@itats.ac.id

ABSTRACT

The 2D numerical simulation of an underwater acoustic system undergoing VIV (Vortex Induced Vibration) which is in position parallel to 5 m distance with variation of hydrophone cable position. The diameter of the hydrophone cable in use is 0.04 m, with Reynold numbers (Re) variations of 13000, 15000, 17000, 19000, 21000, 23000, 25000, 27000 and 30000. Position variations are used to determine the flow pattern characteristics that occur behind the cylinder as well the maximum value of drag coefficient (CD) and lift coefficient (CL). The simulation results show that the characteristic flow pattern around a cylinder at each Re value indicates the release of the vortex behind the cylinder with different drag and lift coefficient values.

Keywords: Vortex Shedding, Hydrophone, Acoustic System

PENDAHULUAN

Underwater acoustic atau akustik bawah air merupakan suatu bidang ilmu yang mempelajari mengenai pemanfaatan gelombang akustik sebagai media propagasi di bawah air. Pemanfaatan teknologi ini meliputi aplikasi penggunaan sonar di kapal selam sebagai alat untuk mendeteksi obyek di bawah laut, eksplorasi ataupun sebagai alat pertahanan di bidang militer dan alat pendeteksi bahaya (*early warning system*). Pada sistem akustik bawah air, umumnya terdapat transducer yang berfungsi sebagai transmitter atau pemancar sinyal akustik serta *receiver* atau penerima sinyal akustik. Sistem komunikasi akustik bawah air merupakan media komunikasi yang sangat kompleks. Hal ini dikarenakan media bawah air memiliki atenuasi, pantulan sinyal dari dasar serta dari permukaan air (*multipath*), absorpsi dengan segala masalah yang ditimbulkan oleh kondisi *physical* dari kanal.

Propagasi akustik bawah air dapat bekerja dengan baik pada frekuensi rendah yaitu 10-15 KHz dengan kecepatan suara di air sebesar 1500 m/s. Kanal akustik bawah air terbagi kedalam tiga bagian yaitu laut dalam (*Deep Water*), kedalaman sedang (*Medium*) serta laut dangkal (*Shallow Water*). Masing-masing kanal memiliki karakteristik yang berbeda sehingga permasalahan yang ditimbulkan akan berbeda pula. Salah satu masalah yang perlu diidentifikasi adalah pengaruh fenomena VIV (*vortex induced vibration*).

TINJAUAN PUSTAKA

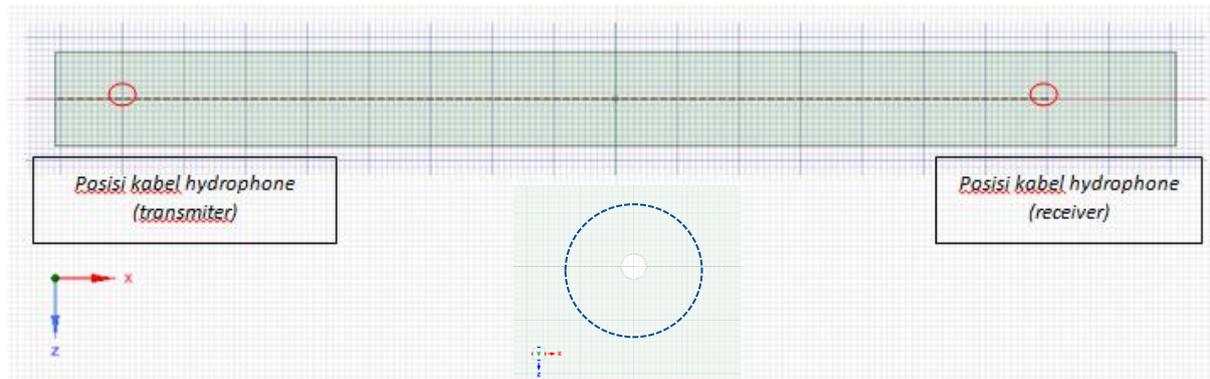
Chitre et al (2007) menganalisa pengaruh pergerakan kabel *transducer* terhadap sinyal komunikasi akustik dengan memodelkan kanal *high frequency warm shallow water*. Dalam analisisnya pengaruh pergerakan kabel akan menimbulkan efek Doppler yang mengakibatkan terjadinya gangguan frekuensi terhadap sinyal akustik yang di transmisikan. Selain itu pada bidang *underwater acoustic communication* atau komunikasi akustik bawah laut terdapat analisa dari konfigurasi jumlah dari transducer yang digunakan. Umumnya secara sederhana menggunakan konfigurasi satu *transmitter* dan satu *receiver* (*Single Input Single Output*) seperti penelitian yang di lakukan oleh Aik T.B et al (2007) serta *multi transmitter* dan *multi receiver* (*Multiple Input Multiple Output*) sebagaimana riset yang dilakukan oleh Song H.C et al (2006).

Masing-masing transducer menggunakan kabel yang digunakan untuk memposisikan *transducer* pada kedalaman tertentu di bawah permukaan air. Dalam makalah ini akan dibahas pemodelan numeris diameter kabel *hydrophone* sistem akustik sesuai ukuran yang ada biasa digunakan dengan analisa *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Pada makalah ini tidak membahas motion dari sistem akustik. Dari simulasi ini dapat dilihat pola aliran dan gaya fluida yang terjadi. Dengan begitu hasil dari permodelan CFD ini dapat menjadi bahan komparasi yang baik.

PERMODELAN NUMERIK

Dalam penelitian ini dipakai dua variasi posisi silinder yaitu satu silinder transmiter dan satu silinder receiver dengan jarak 5 m, serta 1 silinder transmiter dan 2 silinder receiver dengan jarak 5m dan 1m (jarak antara receiver). Silinder normal dengan diameter (D) 0.04 meter (m) yang disesuaikan dengan ukuran diameter kabel *underwater acoustic system* dengan variasi

kecepatan arus 1.3; 1.5; 1.7; 1.9; 2.1; 2.3; 2.5; 2.7 dan 3.0 m/s. Arus uniform (*uniform water flow*) dikenakan pada silinder sehingga didapat $Re = 10^4$ (*subcritical*). Penelitian dilakukan secara numerik dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka pemodelan domain fluida dan strukturnya dilakukan dengan kondisi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ukuran domain fluida terhadap diameter model silinder uji dan Kabel hydrophone yang dimodelkan dalam simulasi numerik

Koefisien drag (C_D) dan lift (C_L) dihitung dari gaya drag (F_D) dan gaya lift (F_L), dimana gaya drag dan lift merupakan salah satu output proses CFD. Koefisien drag dan lift dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_D = \frac{2 F_D}{\rho U^2 A} \tag{1}$$

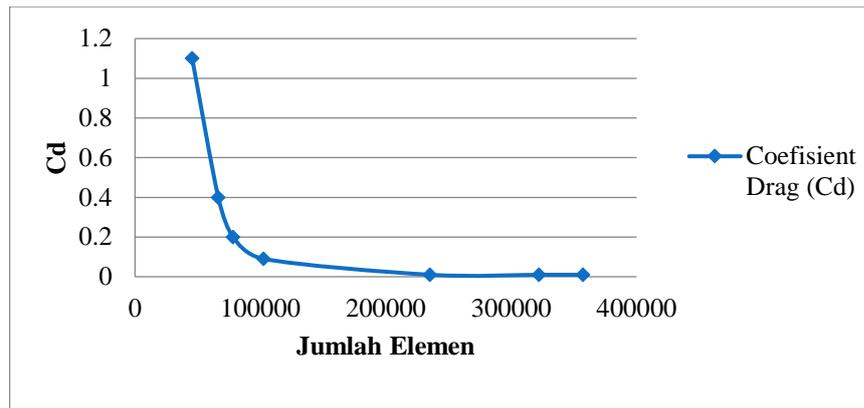
$$C_L = \frac{2 F_L}{\rho U^2 A} \tag{2}$$

Dimana ρ adalah densitas air laut (air = 1028 Kg/m³), D adalah silinder uji (m), U adalah kecepatan fluida yang incompressible (m/s) dan A adalah frontal area silinder ($A = \pi r^2$) dengan r adalah jari-jari cylinder (m). Tahap selanjutnya adalah tahap validasi model. Tujuannya untuk mendapatkan ukuran *meshing* yang tepat sehingga output yang dihasilkan menjadi relatif stabil/stasioner, tidak lagi fluktuatif dengan berubahnya ukuran/jumlah *meshing*. Tahap

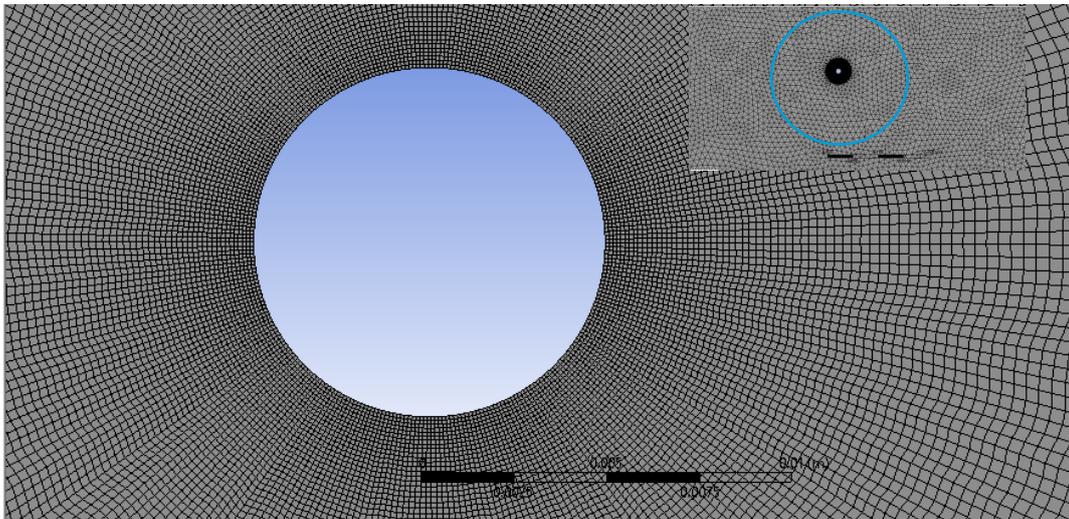
meshing kali ini area disekitar silinder perlu mendapatkan perhatian khusus. Sehingga metode *meshing* yang digunakan adalah *quadrilateral* dan *triangles*.

Tabel 1. Hasil Analisa Sensivitas Meshing dengan Nilai $Re = 3 \times 10^4$

| Simulasi | Jumlah Elemen | Nilai Cd |
|----------|---------------|----------|
| S1 | 45579 | 1.1 |
| S2 | 66431 | 0.4 |
| S3 | 78252 | 0.2 |
| S4 | 102685 | 0.09 |
| S5 | 235254 | 0.01 |
| S6 | 322114 | 0.01 |
| S7 | 357199 | 0.01 |



Gambar 2. Sensitivitas Meshing Pada Model yang di uji



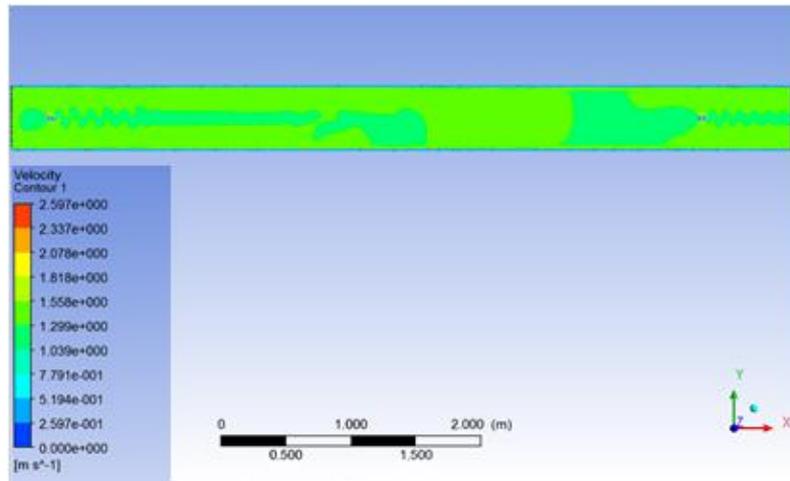
Gambar 3. Detail *Meshing* pada area sekitar silinder

HASIL DAN PEMBAHASAN

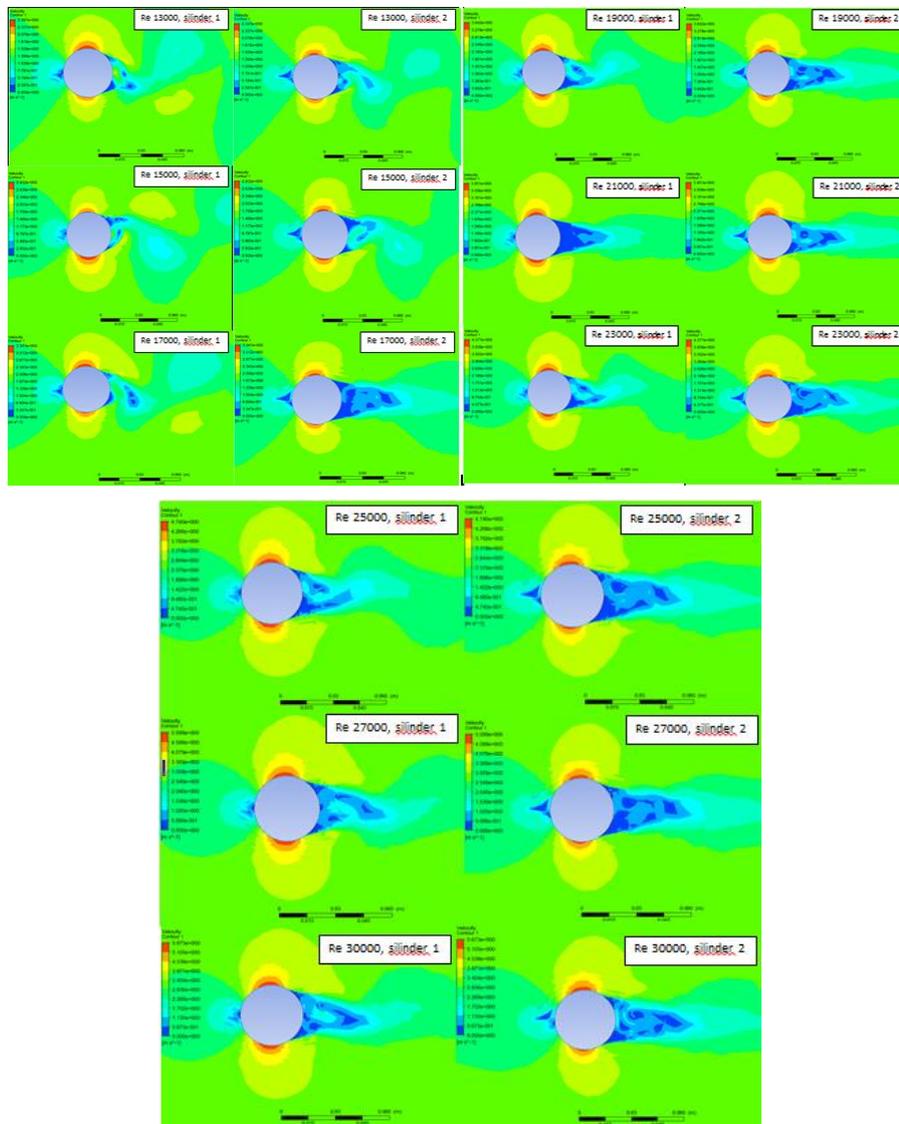
Setelah dilakukan analisis sensitivitas meshing untuk model validasi, langkah selanjutnya adalah menggunakan model tersebut untuk perhitungan C_D dan C_L serta melihat pola alirannya dengan variasi nilai $Re = 13000, 15000, 17000, 19000, 21000, 23000, 25000, 27000, 30000$. Gambar 4 menunjukkan pola aliran pada masing-masing Re untuk kasus satu *silinder transmiter* dan satu *silinder receiver* diameter 0.04 m yang ditampilkan 2D.

Pada gambar 5 dapat dilihat pola aliran disekitar silinder. Terlihat pada tiap nilai Re terjadi pelepasan *vortex* (*vortex shedding*). Selanjutnya gerakan aliran *vorticity* yang berlawanan arah jarum jam akan memotong aliran *vorticity* yang men-suplay *Vortex A*, sehingga *Vortex A* terlepas

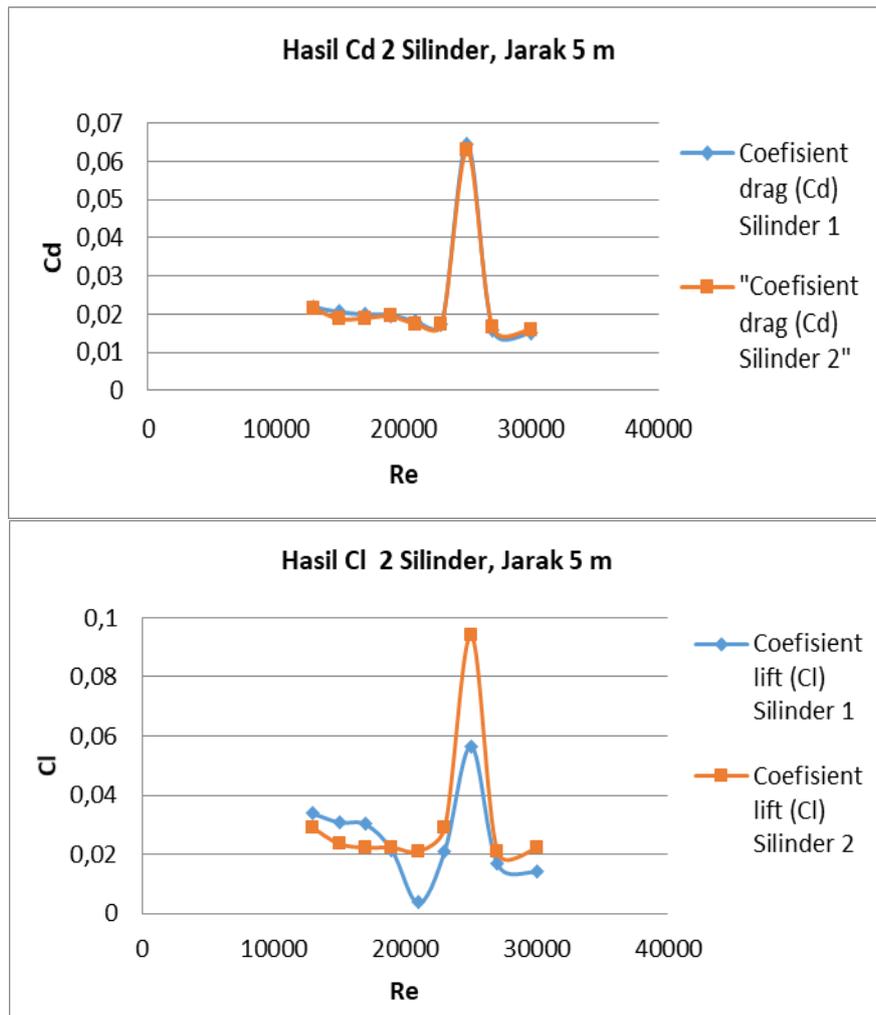
lalu menjadi *vortex* bebas dan terseret aliran ke arah belakang/menjauhi *cylinder*. Setelah *vortex A* terlepas, terbentuklah *vortex* baru menggantikan *vortex A* yaitu *Vortex C*. Maka selanjutnya, *Vortex B* akan mengalami hal yang sama dengan *Vortex A* sebelumnya, yaitu pertama, ukuran dan kekuatannya makin membesar lalu terpotong oleh *vortex C* dan akhirnya terlepas menjadi *vortex* bebas. Proses seperti ini akan terus berlanjut setiap terjadi pelepasan *vortex* baru pada setiap sisi silinder. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien gaya drag dan lift yang dihasilkan. Visualisasi pola aliran pada gambar 5 mewakili visualisasi pola aliran yang terjadi pada kasus ke dua dimana terdiri dari satu transmiter dan dua silinder receiver yang berjarak 5 m dan 1 m (jarak antara silinder receiver).



Gambar 4. Pola aliran yang terjadi disekitar silinder kasus satu silinder transmiter dan satu silinder receiver diameter 0.04 m jarak antara silinder 5 m



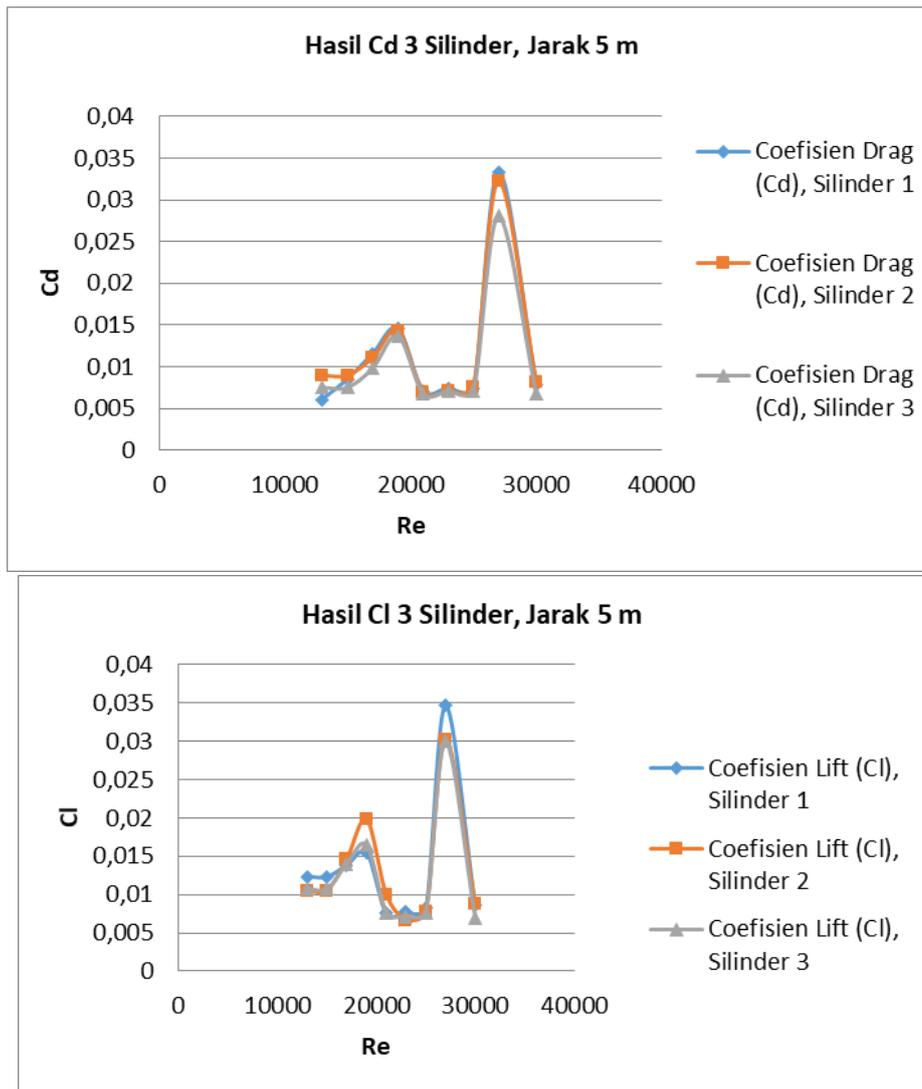
Gambar 5. Pola aliran fluida di sekitar model silinder diameter 0.04 m pada tiap-tiap nilai Re



Gambar 6. Nilai C_D dan C_L untuk kasus 2 *silinder* dengan diameter 0.04 m pada masing-masing nilai Re .

Grafik gambar 6 diatas menunjukkan nilai besarnya C_d pada setiap model terhadap Re yang diberikan, dari hasil uji silinder 1 dan silinder 2 menunjukan besarnya koefisien drag (C_d) terjadi

pada $Re = 25000$ sebesar 0.06. Sedangkan koefisien lift (C_l) terendah terjadi pada nilai $Re=21000$ dengan nilai C_L 0.0036 dan C_L terbesar terjadi pada Nilai $Re = 25000$ dengan nilai 0.094.



Gambar 7. Nilai C_D dan C_L untuk kasus 3 silinder dengan diameter 0.04 m pada masing-masing nilai Re

Sedangkan grafik gambar 7 menunjukkan tren yang berbeda dengan grafik gambar 6. Dapat dilihat pada nilai koefisien gaya drag (C_D) pada nilai $Re=19000$ nilai C_D mengalami kenaikan 0.013 tetapi pada $Re = 21000$ tren grafik tersebut mengalami penurunan. Sedangkan pada $Re=27000$ akan mengalami kenaikan. Nilai C_D terbesar terjadi pada silinder pertama diikuti silinder kedua dan ketiga. Hal ini disebabkan karena arah datang arus yang horisontal langsung mengenai silinder pertama dan gaya yang diterima diteruskan ke silinder 2 dan 3, yang mana gaya yang diterima akan berkurang dalam perambatan arus. Hal yang sama juga terjadi pada nilai koefisien gaya lift (C_L).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, karakteristik pola aliran di sekitar sebuah silinder pada nilai $Re = 13000, 15000, 17000, 19000, 21000, 23000, 25000,$

27000 dan 30000 menunjukkan adanya pelepasan vorteks di belakang silinder dan terlihat perbedaannya pada tiap nilai Re . Semakin bertambahnya kecepatan arus, variasi jarak antara silinder dan diameter silinder *vortex shedding* mempengaruhi besarnya coefficient drag (C_D) dan *coefficient lift* (C_L). Dengan demikian, model yang dibuat dengan simulasi CFD dalam penelitian ini telah sesuai. Namun demikian ada beberapa faktor yang mempengaruhi modeling dengan CFD yaitu diperlukan spesifikasi komputer yang besar, penentuan domain shape, meshing/grid size, model turbulen dan lain-lain. Faktor-faktor tersebut akan sangat berpengaruh terhadap hasil simulasi. Studi yang lebih spesifik sangat diperlukan agar diperoleh hasil yang optimal.

SARAN

Perlu adanya analisa lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar frekuensi dan pengaruh VIV yang terjadi pada kabel *underwater acoustic*

agar dapat diperoleh sebuah dasar yang akan menjadi pertimbangan dalam mendesain sistem *underwater acoustic*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Jurnal ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor : 120/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 \tanggal 3 April 2017 Program Penelitian Dosen Pemula 2017 dengan judul “Analisa Pengaruh *Vortex Induced Vibration* (VIV) pada Diameter Kabel Hydrophone Sistem Akustik Bawah Air Dengan Menggunakan Permodelan CFD”. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Ristekdikti dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) – ITATS atas segala bantuan dan kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Citree, M., “A high frequency warm shallow water acoustic communications channel model and measurements,” *Acoustical Society of America*, Vol. 122, pp. 25-80 (2007).
- [2] Aik, T. B., Sen, Q. S., and Nan, Z., “Characterization of Multipath Acoustic Channels in very shallow waters for communications,” *Proceeding of Oceans 2006-Asia Pasific*, pp. 1-8 (2007).
- [3] Chakrabarti, S. K., 2005, *Handbook of Offshore Engineering*, Vol. II, Oxford, Elsevier.
- [4] Indiyono, P. 2010. *Hidrodinamika Dasar Bangunan Laut*. Jurusan Teknik Kelautan-FTK. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Sumer, B. M. and Fredsoe J., 2006, *Hydrodynamics around cylindrical structure*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.
- [6] Williamson, C. H. K., 1985, Sinusoidal flow relative to circular cylinders, *J. Fluid Mech.*, Vol. 155, pp. 141-174.
- [1] Citree, M., “A high frequency warm shallow water acoustic communications channel model and measurements,” *Acoustical*