

Studi Numerik Karakteristik *Boundary Layer* Turbulen pada Pelat Datar dengan Alur Melintang Tipe-D

Ardiansyah Arya Mahendra Whindracya dan Sutardi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: sutardi@me.its.ac.id

Abstrak—Boundary layer akan terbentuk apabila aliran viscous melewati suatu kontur permukaan. Hal ini menyebabkan terjadinya gaya drag di kontur permukaan, oleh karena itu boundary layer yang terbentuk perlu dikontrol. Salah satu cara untuk mengontrol boundary layer yang terbentuk adalah dengan memberi alur permukaan yang dilalui aliran. Pada penelitian ini, aliran yang dikaji adalah aliran boundary layer turbulen yang melintasi suatu pelat datar dengan alur melintang tipe-D. Alur tipe-D adalah tipe alur berbentuk persegi dengan kedalaman dan jarak antar alur yang sama, diletakan normal terhadap arah aliran.

Penelitian ini dilakukan secara simulasi numerik. Terdapat 4 model yang disimulasikan yaitu pelat datar (smooth-wall), pelat beralur tipe-D ukuran 4mm, 10mm, dan 30mm. Bilangan Reynolds berdasarkan panjang pelat yaitu $Re_l = 2.16 \times 10^6$ dan kecepatan freestream pada inlet sebesar 10 m/s. Pemodelan numerik dilakukan menggunakan software Gambit 2.4.6 dan Fluent 6.3.26 dengan model 2ddp unsteady, viscous model standart k-epsilon.

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan alur tipe-D berbagai ukuran meningkatkan koefisien drag total dibanding pelat datar (smooth-wall). Pressure-gradient yang terbentuk didalam alur berkontribusi pada peningkatan ini walaupun nilai koefisien skin-friction mengalami penurunan. Tidak hanya koefisien drag total, tapi nilai intensitas turbulensi juga mengalami peningkatan dibanding pelat datar (smooth-wall). Didalam alur juga terbentuk vortex yang berkontribusi dalam penurunan koefisien skin-friction. Dari ketiga ukuran alur yang berbeda, ditemukan ukuran alur tipe-D ukuran 4mm memiliki nilai koefisien drag total yang lebih rendah daripada lainnya.

Kata Kunci—Viscous Drag, Alur Melintang Tipe-D, Skin Friction Coefficient.

I. PENDAHULUAN

Ketika sebuah fluida mengalir pada permukaan, gesekan dengan permukaan menyebabkan aliran dekat permukaan mengalami deselerasi. Daerah yang dinamakan *boundary layer* adalah daerah dimulai dari aliran yang menempel langsung dengan permukaan dan berakhir pada titik dimana kecepatan aliran mendekati kecepatan *freestream*. Penelitian mengenai *boundary layer* pada umumnya diarahkan untuk dapat mengurangi efek negatif yang ditimbulkan oleh aliran fluida, seperti gaya gesek dan gaya drag. Modifikasi pada *boundary layer* akan memungkinkan untuk mengurangi hambatan pada aliran dekat permukaan, hambatan ini menghasilkan gaya drag. Drag akan berhubungan dengan adanya kekasaran permukaan yang sangat berpengaruh terhadap

efisiensi sebuah sistem. Alur melintang tipe-D adalah alur yang memiliki ciri alur dengan jarak yang sama, tegak lurus arah aliran, dan memiliki dimensi yang sama antara kedalaman alur dan lebar alur. Gaya drag akibat gesekan permukaan menyumbang hingga 50% dari gaya drag total pada sebuah pesawat terbang penumpang saat terbang [1].

Choi dan Fujisawa [2] melakukan studi menggunakan pelat datar dengan alur bujur sangkar yang melintang arah aliran fluida di dalam *wind tunnel* berkecepatan rendah, $Re_x = 0,6 \times 10^6$, dengan *static pressure tap* sebanyak 42 tap dipasang pada permukaan *upstream* dan *downstream* alur. Geometri alur untuk eksperimen adalah kedalaman 10 mm dan lebar 10 mm yang diletakan pada 1.15 m dari *leading edge* pelat datar. Hasil yang didapat didapatkan total penurunan *skin friction* sebesar 1%. Jadi pengaruh terhadap penurunan drag kecil sehingga dapat diabaikan.

Pearson *et al* [3] melakukan penelitian dengan alur bujur sangkar yang memiliki lebar dan kedalaman 5 mm. Pengukuran kecepatan dengan LDV (*Laser Doppler Velocimeter*). Hasil eksperimen yang diperoleh adalah pada *boundary layer laminar* dengan $Re_\theta = 110$, menunjukkan bahwa harga perbandingan grafik C_f/C_{f0} terhadap x/δ_0 mengalami peningkatan maksimum sebesar 1.2 pada *leading edge* dan *trailing edge* sebesar 2.2. Pearson *et al* menunjukkan bahwa terjadi kenaikan tajam C_f/C_{f0} tepat pada *downstream* alur.

Sutardi [4] melakukan investigasi efek dari 3 macam ukuran alur melintang yaitu 5 mm, 10 mm, dan 20 mm terhadap *boundary layer* turbulen dengan dua *Reynolds number* berdasarkan *momentum thickness* 1000 dan 3000. Ditemukan bahwa terjadi peningkatan *mean velocity*, *streamwise velocity*, intensitas turbulensi *wall-normal* sesaat *downstream* dari alur dibanding *smooth wall*, dan peningkatan semakin besar seiring dengan peningkatan ukuran alur.

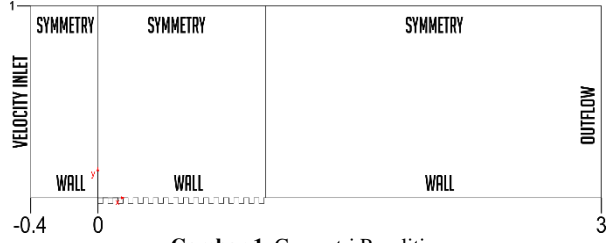
Wahidi dan Chakroun [5] dilakukan menggunakan benda uji dengan panjang 1.9 m dengan luas penampang $457 \times 457 \text{ mm}^2$ disebuah *wind tunnel* dengan kecepatan maksimal *freestream* 33 m/s. Benda uji terletak 600 mm dari awal terbentuknya benda uji. Terdapat 4 benda uji yaitu satu alur bujur sangkar, tiga bujur sangkar dengan perbandingan lebar alur dan jarak antar alur $s/w = 20$, tiga alur ujur sangkar dengan $s/w = 40$ dan empat alur bujur sangkar dengan $s/w = 20$. Masing-masing memiliki kedalaman dan lebar alur 5 mm. Dengan $Re_\theta = 4580$, hasil eksperimen yang didapat menunjukkan peningkatan C_f maksimum benda uji 1 sebesar 5.27 %, benda uji 2

($s/w = 20$) meningkat 5.15%, dan peningkatan minimum pada benda uji 3 ($s/w = 40$) sebesar 2.38 %.

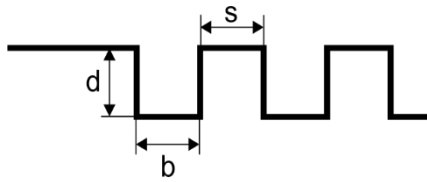
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik. Penelitian dengan menggunakan metode numerik mempunyai tiga tahapan utama yaitu Pre-processing, processing, dan post-processing..

Model yang digunakan terdapat pada gambar 1 berupa geometri pelat datar yang diberi alur bujur sangkar sepanjang pelat datar dengan dimensi kedalaman alur, lebar alur, dan lebar puncak alur yang sama. Terdapat tiga variasi ukuran alur yaitu 4mm, 10mm, dan 30mm. Bilangan Reynolds $Re_x = 2.16 \times 10^6$ dan kecepatan freestream 10 m/s.

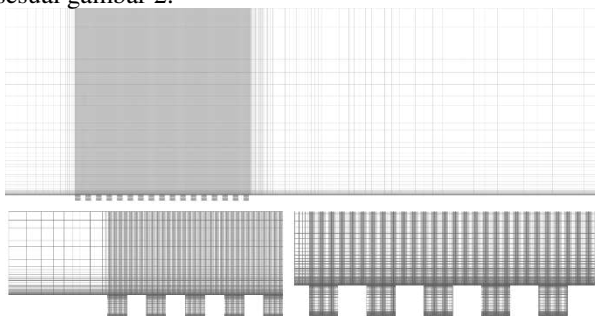


Gambar 1. Geometri Penelitian



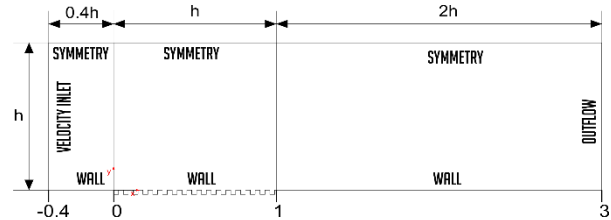
D=depth, b=bottom, s=space
Gambar 2. Alur Tipe-D

Geometri dibagi menjadi 3 zona yaitu *upstream* sepanjang 0.4m, *test-section* sepanjang 1m, dan *downstream* sepanjang 2m. Alur tipe-D memiliki ciri kedalaman alur, lebar alur dan jarak alur yang sama, sesuai gambar 2.



Gambar 3. Meshing geometri penelitian

Domain penelitian diperlihatkan pada gambar 4. Meshing yang digunakan yaitu *quadrilateral cells* dengan $y^+ = 1$ yaitu terdapat pada gambar 3. Model penyelesaian yaitu *2D unsteady flow* dengan model *turbulent viscous* adalah *standard k-epsilon (SKE)*. Formula penyelesaian adalah *segregated* dengan *near wall treatment* menggunakan *standard wall functions*. Harga intensitas turbulensi pada sisi *inlet* yaitu sebesar 1% dengan *turbulent length scale* sebesar 0,01m. Selanjutnya, hubungan antara *pressure* dan *velocity* ditetapkan SIMPLE. Sedangkan diskritisasi persamaan digunakan *second order* dengan *convergence criterion* yaitu 10^{-6} .



Gambar 4. Domain penelitian

Setelah dilakukan proses iterasi dengan *time-step* 0.001s, *number of iteration* 600 dan *maximum iteration per time-step* 20. Analisa yang dilakukan meliputi: Profil kecepatan, intensitas turbulensi, koefisien *skin-friction*, koefisien tekanan, koefisien *drag* total, visualisasi vektor kecepatan, dan visualisasi *inflow-ejection*.

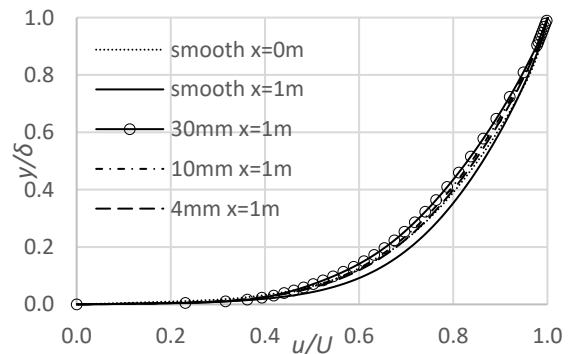
III. HASIL DAN ANALISA

A. Profil Kecepatan

Analisa profil kecepatan akan dibandingkan pada pelat datar (*smooth-wall*) dengan pelat beralur melintang berukuran 4mm, 10mm, dan 30mm terdapat pada gambar 5. Dari profil kecepatan aliran dapat terlihat fenomena-fenomena yang terjadi akibat adanya tegangan geser. Tegangan geser tersebut terjadi karena viskositas dari fluida yang mengalir diatas permukaan dan adanya koefisien *skin-friction*. Profil kecepatan aliran pada penelitian ini dipresentasikan dalam grafik parameter tanpa dimensi yaitu y/δ fungsi u/U_∞ .

Profil kecepatan untuk pelat datar (*smooth-wall*) pada $x = 1m$ terlihat lebih turbulen dari pada saat $x = 0m$. Sedangkan pada pelat beralur tipe-D berbagai ukuran saat $x = 1m$ terlihat kurang turbulen daripada saat $x = 0m$. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh alur terhadap profil kecepatan diatas pelat datar. Terbentuk *vortex* didalam alur yang berfungsi seperti *slider* sehingga merubah *boundary layer* yang terbentuk diatas pelat datar.

Shape factor (H) adalah salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai acuan apakah profil kecepatan turbulen atau *laminar*. Secara umum aliran turbulen memiliki *shape factor* yang bernilai 1.3-1.5, sedangkan aliran *laminar* secara umum memiliki nilai 2,59 [6]. Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa efek pemberian alur melintang tipe-D membuat aliran kurang turbulen dibanding tanpa alur (*smooth-wall*).



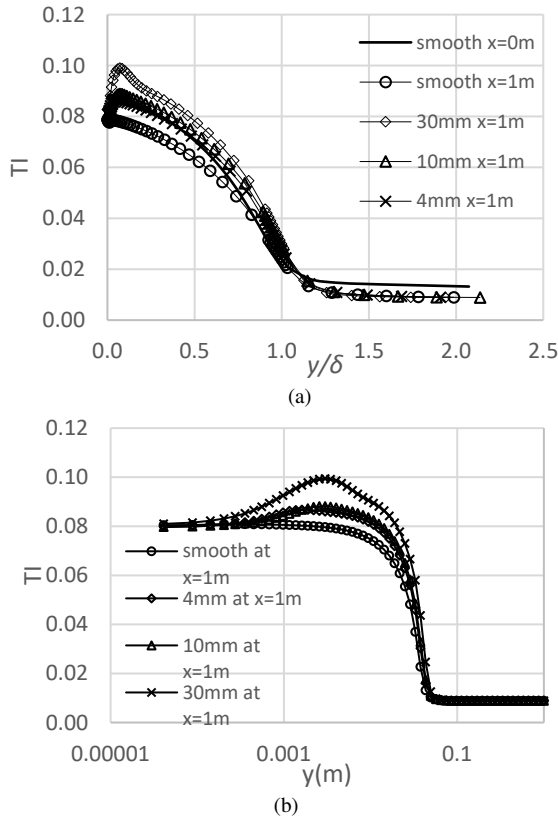
Gambar 5. Profil Kecepatan dalam bentuk parameter non-dimensional.

TABEL 1. NILAI SHAPE FACTOR BOUNDARY LAYER SAAT X=1M.

Shape Factor saat x=1m	
Geometri	H= δ^*/θ
smooth-wall	1.4861
4mm	1.5189
10mm	1.5234
30mm	1.5486

B. Intensitas Turbulensi

Nilai intensitas turbulensi pada pelat datar (*smooth-wall*), pelat beralur 4mm, 10mm, dan 30mm saat $x=1m$ terhadap *non-dimensional* parameter y/δ terdapat pada gambar 6 (a) dan (b). Terlihat pada daerah $x=1m$, efek pemberian alur tipe-D meningkatkan intensitas turbulensi dibanding pelat datar (*smooth-wall*), dimana tingkat intensitas meningkat seiring meningkatnya ukuran alur. Efek koefisien *skin-friction* dan *pressure-gradient* akibat penambahan alur berkontribusi pada peningkatan nilai intensitas turbulensi sepanjang pelat datar (*smooth-wall*) dan pelat beralur tipe-D. Meningkatnya intensitas turbulensi menandakan meningkatnya momentum aliran fluida. Peningkatan intensitas turbulensi terjadi maksimal pada alur tipe-D ukuran 30mm dibanding dengan tipe-D ukuran 10mm, 4mm, maupun pelat tanpa alur. Pada gambar 6 (b) plot logaritmik dari intensitas turbulensi pada pelat datar (*smooth-wall*), dan pelat beralur tipe-D 4mm, 10mm, 30mm.

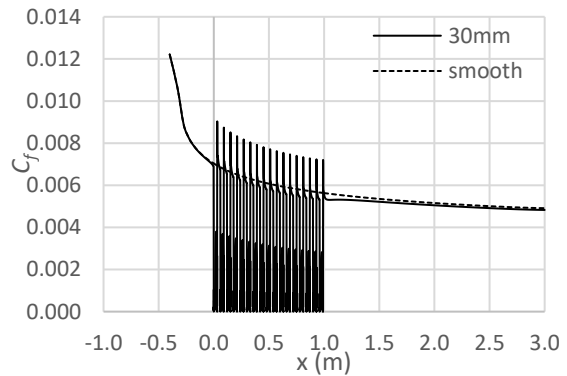


Gambar 6. Intensitas turbulensi (a) plot linier (b) plot logaritmik

C. Koefisien Gesek pada Dinding

Gambar 7 merupakan distribusi koefisien pelat beralur tipe-D 30mm sepanjang *domain wall*. Terlihat saat melewati alur terjadi pola garis yang berulang dengan titik puncak garis yang menurun seiring jarak. Tabel 2 menunjukkan nilai C_f saat $x=1m$ pada pelat datar (*smooth-wall*), pelat beralur melintang tipe-D 4mm, 10mm, dan 30mm. Nilai C_f terbesar terjadi pelat beralur tipe-D ukuran 4mm dan nilai C_f paling kecil pada pelat beralur melintang dengan ukuran alur 30mm seperti pada tabel 2. Penurunan harga C_f pada pelat beralur tipe-D dibanding pelat datar (*smooth-wall*) adalah akibat terbentuknya *semi-stable vortex* didalam alur. Terbentuknya *semi-stable vortex* ini menyebabkan fluida yang melintas diatas alur dapat melintas tanpa mengalami gesekan dengan permukaan. Fluida yang melintas diatas alur ini akan bersinggungan dengan *semi-stable vortex* akan

terjadi pertukaran energi diantara keduanya. Semakin besar *semi-stable vortex* yang terbentuk semakin dapat mengurangi gesekan permukaan yang dialami fluida yang mengalir diatas alur.



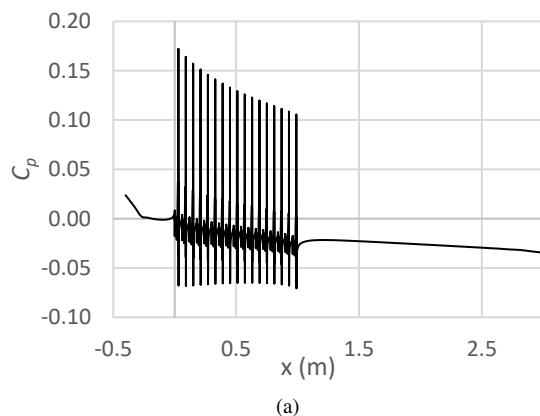
Gambar 7. Distribusi koefisien *skin-friction* (C_f) pada pelat datar (*smooth-wall*) dengan pelat beralur tipe-D 30mm saat $x= -0.4m$ hingga $x= 3m$.

TABEL 2. NILAI C_f SAAT $X= 1 M$ PADA PELAT DATAR (*SMOOTH-WALL*), PELAT BERALUR 4MM, 10MM, DAN 30MM

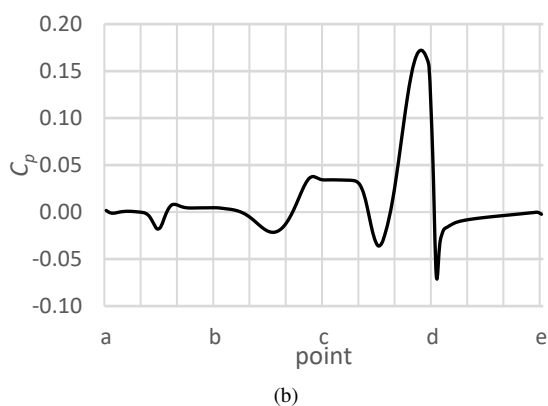
Geometri	C_f saat $x= 1 m$
<i>smooth-wall</i>	0.00563
4mm	0.005913
10mm	0.005866
30mm	0.005566

D. Koefisien Tekanan (C_p) dan Gaya Drag

Gambar 8 (a) merupakan distribusi koefisien pelat beralur tipe-D 30mm sepanjang *domain wall*. Terlihat saat melewati alur terjadi pola garis yang berulang dengan titik puncak garis yang menurun seiring jarak. Apabila koefisien tekanan pada sepanjang jarak antar titik-titik (a-b-c-d-e) digambarkan pada sebuah grafik, maka akan terlihat pada gambar 8 (b). Secara fisik dapat disimpulkan bahwa terdapat *semi-stable vortex* yang terbentuk didalam alur. Daerah yang tersinggung vektor kecepatan dari *semi-stable vortex* akan memiliki nilai C_p yang lebih rendah daripada yang tidak bersinggungan. Titik puncak berada pada titik d, karena saat titik tersebut kecepatan aliran mengalami perlambatan (menabrak dinding). Pelat dengan alur tipe-D ukuran 30mm menghasilkan nilai koefisien tekanan tertinggi dibanding pelat dengan ukuran 10mm dan 4mm, yaitu sebesar 0.172072 pada $y/d= -1/7.75$ diantara titik c-d pada gambar 8 (b). Titik ini disebut juga titik stagnasi, yaitu titik disaat kecepatan lokalnya bernilai nol dan tekanan statis nya bernilai paling tinggi.



(a)



Gambar 8. Distribusi C_p pada pelat beralur tipe-D ukuran 30mm (a) sepanjang domain wall (b) saat alur pertama

Koefisien drag total dikontribusi oleh *pressure/form drag* yaitu gaya drag akibat gradien tekanan dan *viscous/friction drag* yaitu gaya drag akibat gesekan. Tabel 3 menunjukkan nilai koefisien drag (C_d) pada pelat datar dan pelat beralur melintang tipe-D dengan variasi ukuran 4 mm, 10 mm, dan 30 mm pada $Re_x = 2.16 \times 10^6$. Dari Tabel 3 dapat diketahui pemberian alur melintang tipe-D pada sebuah pelat datar akan meningkatkan nilai koefisien drag total. Nilai C_d *approximate* atau berdasarkan teori didapat dari rumus. Peningkatan nilai koefisien drag tekanan disebabkan besarnya gradien tekanan diluar alur dan didalam alur walaupun nilai koefisien *friction drag* mengalami penurunan. Nilai koefisien drag total akibat penambahan alur melintang tipe-D dibandingkan dengan tanpa alur meningkat seiring dengan peningkatan ukuran alur melintang. Peningkatan terbesar terjadi pada alur ukuran 30 mm yaitu 14.1%, sedangkan paling kecil pada ukuran alur 4 mm yaitu 11.7% dibandingkan dengan pelat datar (*smooth-wall*). Dapat disimpulkan pula bahwa semakin besar ukuran alur tipe-D akan meningkatkan nilai koefisien drag tekanan namun menurunkan nilai koefisien *friction drag*. Karena peningkatan pada koefisien drag tekanan lebih signifikan daripada penurunan koefisien *friction drag*, maka koefisien *total drag* mengalami peningkatan.

TABEL 3. KOEFISIEN DRAG (C_D) PADA PELAT DATAR DAN PELAT BERALUR MELINTANG TIPE-D DENGAN VARIASI UKURAN ALUR

UNSTEADY $Re_x = 2.16 \times 10^6$						
	Pressure Drag Coeff.	Viscous Drag Coeff.	Total Drag Coeff.	Peningkatan %	C_d^* approx	error %
<i>smooth wall</i>	0	0.0058	0.0058	-	0.0040	46.4
4 mm	0.0012	0.0053	0.0065	11.7		
10 mm	0.0013	0.0053	0.0066	13.7		
30 mm	0.0019	0.0047	0.0067	14.1		

*) power-law $\frac{u}{U} = (\frac{y}{\delta})^{\frac{1}{7}}$

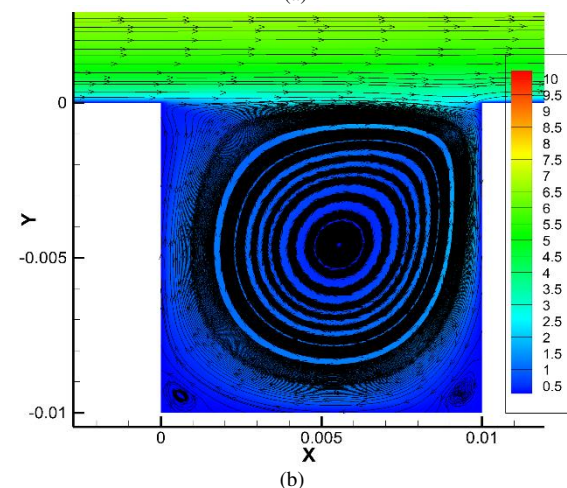
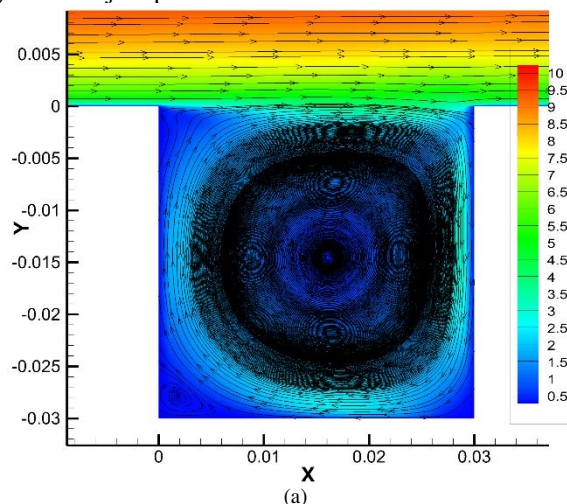
E. Visualisasi Aliran Didalam dan Disekitar Alur

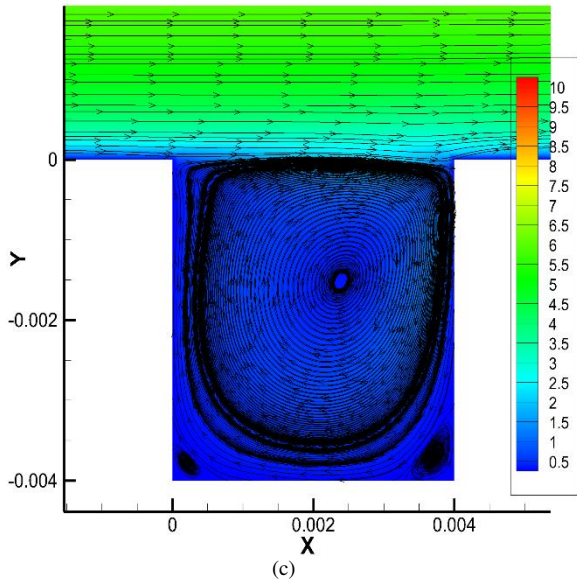
Visualisasi kontur kecepatan dapat dilihat pada gambar 9 yaitu pada pelat beralur tipe-D ukuran 30mm, 10mm dan 4mm. Dapat terlihat didalam alur terbentuk *semi-stable vortex*. Semakin luas alur semakin luas pula *semi-stable vortex* yang terbentuk. *Semi-stable vortex* nantinya akan berperan penting dalam penurunan nilai koefisien *skin-friction*. Visualisasi yang diambil yaitu saat aliran melewati alur pertama. Pada pelat beralur tipe-D ukuran 30mm, 10mm, dan 4mm terbentuk pula *secondary vortex* pada sisi *upstream* dan *downstream* bawah alur.

Secondary vortex terbentuk adalah akibat dari *semi stable vortex* yang terbentuk tidak berada simetri ditengah-tengah alur, menyebabkan terdapat ruang yang tidak tersinggung vektor kecepatan *semi stable vortex* di *upstream* bawah alur. *Semi stable vortex* yang terbentuk memiliki arah CW, sedangkan *secondary vortex* sebaliknya. Gambar 9 merupakan hasil visualisasi melalui *software postprocessing Tecplot*, dimana kontur kecepatan sebagai *background* dan dilengkapi garis *streamtraces*. Terdapat kelebihan *postprocessing Tecplot* dibanding *postprocessing* melalui *software fluent* apabila ingin menampilkan vektor kecepatan. Kelebihannya yaitu dapat menampilkan *streamtraces* sehingga dapat terlihat jelas *vortex* yang terbentuk.

Terdapat fenomena lain yang terjadi didalam alur, yaitu *inflow-ejection* fluida yang berada didalam alur, yaitu fluida didalam alur sesaat mengalami pergantian (*inflow-ejection*). *Ejection* yaitu saat fluida keluar dari dalam alur kemudian sesaat itu proses *inflow* terjadi, yaitu saat fluida masuk kedalam alur membentuk *semi-stable vortex*. *Ejection* terjadi hampir disepanjang atas alur, sedangkan *inflow* terjadi sesaat batas *downstream* alur.

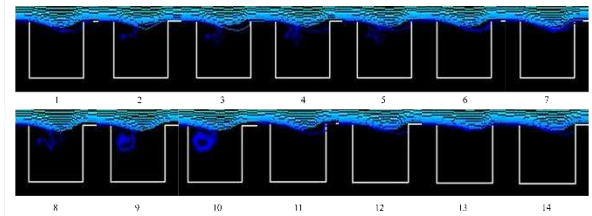
Gambar 10 menunjukkan proses terjadinya *inflow-ejection* pada alur pertama pelat beralur 30mm dengan visualisasi *pathlines* yang dilepas dari *domain inlet*. Nomor 1-7 terjadi saat detik ke 1×10^{-3} , selanjutnya nomor 8-14 terjadi saat detik ke 2×10^{-3} . Proses *inflow* terjadi pada nomor 2-4 dan 8-10. Sedangkan proses *ejection* terjadi pada nomor 5-7 dan 11-13.





Gambar 9. Visualisasi kontur dan vektor kecepatan, (a) pelat datar beralur tipe-D ukuran 30mm, (b) 10mm, dan (c) 4mm.

Hasil visualisasi yang didapat pada gambar 10 menunjukkan proses *inflow-ejection* yang terjadi terlihat kuat dan sekali waktu terlihat lemah. Proses ejection tidak mengganggu *semi-stable vortex* yang terbentuk didalam alur, namun proses *inflow* akan memperkuat kecepatan *semi stable vortex* didalam alur.



Gambar 10. Visualisasi *inflow-ejection* pelat datar beralur tipe-D ukuran 30mm.

Proses *inflow-ejection* ini sesuai dengan apa yang dilaporkan oleh [7]. Elavarasan [7] menyatakan waktu *inflow* atau *ejection* dalam bentuk parameter tidak berdimensi dengan rumus :

$$t^+ = \frac{t \cdot (u^*)^2}{\nu} \quad (4.1)$$

dimana : t = periode (s)

u^* = *frictional velocity* (m/s)

ν = viskositas kinmetis (m^2/s)

dan frekuensi dalam bentuk parameter tidak berdimensi yaitu :

$$f^+ = \frac{1}{t^+} \quad (4.2)$$

Waktu yang didapatkan untuk satu siklus *inflow-ejection* yang diperoleh dari hasil visualisasi gambar 4.13 yaitu 1×10^{-3} detik. Memiliki harga $t^+ = 16.8$ dan harga $f^+ = 0.0595$

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa karakteristik aliran melewati pelat datar (*smooth-wall*), pelat beralur tipe-D ukuran 30mm, 10mm, dan 4mm, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan alur melintang tipe-D pada sebuah pelat datar dengan $Re_x = 2.16 \times 10^6$ meningkatkan nilai koefisien *drag* total disebabkan gradien tekanan yang terbentuk diatas alur, walaupun nilai koefisien *skin-friction* mengalami penurunan. Ukuran alur 4mm ditemukan memiliki peningkatan nilai koefisien *drag* total yang paling rendah daripada variasi ukuran alur tipe-D lainnya.
2. Terjadi *ejection* keluar alur dan *inflow* ke dalam alur untuk aliran yang melewati pelat beralur tipe-D 30mm. Durasi satu kali siklus *inflow-ejection* yaitu $t^+ (= t(u^*)^2/\nu) \sim 16.8$

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., Ph.D selaku pembimbing. Dr. Wawan Aries Widodo ST. MT., Dr. Ir. Heru Mirmanto. MT., dan Dedy Zulhidayat Noor ST. MT. Ph.D. yang telah banyak memberikan masukan positif dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coustols, E. and Savill, A.M. Turbulent skin friction drag reduction by active and passive means: Special course on skin friction drag reduction, AGARD Report 786 8.1–8.80. 1991.
- [2] Choi KS, Fujisawa N. Possibility of drag reduction using *d*-type roughness. *Appl Sci Res* 50: 315–324. 1993
- [3] Pearson, B., R., Elavarasan, R. and Antonia, R., A. The response of a turbulent boundary layer to a square groove, *ASME J. Fluids Engg.*, Vol. 119. 1997.
- [4] Sutardi. "Effect of different shaped transverse grooves on a zero pressure gradient turbulent boundary layer", PhD Thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada. 2003
- [5] Wahidi R, Chakroun W, Al-Fahed. The behavior of the skin-friction coefficient of a turbulent boundary layer flow over a flat plate with differently configured transverse square grooves : *Experimental Thermal and Fluid Science* 30 141–152. 2005
- [6] Schlichting, Hermann. *Boundary-Layer Theory*, 7th ed., McGraw Hill, New York, U.S.A. 1979