

## STUDI NUMERIK KARAKTERISASI ALIRAN YANG BERSILANGAN (CROSS FLOW) DISEKITAR CIRCULAR CYLINDER PADA STAGGED ARRAY DI DALAM CYLINDER BANK

Anggun Angkasa BP

Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut  
Email: angkasagroup@yahoo.com

**Intisari**— *Heat exchanger* adalah alat yang sering digunakan dalam industri terutama untuk proses pendinginan dan pengkondisian udara/air conditioning. Dalam penelitian ini dilakukan studi numerik untuk mendapatkan karakterisasi aliran yang bersilangan (cross flow) didalam *cylinder bank* yang terdiri dari 18 *circular cylinder* yang tersusun pada 7 *staged array*. Penelitian ini menggunakan studi numeric secara 2D *unsteady* dengan menggunakan variasi bilangan Reynolds sebesar 7960 dan 47700 dengan menggunakan model *viscous* standar K-Omega SST, sehingga akan diperoleh data *Coeffisien Pressure* ( $C_p$ ).

**Kata kunci**— cross flow, unsteady, coefficient pressure, K-Omega SST

### PENDAHULUAN

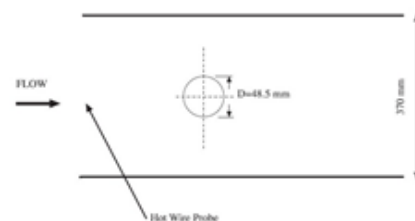
Penelitian mengenai laju aliran saluran berselang-seling (cross flow) telah banyak dilakukan baik secara eksperimental maupun numerik. Penelitian ini sangat penting dilakukan, mengingat sering diaplikasikan keberbagai macam alat seperti penukar kalor (*heat exchanger*), system pengkondisian udara (*air conditioner*), dsb. Aliran di sekitar *circular cylinder* dan *boundary layer* telah diselidiki oleh Kraabel et al. (1982), Zukauskas (1972), Schimith dan Wenner (1951), dan Boulos Pei (1974). Dalam penelitian ini membahas mengenai analisa secara numeric dengan membandingkan karakterisasi aliran yang berselang-seling (cross flow) di *circular cylinder* yang tersusun pada *staged array* dengan bilangan Reynolds ( $Re = 47.700$  dan  $Re = 7960$ ) dan kecepatan aliran /  $U_\infty = 2,4$  m/s. Pengaturan tube bank sangat mempengaruhi pola aliran. Pada inline tube dan staggered tube, aliran di sekitar tube di barisan pertama mirip dengan kasus single tube tetapi dengan separasi yang tertunda karena meningkatnya blockage. Sebuah tabung yang berisis jajaran tube dipengaruhi oleh turbulensi aliran yang sangat tinggi. Mengingat kasus staggered tube bank, pada tube di baris kedua staggered array sangat dipengaruhi oleh percepatan fluida dan blockage dari baris pertama staggered array.

Pengaturan jarak longitudinal antar tube juga sangat mempengaruhi pola aliran pada tube dibarisan staggered array berikutnya, hal ini telah diteliti oleh Aiba dkk. (1980) dan Ishigashi (1986). Hasil menunjukkan bahwa pola aliran pada setiap tube pada kolom (staged array) mempunyai pola aliran yang berbeda.

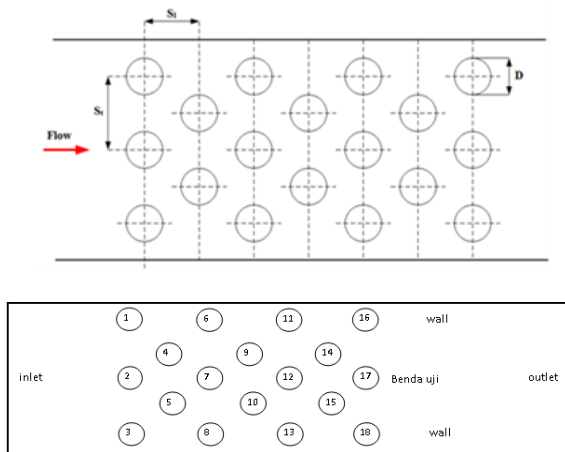
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperjelas pola aliran berselang-seling (cross flow) yang terjadi pada *circular cylinder* pada staggered array didalam sebuah *cylinder bank*, dengan menggunakan variasi bilangan Reynolds yang berbeda.

### METODE

Penelitian ini dilakukan secara numeric dengan menggunakan Turbulen Model Shear-Stress-Transport (SST)  $k-\omega$ . Model ini memadukan formulasi model  $k-\omega$  standar yang stabil dan akurat pada daerah dekat dinding dengan model  $k-\epsilon$  yang mempunyai kelebihan pada aliran free-stream. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran yang terjadi pada *circular tube* didalam sebuah *cylinder bank*. Sehingga dapat diketahui perhitungan coefisien pressure yang terjadi pada setiap tube pada staged yang berbeda dengan menggunakan variasi bilangan Reynold yang berbeda. Percobaan menggunakan bilangan Reynold 7960 dan 47700 dengan menggunakan wind tunnel berkecepatan rendah dengan diameter wind tunnel sebesar 48,5 mm (0,0485 m) dengan jarak  $SI$  dan  $St$  yang digunakan adalah 1.5 dan 1.5 yang merupakan pitch longitudinal dan pitch transversal. Percobaan dilakukan pada 2 jumlah tube yang berbeda, yaitu tube tunggal dan tube yang tersusun pada staggered array yang berjumlah 18 tube dalam 7 jajaran staggered array. Adapun bentuk geometrinya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk geometri circular cylinder berjumlah 1 tube

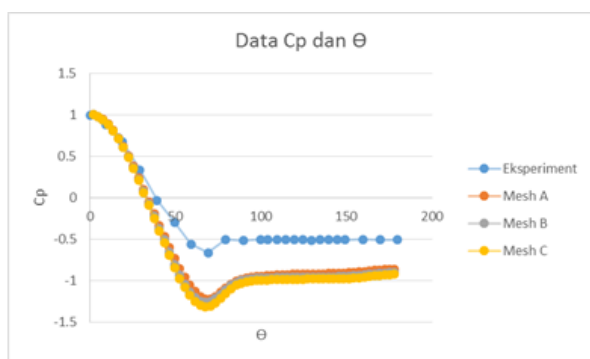


**Gambar 2. Bentuk geometri circular cylinder berjumlah 18 tube**

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan 3 buah mesh yang berbeda pada circular cylinder tunggal, yaitu mesh A, B, dan C, kemudian mesh yang terbaik akan diterapkan pada circular cylinder yang tersusun pada 7 staggered array. Untuk mengetahui apakah pemodelan kita sudah memenuhi prosedur atau tidak maka kita membutuhkan grid independensi yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1. Grid Independensi**

Mesh	Nodes	Cp	Error (%)
A	14680	-0.904857	0.286971303
B	15880	-0.94733	0.338932416
C	17080	-0.974359	0.382649171



**Gambar 3. Perbandingan antara hasil eksperimen dan numeric dengan menggunakan mesh yang berbeda pada tube tunggal**

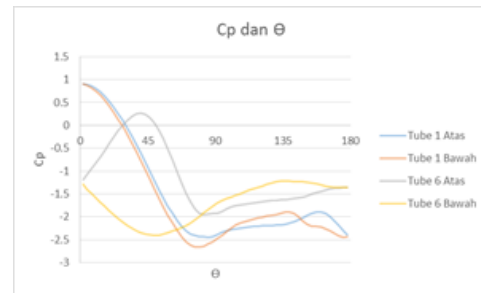
Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2, dapat dilihat bahwa mesh A memiliki nilai error yang lebih kecil daripada mesh B dan C. Sehingga data mesh A tersebut akan digunakan sebagai mesh pada circular cylinder yang memiliki jumlah tube sebanyak 18 buah yang tersusun pada 7 staggered array.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

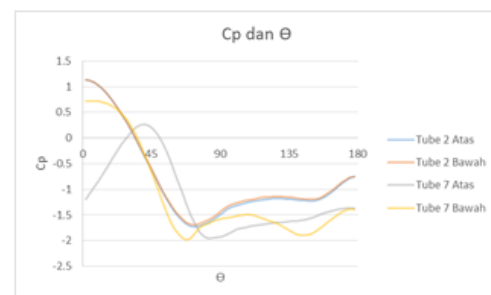
### A. Bilangan Reynolds 7960

#### a. Grafik Cp

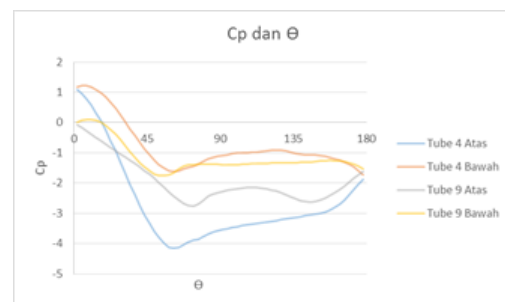
Berdasarkan analisa secara numeric terhadap circular cylinder, maka dapat dilihat grafik perbandingan Cp terhadap  $\Theta$  pada beberapa staggered array



**Gambar 4. Grafik antara Cp dengan  $\Theta$  pada tube 1 dan 6**



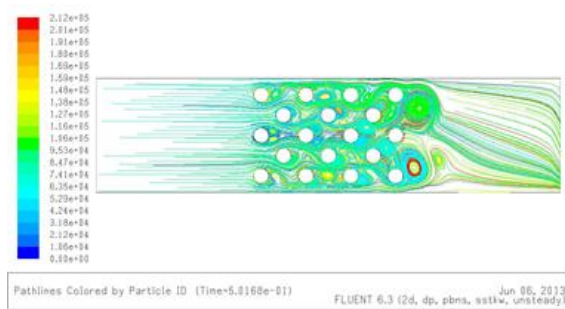
**Gambar 5. Grafik antara Cp dengan  $\Theta$  pada tube 2 dan 7**



**Gambar 6. Grafik antara Cp dengan  $\Theta$  pada tube 4 dan 9**

Dari gambar 4, 5 dan 6 diatas maka dapat dilihat bahwa tube pada posisi staggered pertama memiliki nilai Cp sebesar 1, hal ini dikarenakan aliran yang terjadi masih belum mengenai wall yang lain, sedangkan tube pada posisi staggered berikutnya akan mengalami penurunan nilai Cp, dikarenakan aliran telah terhambat oleh tube pada staggered sebelumnya. Pada grafik 4, 5 dan 6 diatas nilai Cp mengalami perubahan terhadap posisi  $\Theta$ , dan akan selalu bernilai negative ketika aliran telah melewati tube.

## b. Pathline



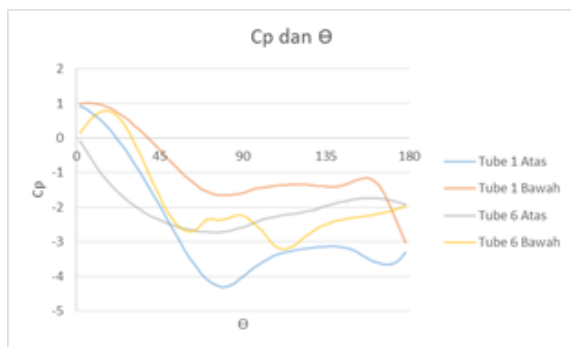
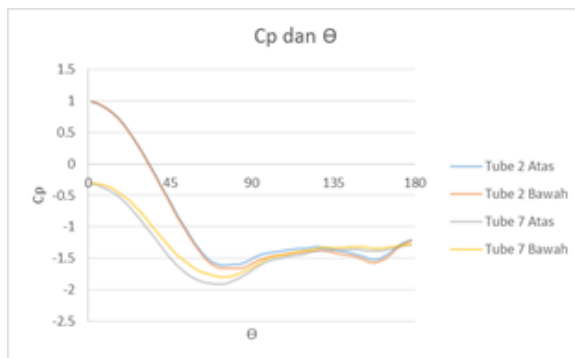
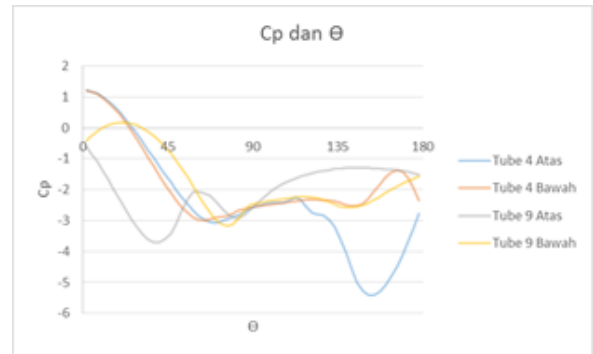
Gambar 7. Pathline

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa intensitas turbulensi semakin meningkat ketika aliran melewati staggered, dan intensitas terbesar berada pada posisi akhir dari staggered 7.

## B. Bilangan Reynolds 47700

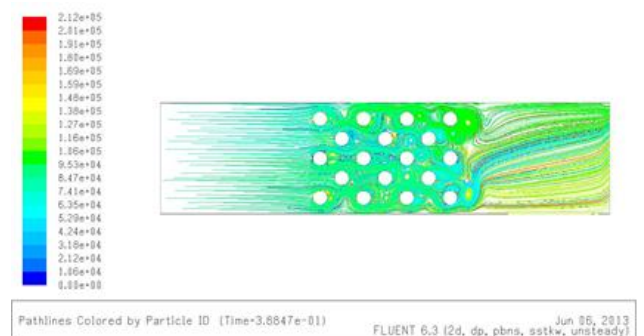
## a. Graffik Cp

Berdasarkan analisa secara numerik terhadap circular cylinder, maka dapat dilihat grafik perbandingan  $C_p$  terhadap  $\theta$  pada beberapa staggered array.

Gambar 8. Grafik antara  $C_p$  dengan  $\theta$  pada tube 1 dan 6Gambar 9. Grafik antara  $C_p$  dengan  $\theta$  pada tube 2 dan 7Gambar 10. Grafik antara  $C_p$  dengan  $\theta$  pada tube 4 dan 9

Dari gambar 8, 9 dan 10 diatas maka dapat dilihat bahwa tube pada staggered pertama memiliki nilai  $C_p$  sebesar 1, hal ini dikarenakan aliran yang terjadi masih belum mengenai wall yang lain sedangkan tube pada posisi staggered berikutnya akan mengalami penurunan nilai  $C_p$ , dikarenakan aliran telah terhambat oleh tube pada staggered sebelumnya.

Pada grafik 8, 9 dan 10 diatas nilai  $C_p$  mengalami perubahan terhadap posisi  $\theta$ , dan akan selalu bernilai negative ketika aliran telah melewati tube.



Gambar 11. Pathline

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa intensitas turbulensi semakin meningkat ketika aliran melewati staggered, dan intensitas terbesar berada pada posisi akhir dari staggered 11.

## KESIMPULAN

Berdasarkan studi numerik yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Besarnya bilangan Reynold sangat mempengaruhi arah aliran dan separasi yang terjadi.
- Semakin banyak tube, maka akan menyebabkan arah aliran berubah dan juga intensitas turbulensi semakin meningkat
- Nilai  $C_p$  pada setiap staggered array (row) memiliki nilai yang berbeda-beda, hal tersebut dipengaruhi juga dengan jarak antar staggered array.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Buyruk Ertan. 1999 .Heat Transfer and Flow Structures Around Circular Cylinders in Cross-Flow. Tr. J. of Engineering and Environmental Science 23 , page 299 - 315.
- [2] Muammer Ozgoren. 2005. Flow structure in the downstream of square and circular cylinders. Flow Measurement and Instrumentation 17 (2006) 225–235.