

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN DIAMETER MINOR DAN MAYOR ELIPS TERHADAP NILAI KOEFISIEN DRAG MENGGUNAKAN PROGRAM CFD

Afdhal Kurniawan Mainil, Fauzan Andreas, Helmizar
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu
Telepon : (0736) 344087, 22105 – 227
Email : afdhal_km@yahoo.com

Abstract

The rapid development of science and technology to inspire people to create something useful for human life itself. One example is the use of a cylindrical body which can be found on the heat exchanger (heat exchanger) is on shell and tube, chimney, and support offshore platforms. In this case, to obtain an optimum value as well as building construction and minimal ideal would be a mistake, it is necessary to know the characteristics of flow through the body. One of the characteristics of the flow is fluid flow through the cylinder body. Fluid passing through a cylindrical body will result in drag force. Research on the external flow across a body has done much to reduce the drag force. One was to replace the cylinder body with an elliptical geometry. In the present study will be conducted using the CFD numerical model with a test that is circular and elliptical cylinders. In the test model ellipse major and minor diameter ratio is varied (50mm/100mm, 50mm/120mm, 50mm/150mm, 50mm/180mm). In each test model will be calculated the value of the coefficient of drag is happening. The results of the simulations is the use of an elliptical body geometry can reduce the value of the coefficient of drag (C_D) of 0.2519 on the minor and major diameter ratio ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) than the circular cylinder with a drag coefficient (CD) of 0.5485 and the ratio of diameter minor and major of the most effective to reduce the coefficient of drag on the ellipse is ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) than the minor and major diameter ratio ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$), ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$), ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$).

Key words: cylindrical circular, elliptical, minor diameter, major diameter, CFD, drag.

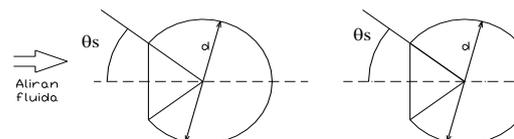
PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menginspirasi manusia untuk menciptakan sesuatu hal yang berguna bagi kehidupan manusia itu sendiri. Demikian halnya dengan aplikasi di bidang mekanika fluida [1][2], baik dalam dunia industri maupun dalam kehidupan sehari-hari [3]. Salah satu bagian yang dipelajari dalam ilmu mekanika fluida yaitu aliran eksternal yang melintasi suatu *body* [1]. Dalam hal ini dapat dijumpai pada alat penukar panas (*heat exchanger*) yaitu pada *shell and tube*[4], cerobong, maupun penyangga anjungan lepas pantai[5]. Pengetahuan mengenai karakteristik aliran fluida yang mengalir melingkupi sebuah *body* inilah yang dapat digunakan untuk memperoleh suatu nilai yang optimum serta konstruksi bangunan yang ideal dan minim akan kesalahan.

Pada silinder yang dilintasi suatu aliran fluida cenderung mempunyai *streamline* yang simetris[6],[7] sehingga hanya mempunyai gaya hambat (*drag force*), hal ini disebabkan adanya *adverse pressure* yang berakibat

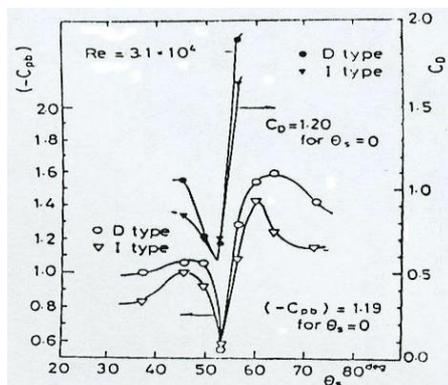
timbulnya *net pressure* dimana *net pressure* tersebut terjadi karena terbentuknya *flow separates*. Akibat adanya gaya hambat (*drag fore*) tersebut kualitas dari sistem aliran yang melintasi silinder sirkular banyak berkurang[7].

Salah satu upaya untuk mengurangi gaya hambat (*drag*) adalah penelitian yang dilakukan oleh Aiba dan Watanabe [8] yaitu menggunakan model silinder teriris. Tipe yang digunakan dalam percobaan adalah tipe I dan tipe-D, sesuai pada gambar 1. Tipe I diperoleh dengan memotong kedua sisi dari *circular cylinder* paralel dengan sumbu y. Sedangkan pada tipe-D hanya teriris pada sisi depan.



Gambar 1. Spesimen yang diuji Tipe-D dan Tipe I [8]

Hasil eksperimen oleh Aiba dan Watanabe[8] menunjukkan bahwa sebelum silinder pejal mengalami pengirisan, harga koefisien *drag* yang terjadi sebesar 1,2. Pengirisan dilakukan dengan range 0° sampai $72,5^\circ$, koefisien *drag* akan mengalami penurunan pada sudut pengirisan 45° dan harga koefisien *drag* akan mencapai nilai minimum pada sudut 53° dengan harga koefisien *drag* mendekati 50 % dari sudut pengirisan 0° atau tanpa pengirisan. Kemudian harga koefisien *drag* akan mengalami kenaikan seiring dengan naiknya sudut pengirisan (diatas 53°) sampai dengan sudut pengirisan 65° . Dari data hasil eksperimen tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara koefisien *drag* (C_D) dengan sudut iris (θ_s) seperti pada gambar dibawah ini :

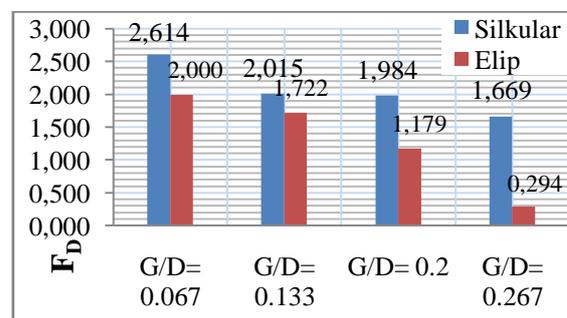


Gambar 2. Grafik koefisien *drag* terhadap sudut iris [8]

Nadeak [9] dan efriliani [10] dalam penelitiannya menunjukkan bahwa, mula-mula untuk semua jarak G/D nilai C_p pada posisi $x/D < 0.6$ adalah sama karena aliran fluida belum terganggu, selanjutnya terlihat perubahan nilai C_p pada setiap jarak G/D . *Favorable pressure gradient* mengidentifikasi akselerasi maksimum disaat momentum fluida akan memasuki sisi celah silinder-1, dan pada $G/D 0.067$ terjadi *favorable pressure gradient* yang menonjol dibandingkan dengan G/D yang lain. Penurunan nilai C_p pada $x/D = 0$ untuk $G/D = 0.067$ ditunjukkan dengan peningkatan kecepatan yang signifikan hingga pada $x/D = 0$ ditandai dengan penurunan nilai C_p . Fenomena ini mengidentifikasi bahwa nilai C_p tepat dibawah silinder sirkular *upstream* pada sudut

270° juga mengalami *pressure gradient*. Interaksi aliran fluida pada dinding datar (*flat wall*) yang didekatkan dengan dua silinder elip tersusun tandem ($L/D = 1.5$) dengan berbagai variasi gap secara umum nilai C_p yang terjadi pada plat datar cenderung menurun dan berharga negatif. Sebelum kecepatan *freestream* terganggu oleh silinder terlihat bahwa nilai C_p untuk semua jarak gap adalah sama yang terlihat dari nilai C_p pada $x/D = -1.0$ sampai $x/D = -0.8$, kemudian akibat adanya celah yang kecil antara silinder dengan dinding maka terjadi peningkatan kecepatan dan nilai C_p menurun, untuk $G/D = 0.067$ nilai C_p pada $x/D = 0$ adalah sangat kecil. Hal ini memperkuat informasi bahwa nilai C_p untuk Permukaan silinder elip tepat diatas $x/D = 0$ adalah kecil. Nilai C_p untuk $G/D = 0.133, 0.2, 0.0267$ berturut-turut meningkat sampai $x/D = 0.3$. Adanya lembah menunjukkan terjadinya akselerasi maksimum sesaat momentum fluida akan memasuki sisi celah silinder elips.

Adanya perbedaan geometri yang dialiri fluida akan mempengaruhi nilai (F_D). Gambar 3 menunjukkan nilai (F_D) antara silinder sirkular dan silinder elip. Secara umum bahwa nilai (F_D) silinder sirkular lebih besar dibandingkan dengan nilai (F_D) silinder elip, karena geometrinya yang memicu *adverse pressure gradient* lebih besar, *streamtube* lebih divergen sehingga selisih momentumnya lebih besar hal ini terbukti dari separasi yang terjadi pada silinder sirkular yang lebih cepat sehingga pada variasi gap selisih momentum pada silinder sirkular lebih besar.



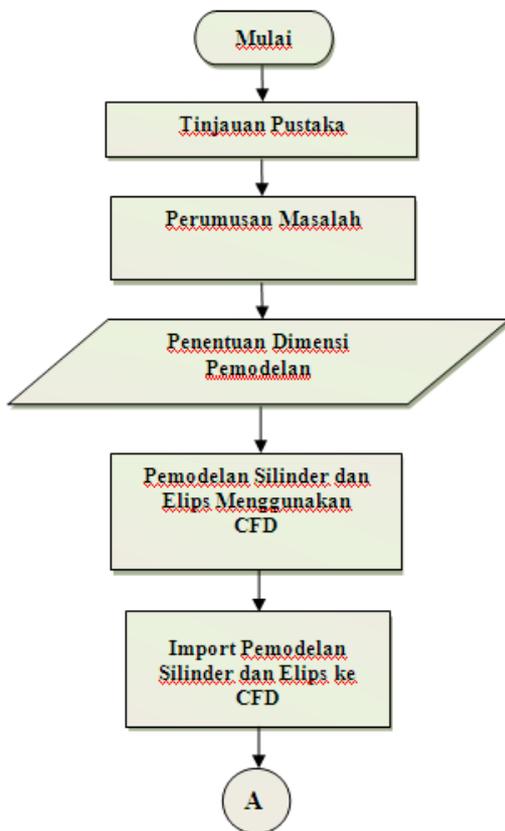
Gambar 3. Perbandingan Nilai Gaya Drag (F_D) [9]

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gaya hambat (*drag force*) yang minimum selain melakukan perubahan bentuk pada

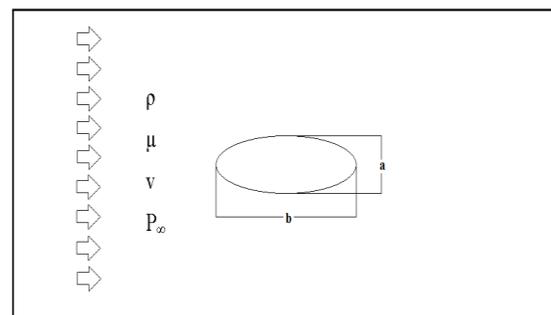
silinder sirkular yaitu menggunakan geometri *body* yang berbentuk elips. Maka perlu rasanya untuk melakukan penelitian tentang karakteristik aliran fluida melintasi elips dengan variasi perbandingan diameter 0.05/0.10, 0.05/0.12, 0.05/0.15, 0.05/0.18 melalui kaji *numerical* menggunakan *Software CFD* [11] dengan Pemodelan dua dimensi[12],[13] . Dengan demikian dapat dilihat bentuk geometri *body* mana yang paling efektif untuk mengurangi besarnya nilai koefisien *drag* (C_D) yang terjadi pada elips.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir berikut ini:



Dimensi dalam CFD yang digunakan dalam dua dimensi (2D), yang mana ditunjukkan pada profil silinder sebagai berikut :



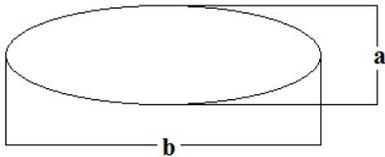
Gambar 5. Skema Simulasi

dimana :

- U = kecepatan aliran fluida (m/s)
- ρ = massa jenis fluida udara (kg/m^3)
- μ = viskositas udara (kg/ m.s)
- P_∞ = tekanan *free stream* (kg/ m.s^2)
- a = diameter minor (m)
- b = diameter mayor (m)

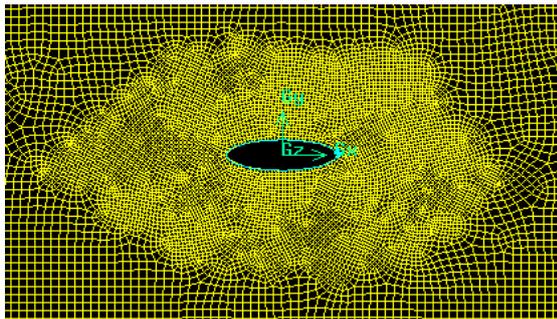
Pada penelitian ini diameter minor elips yang digunakan dalam simulasi adalah 50 mm dengan dimensi dinding 2200 mm x 400 mm. Dimensi mayor elips yang digunakan dalam simulasi :

- Diameter minor (d_a) : 50 mm
- Diameter mayor (d_b) : 100 mm, 120 mm, 150 mm, 180 mm



Gambar 6. Ilustrasi elips

Pemodelan aliran yang melintasi elips terlebih dahulu dibuat pada *software CFD*, selanjutnya disimulasikan menggunakan *software CFD* yang mana ditunjukkan pada gambar 7 :



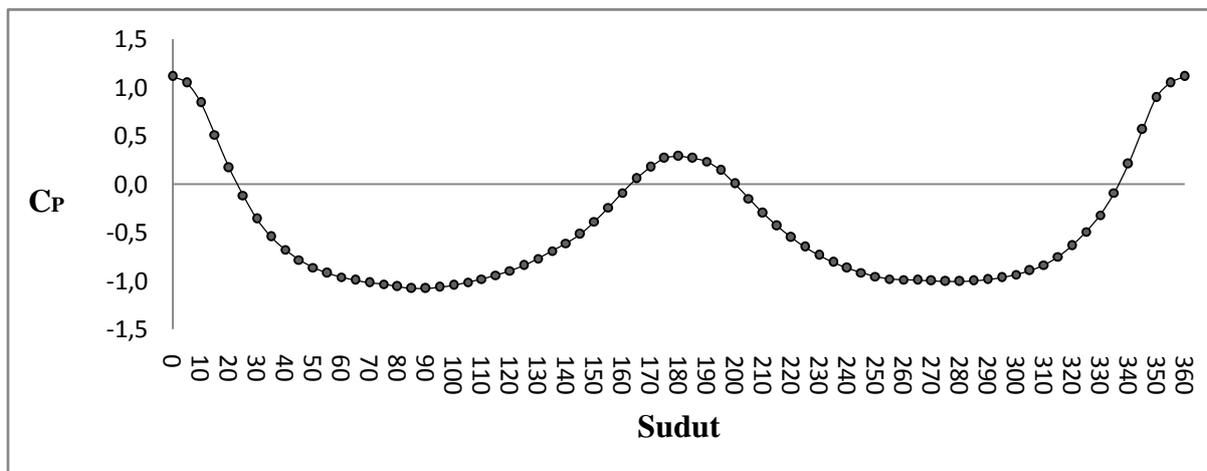
Gambar 7. Pemodelan CFD

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari analisis silinder dan elips menggunakan *CFD* dengan pemodelan 2 dimensi, diperoleh hasil tekanan static pada kontur dan tekanan static pada aliran bebas serta gaya *drag*.

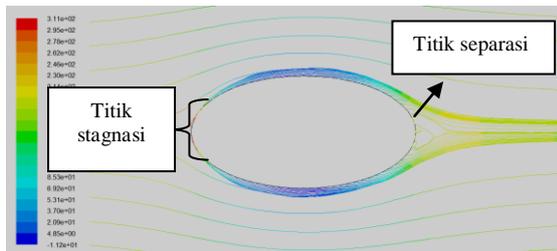
Distribusi koefisien tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$)

Pada geometri body berbentuk elips dengan perbandingan diameter ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$) titik stagnasi terjadi pada bagian ujung elips pada rentang $0^\circ < \theta < 5^\circ$ dan $360^\circ < \theta < 355^\circ$ dimana memiliki nilai C_p yang hampir sama. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Grafik distribusi tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$) dengan $Re = 5,3 \times 10^4$

Terjadinya separasi berbeda dengan silinder sirkular, dimana pada elips separasi terjadi berada pada bagian belakang, hal ini dikarenakan lapisan batas (*boundary layer*) dipermukaan elips lambat memisah akibat dari bentuk geometri elips dan gradient tekanan balik dari sisi belakang elips. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Aliran fluida melintasi elips ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$)

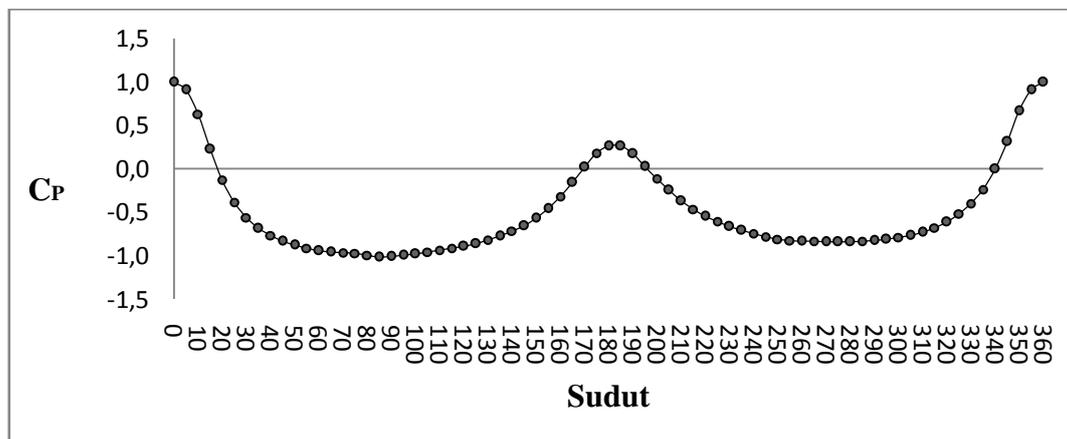
Distribusi Koefisien Tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$)

Pada saat aliran menumbuk bagian depan dari elips dengan perbandingan diameter ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$) maka akan terjadi *multi stagnation point*, yang mana pada titik-titik tersebut memiliki nilai C_p yang sama yaitu mendekati satu. Seperti halnya pada elips ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$) setelah aliran fluida

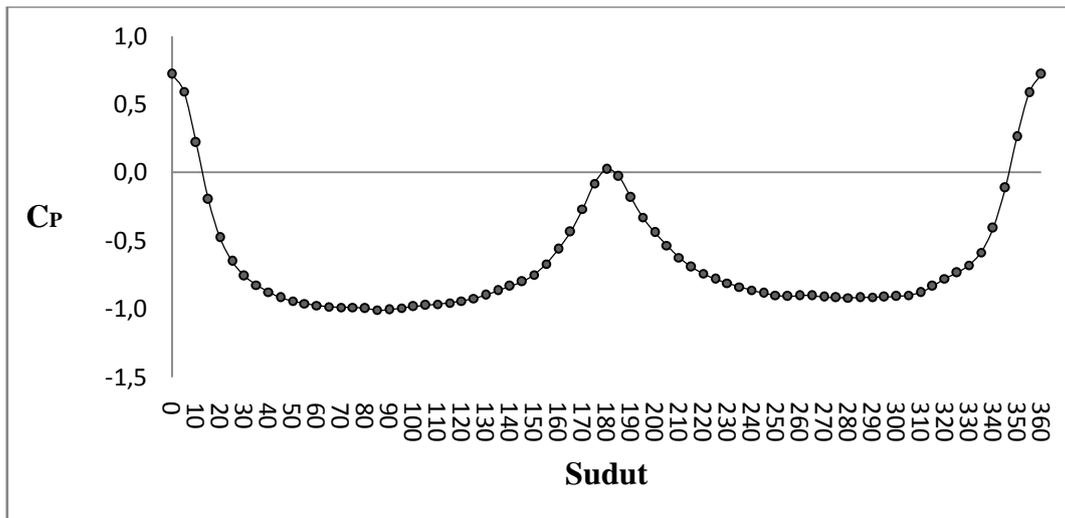
melewati titik stagnasi, maka aliran fluida akan mengalami peningkatan kecepatan dan distribusi tekanan akan mengalami penurunan, dimana *pressure minimum* terjadi pada titik sudut yang sama $\theta = 85^\circ$. Distribusi tekanan (C_p) cenderung konstan terjadi pada rentang $250^\circ < \theta < 290^\circ$ (*lower side*).

Peningkatan tekanan (*adverse pressure gradient*) dan efek gesekan menyebabkan energi fluida berkurang setelah aliran fluida melewati fase *pressure minimum* yang mengakibatkan aliran fluida mengalami perlambatan. Hal ini terjadi hingga akhirnya momentum aliran fluida tidak mampu lagi mengatasi pengaruh perlambatan tersebut, sehingga terjadi separasi pada $\theta = 180^\circ$ (*upper side*) dan $\theta = 185^\circ$ (*lower side*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.

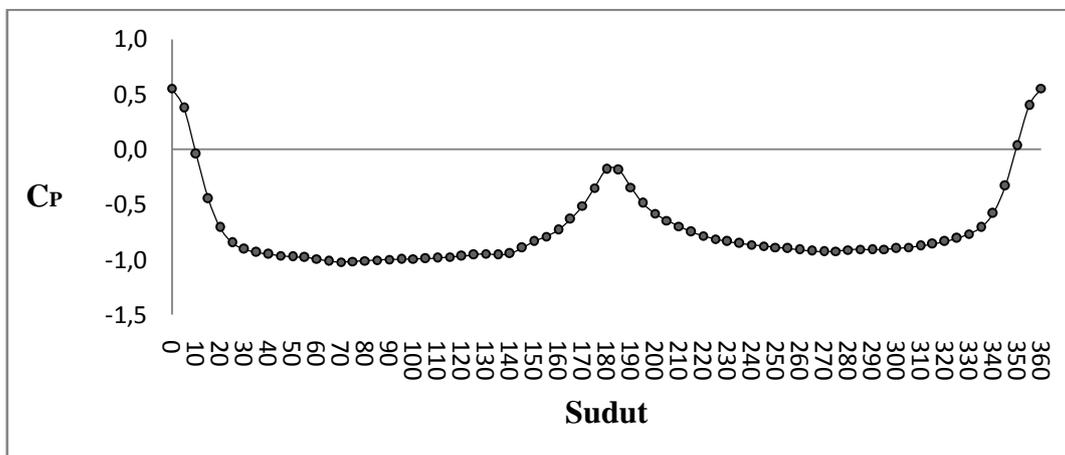
Separasi terjadi lebih lambat 5° daripada elips ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$), hal ini disebabkan dari perbandingan diameter mayor dan minor elips yang signifikan, serta lapisan batas (*boundary layer*) dipermukaan elips lambat memisah akibat dari bentuk geometri elips dan gradient tekanan balik dari sisi belakang elips, yang mana ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 10. Grafik distribusi tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$) dengan $Re = 5,3 \times 10^4$



Gambar 11 Grafik distribusi tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) dengan $Re = 5,3 \times 10^4$



Gambar 12. Grafik distribusi tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$) dengan $Re = 5,3 \times 10^4$

Distribusi koefisien tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$)

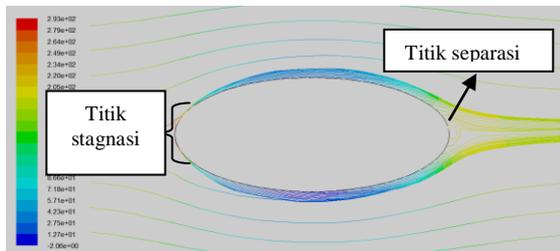
Untuk elips dengan perbandingan diameter ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) distribusi tekanan statis di sepanjang kontur disajikan dalam bentuk grafik koefisien distribusi tekanan C_p yang ditunjukkan pada gambar 11. Pada kasus ini, aliran fluida yang mengalir menumbuk bagian depan dari elips menyebabkan titik stagnasi. Setelah melewati titik stagnasi, aliran fluida akan berakselerasi hingga mencapai *pressure minimum* pada $\theta = 85^\circ$. Setelah aliran fluida melewati *pressure minimum*, aliran fluida akan mengalami perlambatan karena terjadinya peningkatan tekanan (*adverse pressure gradient*). Keadaan ini terus menerus terjadi hingga akhirnya momentum aliran fluida tidak mampu lagi mengatasi pengaruh *adverse pressure gradient* tersebut sehingga terjadi

separasi pada $\theta = 180^\circ$, seperti pada gambar 14.

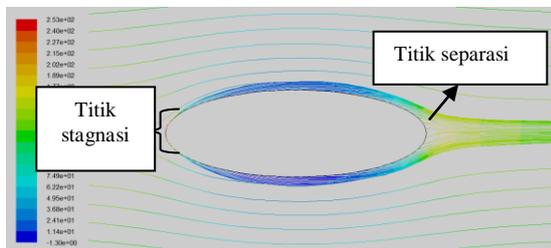
Distribusi koefisien tekanan (C_p) elips ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$)

Pada elips dengan ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$), aliran fluida yang mengalir menumbuk bagian depan dari elips menyebabkan titik stagnasi. Setelah melewati titik stagnasi, aliran fluida akan berakselerasi hingga mencapai *pressure minimum* pada $\theta = 75^\circ$. Setelah aliran fluida melewati *pressure minimum*, aliran fluida akan mengalami perlambatan karena terjadinya peningkatan tekanan (*adverse pressure gradient*). Keadaan ini terus menerus terjadi hingga akhirnya momentum aliran fluida tidak mampu lagi mengatasi pengaruh *adverse pressure gradient* tersebut sehingga terjadi separasi pada $\theta = 180^\circ$ (*upper side*) dan $\theta =$

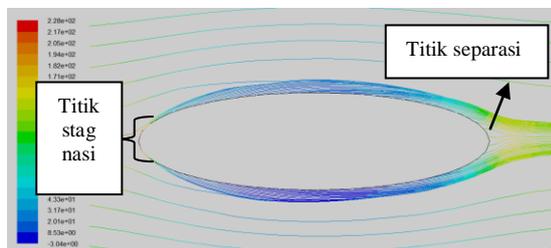
185° (*lower side*) sama halnya dengan elips ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$). Pada kondisi elips ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$) baik pada posisi θ (*upper side* dan *lower side*) distribusi tekanan statis cenderung konstan pada saat tekanan mengalami penurunan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini :



Gambar 13. Aliran fluida melintasi elips ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$)



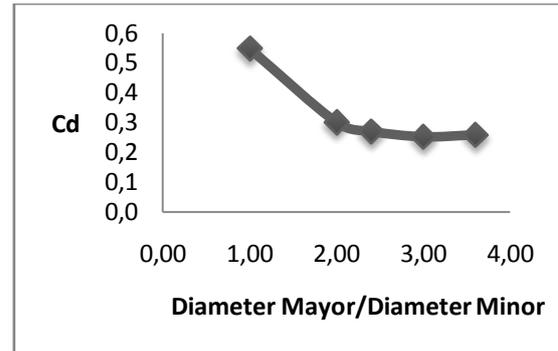
Gambar 14. Aliran fluida melintasi elips ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$)



Gambar 15. Aliran fluida melintasi elips ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$)

Koefisien drag (C_D) silinder dan elips

Harga koefisien drag (C_D) didapat melalui analisis menggunakan *CFD*, yang mana pada silinder dan elips didapat gaya drag (F_D). Dari hasil perhitungan gaya drag untuk mengetahui koefisien drag pada silinder dan elips, maka diperoleh grafik koefisien drag antara silinder dan elips seperti yang ditunjukkan pada gambar 16 berikut ini :



Gambar 16. Grafik koefisien drag silinder sirkular dan elips

Terlihat jelas pada gambar 16 bahwa menggunakan geometri yang berbeda antara silinder dan elips mempengaruhi nilai drag yang terjadi, pada tabel 4.1 dibawah ini dapat dilihat secara signifikan nilai drag yang diperoleh.

Tabel 1. Harga koefisien drag terhadap perbandingan diameter

Perbandingan Diameter	Harga koefisien drag
50mm/50mm	0.5485526767
50mm/100mm	0.3007961239
50mm/120mm	0.2699995836
50mm/150mm	0.2519992309
50mm/180mm	0.2585282038

Pada silinder sirkular harga koefisien drag (C_D) yang terjadi sebesar 0,54. Untuk elips dengan perbandingan ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$) harga koefisien drag menurun secara signifikan mencapai nilai 0,30, sedangkan pada perbandingan ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$) harga koefisien drag kembali menurun dengan nilai mencapai 0,26. Harga koefisien drag mencapai *point* minimum pada perbandingan elips ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) dengan nilai 0,251. Pada perbandingan elips ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$) harga koefisien drag mengalami kenaikan dengan nilai 0,258, hanya terpaut selisih beberapa angka dibelakang koma dengan elips ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$). Dari perbandingan harga koefisien drag antara silinder sirkular dan elips, diperoleh bahwa mengganti pemodelan silinder dengan menggunakan elips dapat menurunkan harga koefisien drag. Dimana perbandingan

diameter mayor dan minor pada elips ideal pada ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$), apabila diatas perbandingan tersebut maka harga koefisien *drag* akan mengalami peningkatan.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa :

1. Penggunaan geometri body elips dapat menurunkan nilai koefisien *drag* (C_D) sebesar 0.2519 pada perbandingan diameter minor dan mayor ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) dari pada silinder sirkular dengan nilai koefisien *drag* (C_D) sebesar 0.5485.
2. Perbandingan diameter minor dan mayor yang paling efektif menurunkan nilai koefisien *drag* pada elips adalah ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$) dari pada perbandingan diameter minor dan mayor ($a/b = 50\text{mm}/100\text{mm}$), ($a/b = 50\text{mm}/120\text{mm}$), ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$).
3. Elips dimana perbandingan diameter minor dan mayor lebih dari ($a/b = 50\text{mm}/150\text{mm}$), harga koefisien *drag* menunjukkan kenaikan yaitu sebesar 0.2585 pada perbandingan diameter minor dan mayor ($a/b = 50\text{mm}/180\text{mm}$).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munson-Bruce R, Young-Donald F and Okiishi-Theodore H, 1994. "*Fundamentals of Fluid Mechanics*", 4th edition, 1.6 viscosity, p.18.
- [2] Fox. Robet.W. dkk. 2003. "*Introduction to Fluid Mechanics*". 6thedition. USA. K-T-Ra.
- [3] Rueben M. Olson, Steven J. Wright, 1990. "*Essentials of Engineering Fluid Mechanics*", Harper & Row, Publishers, Inc.
- [4] Cengel. Y A., 1998. "*Heat Transfer*". Second Edition. University of Nevada.
- [5] Tsutsui, T., and Igarashi, T., 2002. "*Drag Reduction of a Circular Cylinder in an Air-stream*", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 90, 527-541.
- [6] Choi, J.H. & Lee,S.J, 2000. "*Ground Effect of Flow Around an Elliptic Cylinder in a Turbulent Boundary Layer*". *Journal of Fluids And Structures*, Vol. 14,697-709.
- [7] Helmizar 2008. "*Studi Eksperimental Tentang Efek Blockage Ratio Terhadap Karakteristik Aliran Fluida Melintasi Silinder*". Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya
- [8] Aiba, S., and Watanabe,H., June 1997. "*Flow Characteristics of a Bluff Body Cut From a Circular Cylinder*", *Journal of Fluids Engineering*, Vol 119/453-457
- [9] Nadeak.,Bungaran, 2010. "*Studi Eksperimental Perbandingan Aliran Melintasi Dua Silinder Elips dan Dua Silinder Sirkuler Tersusun Tandem Akibat Pengaruh Dinding Datar Pada Berbagai Jarak Gap*". Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FT-UNIB, Bengkulu.
- [10] Efriliani., Reza, 2011. "*Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Pemotongan Silinder Sirkular (Tipe I) Terhadap Nilai Koefisien Drag*". Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FT-UNIB, Bengkulu.
- [11] Tuakia, Firman., 2008. "*Dasar-dasar Menggunakan CFD Fluent*", Informatika, Bandung.
- [12] Ramadhan., Taufik, 2010. "*Studi Efek Blockage Ratio Pada Aliran Melintasi Silinder Dengan Program Fluent V6.2*". Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FT-UNIB, Bengkulu.
- [13] Sumarja, Jimmy, 2010. "*Analisis Pengaruh Pemotongan Silinder Sirkular (tipe-D) Terhadap Nilai Koefisien Drag Dengan Menggunakan Fluent 6.2.1.6*". Laporan Tugas Akhir,

Jurusan Teknik Mesin FT-UNIB,
Bengkulu.