

Study Eksperimental Jarak Terhadap Koefisien Tekanan Silinder Ganda Diposisikan Alined

Ketut Astawa, Sukadana & Karnata.

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung

email : ketut.astawa@me.unud.ac.id.

Abstrak

Faktor-faktor yang mempengaruhi dari koefisien tekanan fluida adalah kecepatan fluida, kerapatan fluida, viskositas fluida dan geometri dari permukaan yang dilewati oleh fluida. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan beberapa faktor yang mempengaruhi nilai koefisien tekanan yaitu permukaan geometri termasuk bentuk silinder dan variasi aliran. Tekanan yang diukur didasarkan pada perubahan panjang kolom minyak (r , mm) pada manometer miring yang tersambung ke tekanan yang terletak pada permukaan silinder. Data yang dikumpulkan didasarkan pada variasi tiga jenis ruang tabung 1.2D, 1.7D, dan 2.2D, dan tiga jenis variasi diameter silinder ada 2", 2.5" dan 3", dan aliran bebas dijaga tetap konstan 6 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tinggi ruang tabung mempengaruhi posisi dan nilai dari tekanan maksimum di bagian belakang silinder. Nilai dan posisi dari titik pemisahan lebih pada arah belakang sejalan dengan peningkatan aliran bebas. Penurunan tekanan terjadi pada bagian belakang pada aliran bebas yang tinggi.

Kata kunci: Menggertak tubuh, Koefisien tekanan permukaan, Pemisahan titik, Penurunan tekanan, Tekanan maksimum.

Abstract

Study Experimental Distance to Pressure Coefficient Double Cylinders Positioned Alined

Factors affecting of coefficient of pressure are fluid velocity, fluid density, fluid viscosity and geometry of surface which is pased by fluid. This research is conducted by variation of some factors affecting value of pressure coefficient that are surface geometry including cylindrical shape and bluff body, and variation of free stream. The pressure to be measured is based by change of oil column length (r , mm) at incline manometer which is connected to pressure tap located on cylindrical surface. Pressure data collected based on three types of space tube variation, there are 1.2D, 1.7D, and 2.2D, and three types of cylindrical diameter variation there are 2", 2.5" and 3", and free stream is kept to be constant at 6 m/s. The results of research show that, the higher space tube affecting on the value and position of maximum pressure on the back cylindrical. Value and position of separation point is more to be back direction as increasing of free stream. Pressure drop happen on back cylindrical at high free stream.

Keywords: Bluff body, Surface coefficient of pressure, Separation point, Pressure drop, Maximum pressure.

1. Pendahuluan

Dalam ilmu mekanika fluida dijelaskan bahwa fluida memiliki sifat – sifat viskositas, berat jenis dan lainnya. Semua fluida memiliki viskositas yang berbeda, sebab itu gesekan aliran fluida berbea. Gesekan pada aliran fluida akan menentukan keadaan fisik aliran. Dalam *Reynold Number* dinyatakan bahwa viskositas memiliki peranan yang penting dalam menentukan jenis aliran suatu fluida. Fluida viskos yang mengalir melewati suatu benda padat akan terjadi *Boundary Layer* pada permukaan benda tersebut. Lapisan batas ini menyatakan daerah dimana efek viskositas fluida masih terjadi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien tekanan (*coefficient of pressure*) diantaranya adalah kecepatan fluida, densitas fluida, geometri permukaan dan viskositas fluida. Pengaruh dari parameter- parameter ini dapat memperlihatkan pola dari suatu aliran. Maka penulis tertarik untuk

melakukan penelitian pengaruh variasi jarak dan diameter silinder terhadap distribusi koefisien tekanan pada silinder ganda dipasang *in-line* horisontal dengan aliran melintang.

Bentuk permukaan yang digunakan pada penelitian ini adalah bentuk dengan tiga variasi diameter dan jarak antar silinder yang berbeda. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana pengaruh jarak dan diameter silinder terhadap distribusi koefisien tekanan pada permukaan silinder ganda dipasang *in-line* horisontal dengan aliran fluida kerja melintang ?

Guna mempersempit ruang pembahasan maka masalah dibatasi : Tiga diameter Silinder uji (2 inch, 2,5 inch dan 3 inch) dengan panjang masing-masing 45 cm. Tiga variasi jarak silinder (sp) adalah 1,2D, 1,7D, 2,2D. (*Lam, Wong dan Ko,1993*). Kecepatan aliran fluida kerja konstan sebesar 6 m/s. Kekasaran

permukaan dianggap seragam pada setiap bidangnya. Pengambilan data dilakukan pada kondisi asumsi *steady state*.

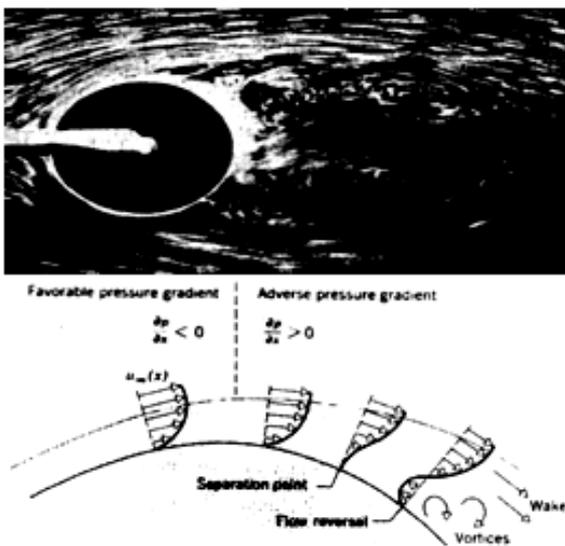
2. Tinjauan Pustaka

Fluida adalah suatu zat atau substansi yang akan mengalami perubahan jika dikenai gaya geser sekecil apapun. Perbedaan mendasar dari kedua fluida tersebut adalah sifatnya yang *incompressible* (air) dan *compressible* (gas). Fluida ideal adalah fluida yang *inviscid* dan *incompressible*. Sedangkan untuk fluida yang sebenarnya (*riil*) memperhitungkan viskositas dan densitas. Analisis gaya-gaya yang ditimbulkan oleh aliran sangat penting dalam kaitannya dengan desain dari berbagai alat seperti pesawat terbang, mobil, dan lainnya. Salah satu gaya yang ditimbulkan oleh aliran fluida adalah gaya hambat (*drag force*).

Lapisan batas (*Boundary Layer*)

Aliran udara yang mengalir pada suatu benda terjadi aliran lapisan – lapisan udara yang rata serta sejajar dengan permukaan benda tadi, maka aliran udara yang demikian disebut aliran udara Laminar. Aliran udara laminar ini juga terjadi *Boundary Layer*, sehingga kecepatan lapisan udara yang dekat dengan permukaan benda akan lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan lapisan udara yang dititik yang lebih jauh dari permukaan benda. Didalam *boundary layer* pengaruh viskositas relatif besar sehingga profil kecepatan tidak *uniform*. Di luar *boundary layer*, tidak ada pengaruh viskositas sehingga aliran dapat diperlakukan sebagai *inviscid flow*.

Lapisan batas (*boundary layer*) adalah lapisan tipis pada permukaan padat (*solid surface*) tempat fluida mengalir dimana pengaruh viskositas relatif besar.



Gambar 1. Boundary layer

Gambar 1 menjelaskan bahwa fluida mengalir dengan kecepatan seragam sebesar U_{∞} . Sewaktu melewati permukaan padat, terbentuklah *shear layer* yang menghasilkan profil kecepatan. Pada titik A dan A', fluida memiliki kecepatan nol (*no-slip condition*). Pada titik B dan B', fluida memiliki kecepatan sebesar U_{∞} , dimana $y_{B'} > y_B$. Pada $0 \leq y \leq y_B$ dan $0 \leq y \leq y_{B'}$, besarnya kecepatan dinyatakan $0 \leq U \leq U_{\infty}$. pada $y > y_B$ dan $y > y_{B'}$, harga $U = U_{\infty}$, ini berarti tidak ada gradien kecepatan atau gaya geser yang bekerja sama dengan nol.

Pada lapisan batas, efek viskositas masih terjadi atau gradien kecepatan pada arah vertikal masih terjadi. Di atas *boundary layer* fluida mengalir dengan kecepatan seragam sebesar U_{∞} . *Boundary layer* merupakan keadaan yang dinyatakan sebagai lapisan dimana kecepatan aliran fluida sebesar $0,99 U_{\infty}$.

Untuk aliran $\partial P/\partial x = 0$, perlambatan tersebut mengakibatkan berkurangnya momentum tetapi tidak cukup membawa partikel yang mengalir berhenti. Pada kawasan dimana $\partial P/\partial x < 0$, tidak ada kemungkinan gerakan partikel akan berhenti. Pada kawasan $\partial P/\partial x > 0$, disini gerakan partikel secara berangsur-angsur diperlambat sampai betul-betul berhenti $\left. \frac{\partial P}{\partial y} \right|_{y=0} = 0$ atau aliran dalam boundary layer

mengalami separasi. Dan selanjutnya dibelakang titik separasi terjadi suatu aliran balik (*back flow*).

Bilangan Reynold (*Reynold Number*)

Bila kerapatan dan viskositas tetap, ternyata aliran udara *laminar* akan berubah menjadi aliran pusar (*turbulen*) pada suatu kecepatan tertentu dan besar kecepatan ini berbanding terbalik dengan diameter pipa yang dipakai : ^[1]

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \tag{1}$$

dimana :

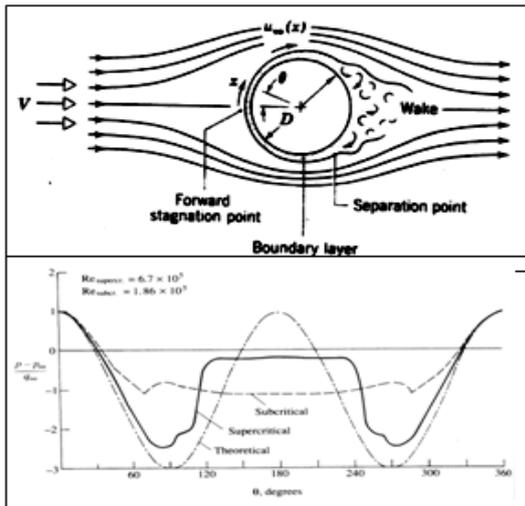
Re = Bilangan Reynold (*Reynold Number*)

ρ = Density udara (kg/m^3)

V = Kecepatan udara (m/det)

μ = Viskositas dinamik

Batas dimana aliran laminar berubah menjadi aliran turbulen disebut dengan bilangan Reynold Kritis (*Critical Reynold Number*). Titik yang terdapan pada silinder ini dinamakan titik stagnasi (*stagnation point*). Partikel-partikel fluida yang membentur titik itu akan berhenti, dan tekanan pada titik stagnasi p_0 meningkat kurang lebih satu tingkat kecepatan (*velocity head*), yakni $(\rho_{\infty} \times V_{\infty} / 2 \times g_c)$, di atas tekanan aliran bebas (*free stream*) yang datang p_{∞} (Kreith, 1991).

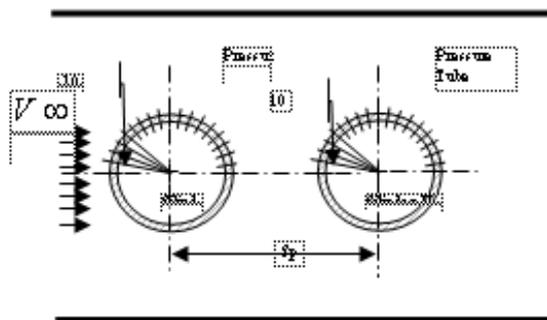


Gambar 2. Formasi dan perpisahan lapisan batas pada sebuah silinder aliran melintang (Incopera dan De Witt, 1981)

3. Metode Penelitian

Peralatan Penelitian

Silinder yang digunakan jenis pipa PVC, dengan diameter pipa sebesar 2 inch, 2,5 inch dan 3 inch. Pemasangan *pressure tube* dilakukan pada setengah keliling silinder pada bagian atas. Posisi tiap titik dari *pressure tube* berjarak 10° dari titik 0 derajat permukaan depan silinder, sehingga akan diperoleh 18 titik *pressure tube* pada tiap silinder. Untuk mendapatkan kecepatan angin yang diinginkan, maka digunakan satu Blower. Adapun spesifikasi Blower tersebut adalah sebagai berikut : motor 2 hp, 2890 rpm, 3,4 A, 3 phase. Kecepatan angin pada penelitian yang digunakan sebesar 6 m/s dengan jarak sumber angin sampai ke pipa uji yaitu sepanjang 188 cm. Blower ini dibantu dengan dudukan yang telah didesain sebelumnya, sehingga motor penghasil angin berada tepat di tengah titik sisi input dari *wind tunnel*.



Gambar 3. Skema Pemasangan Silinder dan Pressure tube pada Wind Tunnel

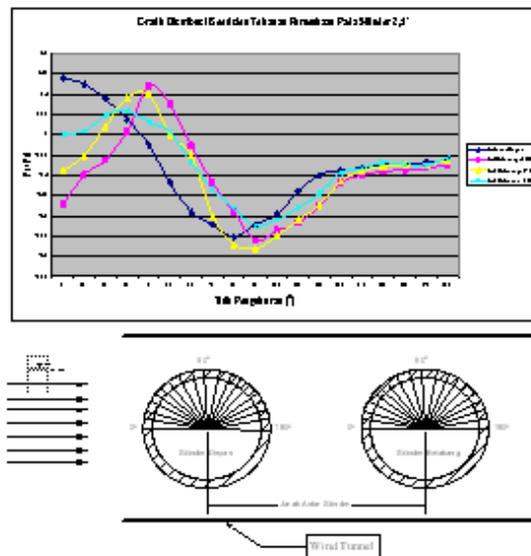
4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Distribusi Koefisien Tekanan Permukaan Pada Silinder 2,5"

Dari data yang diperoleh pada pengujian silinder dengan diameter 2,5" dengan variasi jarak antar silinder, distribusi koefisien tekanan pada permukaan silinder divisualisasikan pada Gambar 4. Pada posisi titik pengukuran 0° dari silinder depan

merupakan titik stagnasi hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien tekanan permukaan yang mencapai titik maksimum yaitu 0,13 selanjutnya tekanan menurun seiring dengan perubahan posisi titik pengukuran sampai mencapai titik pengukuran 80° yang bernilai -0,25 dan kemudian meningkat kembali sampai pada titik pengukuran 120° bernilai -0,1.

Untuk silinder belakang dilakukan perlakuan berupa variasi jarak antar silinder, dari gambar 4. terlihat pada jarak 1,2D pada titik pengukuran 0° koefisien tekanan permukaan bernilai -0,17, kemudian koefisien tekanan permukaan mulai naik sampai pada titik pengukuran 40° dengan nilai koefisien tekanan permukaan mencapai 0,12, kemudian menurun lagi sampai pada titik pengukuran 90° dengan nilai koefisien tekanan permukaan mencapai nilai -0,26. Setelah melewati titik pengukuran 100° tekanan mulai naik kembali sampai nilai tekanan permukaan mencapai nilai -0,1 pada titik pengukuran 150°.



Gambar 4. Grafik Distribusi Tekanan Permukaan Pada silinder 2,5" Dengan Variasi Jarak Silinder Belakang.

Untuk jarak 1,7D nilai koefisien tekanan permukaan pada permukaan silinder mulai meningkat hal ini dapat dilihat pada gambar 4 dengan *trend line* berwarna kuning, dititik pengukuran 0° nilai koefisien tekanan permukaan bernilai -0,08 berbeda dengan nilai koefisien tekanan pada jarak 1,2D, nilai koefisien tekanan permukaan pada titik ini mengalami kenaikan sebesar 52 %. Selanjutnya tekanan mulai meningkat sampai pada titik maksimum yaitu pada titik pengukuran 30° sebesar 0,1, setelah melewati titik ini tekanan kembali mengalami penurunan sampai titik pengukuran 80° dengan nilai koefisien tekanan -0,28 yang merupakan titik minimum dari koefisien tekanan permukaan untuk jarak 1,7D setelah itu nilai koefisien tekanan kembali mengalami peningkatan sampai di titik pengukuran 140° yaitu sebesar 0,09

Fenomena yang sama juga terjadi pada silinder belakang setelah jarak silinder diubah menjadi 2,2D, pada jarak 2,2D koefisien tekanan permukaan pada titik 0° bernilai 0 atau naik sekitar 100 % dari titik pengukuran pada variasi pada jarak 1,7D. Dari titik ini nilai koefisien tekanan permukaan masih meningkat sampai nilai koefisien tekanan permukaan bernilai 0,057 pada titik pengukuran 30° dan kemudian nilai koefisien tekanan permukaan mengalami penurunan sampai pada nilai koefisien tekanan permukaan -0,22 yang juga merupakan nilai minimum dari koefisien tekanan permukaan yang terjadi pada titik pengukuran 90°, mulai dari titik ini selanjutnya nilai koefisien tekanan permukaan kembali mengalami peningkatan sampai pada titik pengukuran 150° yang bernilai -0,07

Perbandingan Distribusi Koefisien Tekanan Permukaan Silinder Pada Jarak 2,2D Dengan Variasi Diameter Silinder

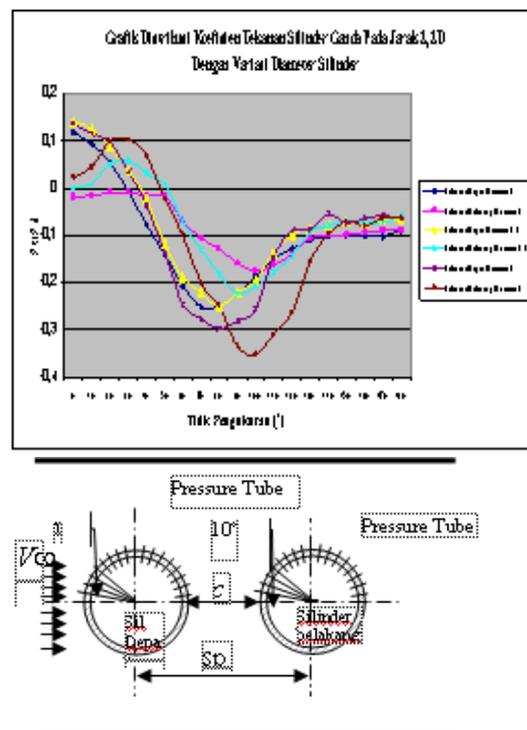
Pada variasi jarak 2,2D distribusi koefisien tekanan permukaan pada silinder dengan diameter silinder yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5. Pada jarak 2,2D jarak antar permukaan terluar (*clearance*) antara silinder depan dengan silinder belakang adalah sebesar 7,2 cm untuk diameter 2”, 9,2 cm untuk silinder 2,5” dan 10,8 cm untuk silinder 3” cm. Gambar 5. tersusun dari beberapa silinder dengan diameter yang berbeda, yaitu silinder diameter 2”, 2,5” dan 3” pada variasi jarak yang sama yaitu pada jarak 2,2D.

Dilihat dari pola distribusi tekanan secara keseluruhan pada masing-masing silinder memiliki pola yang hampir sama. Untuk silinder depan letak titik stagnasi berada pada titik paling depan yaitu pada titik pengukuran 0°, kemudian mengalami penurunan nilai koefisien tekanan sampai titik minimum dimana pada daerah ini kecepatan fluida mengalir pada kecepatan maksimum, rata-rata titik minimum ini berada pada titik pengukuran 80°, dengan kata lain titik separasi terjadi lebih awal pada bagian depan (*upstream*) <90°. Setelah melewati titik ini fluida yang telah mengalami penurunan momentum menjadi lebih lambat, sehingga menyebabkan nilai koefisien tekanan permukaan mulai meningkat mencapai titik pengukuran 140°. Dalam hal ini pola koefisien tekanan permukaan untuk silinder depan hampir sama karena tidak ada gangguan yang signifikan pada aliran fluida selama mengalir melewati permukaan silinder depan.

Berbeda halnya dengan silinder pada posisi di belakang, pengaruh dari diameter yang berbeda ternyata menyebabkan pola yang berbeda antara silinder 2”, 2,5” dan 3”. Perbedaan yang sangat mencolok ini dapat dilihat pada gambar 5, dimana letak nilai tekanan maksimum dari diameter-diameter ini berbeda. Pada silinder belakang dengan diameter 2” nilai tekanan maksimum berada pada titik pengukuran 30°, pada silinder belakang dengan

diameter 2,5” nilai tekanan maksimum berada pada titik pengukuran 30° dan untuk silinder belakang dengan diameter 3” nilai tekanan maksimum berada pada titik pengukuran yang sama yaitu 30°.

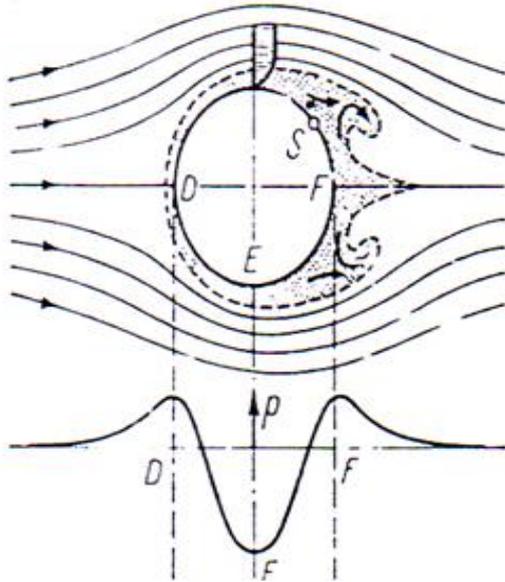
Pada Gambar 6. menjelaskan fenomena terjadinya separasi lapisan batas (*boundary layer*). Dapat diperhatikan persamaan pola antara grafik distribusi koefisien tekanan permukaan dengan grafik pada Gambar 6 dimana pada bagian depan (*upstream*) partikel fluida mengalami percepatan. dari Gambar terjadi dari bagian D sampai seperempat bagian silinder yaitu sampai di titik E dan selanjutnya mengalami penurunan kecepatan dari titik E sampai di titik F. hal ini menyebabkan terjadinya penurunan nilai koefisien tekanan permukaan dari titik D ke titik E dan mengalami peningkatan dari titik E ke titik F.



Gambar 5. Grafik Distribusi Koefisien Tekanan Permukaan silinder Ganda Jarak 2,2D Dengan Variasi Diameter Silinder

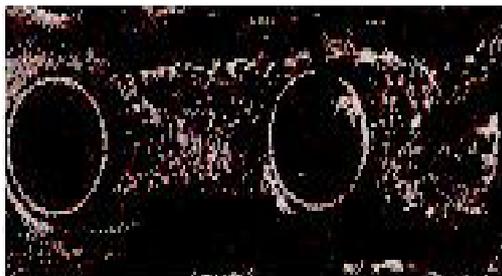
Pada saat fluida mengalir melintasi permukaan silinder terjadi transformasi tekanan menjadi energi kinetik ($\frac{1}{2}\rho.V^2$) sepanjang lintasan dari titik D ke E dan terjadi sebaliknya dari titik E ke F, namun besarnya kecepatan di lintasan D - E tidak sama dengan kecepatan di titik E - F karena pada saat fluida mengalir partikel – partikel fluida ini menggunakan energi kinetik untuk melawan energi gesekan yang terjadi di sepanjang daerah lapisan batas (*Boundary Layer*) hal ini menyebabkan berkurangnya momentum yang dimiliki aliran fluida untuk mampu menerobos daerah lembah tekanan (*pressure hill*) yang terjadi pada bagian belakang silinder (*down stream*) dan mengakibatkan aliran

akan terpisah dari permukaan silinder. Berpisahnya aliran fluida dari permukaan ini dinamakan separasi dapat dilihat pada Gambar 6 pada titik S merupakan titik terjadinya separasi.



Gambar 6. Gambar Separasi lapisan Batas (Boundary Layer) dan Pembentukan Aliran Balik (Back Flow)

Separasi disebabkan momentum fluida pada tekanan tinggi, kecepatan rendah memiliki nilai lebih kecil dari pada momentum dari arah hilir (*down stream*) yang tekanannya lebih rendah. Momentum dari arah hilir ini akan mendesak momentum yang lebih kecil sehingga aliran akan bergerak dengan arah berlawanan, fenomena ini dinamakan dengan aliran balik (*back flow*). Untuk lebih jelas gambar *back flow* pada silinder dapat dilihat pada gambar 7. Terjadinya separasi dan efek *back flow* yang terjadi dibelakang silinder menimbulkan pengaruh yang sangat signifikan untuk silinder dibelakangnya. Dari Gambar 5. untuk silinder belakang mengalami perbedaan posisi titik stagnasi (*stagnation point*). Pada variasi jarak $1,2D$ titik stagnasi untuk tiap diameter silinder berbeda berada pada titik pengukuran 50° untuk silinder dengan diameter $2''$, 40° untuk silinder diameter $2,5''$ dan 30° untuk silinder berdiameter $3''$.



Gambar 7. Pola aliran melewati silinder ganda dipasang In-line

5. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

semakin besar jarak antar silinder menyebabkan nilai koefisien tekanan permukaan pada silinder belakang meningkat, titik tekanan maksimum menjadi lebih ke depan dan separasi pada silinder belakang menjadi lebih kebelakang $>90^\circ$. Semakin besar diameter silinder pada kecepatan fluida yang tetap, titik tekanan maksimum silinder 2 semakin mengarah ke daerah bagian depan silinder ($\Theta \ll$). Titik separasi silinder 2 terjadi pada titik tekanan yang hampir sama namun nilainya berbeda.

Saran-saran

Perlu dilakukan penelitian untuk variasi perletakan zig-zag dan dibandingkan dengan hasil penelitian ini. Penelitian ini menggunakan fluida kerja udara, sehingga perlu digunakan jenis fluida kerja yang lain seperti air

Daftar Pustaka

- [1] Anderson, John D. Jr, 2001, *Fundamentals of Aerodynamics Third Edition*. University of Maryland.
- [2] Herman Schlichting. Translated by Dr. J. Kestin, 1979, *Boundary-Layer Theory Seventh Edition*. New York. Mc. Graw – Hill Book Company.
- [3] Kreith, Frank, dan Arko Prijono, 1986, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- [4] Leonanda, Benny D 2005, *Struktur Peluruhan Vorteks dari Empat Buah Silinder yang Tersusun Secara Bujur Sangkar pada Jarak $1D$* , Mechanical Department Andalas University, Prosiding SN TTM IV – 2005.
- [5] Lam, K.M., Wong, P.T.Y., and Ko, N.W.M., *Interaction of flow behind two circular cylinder of different diameter in side-by-side arrangement*, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Elsevier, 7: 189-201, (1993).
- [6] Walther K. Translated by Ernest G. C. 1958. *Fluid Mechanics*, New York, Mc. Graw – Hill Book Company.