

Studi Eksperimen Pengurangan Intensitas Turbulensi dengan Penempatan Screen pada Open Circuit Subsonic Wind tunnel

“Studi Kasus Screen Berdiameter 0,7 mm dan 1 mm serta Konfigurasi Penempatannya”

Wawan Aries Widodo, Andi Soviyana, Is Bunyamin Suryo

Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih, Sukolilo-Surabaya 60111, Indonesia
E-mail : isbunyamin@me.its.ac.id

Abstrak

Transisi lapis batas pada kontur permukaan benda, terutama yang memiliki bentuk lengkung salah satunya dipengaruhi oleh turbulensi *freestream*. Semakin besar turbulensi *freestream* tentunya akan menghasilkan intensitas turbulensi yang besar pula. Dalam suatu penelitian, munculnya intensitas turbulensi yang besar tidak diharapkan karena dapat mempengaruhi hasil penelitian. Salah satu upaya untuk mengurangi intensitas turbulensi yaitu dengan menempatkan *screen* pada sisi *inlet* setelah melewati *honeycomb* pada *wind tunnel*. Dalam penelitian ini, *screen* ditempatkan pada bagian *contraction* dan setelahnya, sebelum memasuki *test section*, yaitu pada posisi $X/L = 0,43$ sampai $0,98$. *Screen* akan dipasang secara bertahap mulai dari satu sampai tujuh *screen*. Diameter kawat *screen* yang digunakan adalah 0,7 mm dan 1 mm, yang diuji pada kecepatan *freestream* di *test section centerline* mulai dari 8 m/s hingga 20 m/s dengan kenaikan kecepatan sebesar 1 m/s. Intensitas turbulensi diukur dengan menempatkan *hot wire anemometer* pada daerah *test section centerline*. Kemudian silinder sirkular tunggal dengan diameter 60 mm ditempatkan pada *test section centerline* untuk mengetahui pengaruh intensitas turbulensi terhadap distribusi koefisien tekanan (C_p) pada kontur silinder sirkular dan profil kecepatan di belakang silinder sirkular pada jarak $4D$ yang diuji pada bilangan Reynolds $5,4 \times 10^4$. Hasil penelitian menunjukkan intensitas turbulensi semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan pada semua konfigurasi *screen* yang digunakan. Semakin banyak *screen* yang dipasang, maka menghasilkan *pressure difference* yang semakin besar pada masing-masing tingkat kecepatan. Letak titik separasi *massive* pada aliran *freestream* dengan intensitas turbulensi 9,52% lebih tertunda ke belakang jika dibandingkan dengan intensitas turbulensi 1,48% dan defisit momentum yang terbentuk di belakang silinder sirkular dengan intensitas turbulensi 9,52% lebih kecil jika dibandingkan defisit momentum yang terbentuk dibelakang silinder sirkular dengan intensitas turbulensi 1,48%.

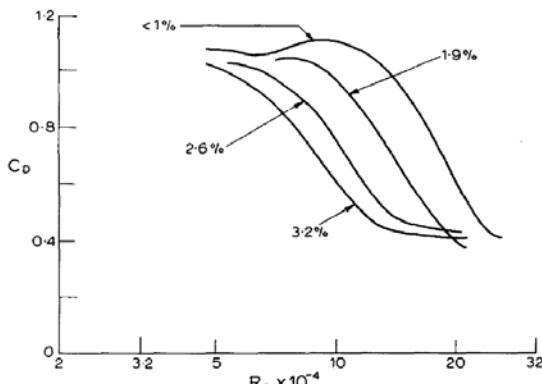
Keywords: *wind tunnel, screen, intensitas turbulensi, koefisien tekanan, pressure difference*

Pendahuluan

Dalam mekanika fluida, salah satu kajian yang digunakan untuk mengetahui kevalidan data perilaku aliran melewati suatu benda (*rigid body*) adalah analisa pada transisi lapis batas pada kontur permukaan benda, terutama yang mempunyai kelengkungan seperti silinder *sirkular*, silinder elips, airfoil, dll. Transisi lapis batas pada kontur permukaan benda dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain *freestream turbulence*, kecepatan dan profil aliran, bentuk benda dan orientasi terhadap arah aliran, kekasaran permukaan (*surface roughness*), dan *blockage ratio*. Penelitian ini dititipkan pada *freestream turbulence*, dimana jika suatu aliran memiliki *freestream turbulence* yang besar maka aliran tersebut juga memiliki intensitas turbulensi yang besar. Dalam penelitian, intensitas turbulensi yang tinggi tentunya tidak diinginkan karena besarnya intensitas turbulensi akan

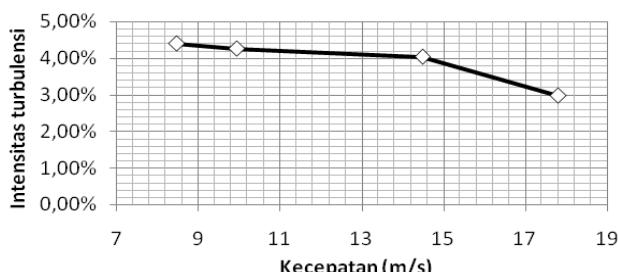
mempengaruhi hasil penelitian. **Cheung dan Melbourne (1983)** meneliti pengaruh intensitas turbulensi pada silinder *sirkular* yang diidentifikasi dari nilai *coefficient of pressure* (C_p). Hasil penelitian menunjukkan semakin besar nilai intensitas turbulensi maka akan menggeser letak titik *separasi* mundur ke belakang jika dibandingkan dengan intensitas turbulensi yang lebih kecil. **Bearman dan Morel (1983)** melakukan penelitian tentang pengaruh intensitas turbulensi terhadap nilai *coefficient of drag* (C_D) pada silinder *sirkular* yang diukur pada berbagai Reynolds *number*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai intensitas turbulensi yang besar memiliki nilai C_D yang lebih kecil pada Reynolds *number* yang sama jika dibandingkan dengan nilai intensitas turbulensi yang lebih kecil, seperti ditunjukkan Gambar 1. **Norberg dan Sundén (1987)** melakukan penelitian mengenai pengaruh intensitas turbulensi terhadap nilai bilangan Strouhal pada silinder *sirkular*

yang diukur pada berbagai nilai Reynolds *number*. Dari hasil penelitian didapatkan untuk nilai intensitas turbulensi yang besar, memiliki nilai bilangan Strouhal yang lebih besar pada Reynolds *number* yang sama jika dibandingkan dengan nilai intensitas turbulensi yang lebih kecil.



Gambar 1. Pengaruh intensitas turbulensi terhadap *coefficient of drag* (C_D) pada silinder sirkular (Bearman dan Morel, 1983).

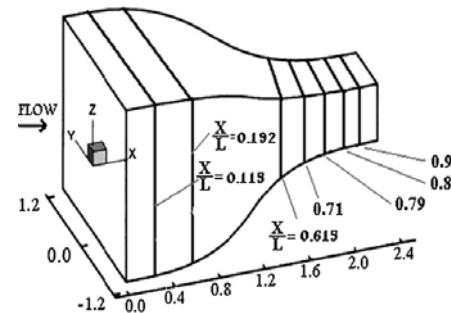
Berdasarkan penelitian tersebut, besarnya intensitas turbulensi wind tunnel yang digunakan dalam pengujian/eksperimen perlu diperhatikan. Triyogi, dkk (2010) melakukan penelitian tentang besarnya intensitas turbulensi pada *open circuit subsonic wind tunnel* di laboratorium mekanika dan mesin-mesin fluida jurusan Teknik Mesin FTI – ITS. Gambar 2 menunjukkan besarnya intensitas turbulensi pada berbagai tingkat kecepatan aliran. Dari Gambar 2 tersebut berarti kondisi di daerah *freestream centerline test section open circuit subsonic wind tunnel* di laboratorium mekanika dan mesin-mesin fluida jurusan Teknik Mesin FTI – ITS memiliki intensitas turbulensi yang cukup besar, yaitu sekitar 4 %. Sehingga perlu adanya upaya untuk mengurangi intensitas turbulensi setidaknya sampai 2 %. Untuk itu dilakukan penelitian untuk mengurangi intensitas turbulensi pada daerah *freestream centerline test section*.



Gambar 2. Intensitas Turbulensi *Subsonic Wind tunnel* Laboratorium Mekanika dan Mesin-Mesin Fluida Teknik Mesin ITS (Triyogi dkk, 2010).

Salah satu upaya upaya untuk mengurangi intensitas turbulensi adalah penempatan *screen* pada sisi inlet

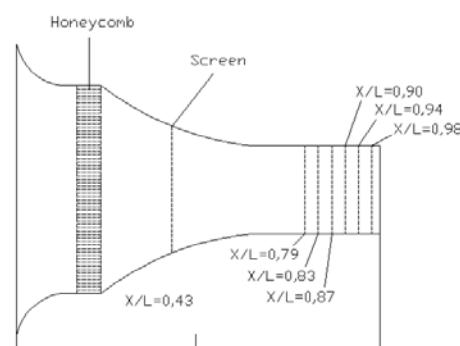
setelah melewati *honeycomb*. Gambar 3 merupakan skema penelitian Ghobanian (2010). Penelitian ini menunjukkan bahwa penempatan *screen* akan menyebabkan penurunan intensitas turbulensi jika dibandingkan kondisi tanpa *screen*. Ketika terdapat aliran yang tidak *uniform* dalam sumbu x dengan kecepatan dan sudut tertentu yang kemudian mengenai *screen*, maka kecepatan aliran akan berbelok lebih sejajar dengan sumbu x, walaupun kecepatan setelah melewati *screen* akan berkurang. Semakin banyak *screen* yang digunakan maka aliran akan semakin *uniform*. Sehingga fluktuasi kecepatan yang terjadi akan semakin kecil dan intensitas turbulensi juga akan semakin berkurang.



Gambar 3. Skema posisi penempatan *screen* (Ghobanian, 2010).

Metode Eksperimen

Dalam penelitian ini, *screen* ditempatkan pada bagian *contraction* (dan setelahnya) *open circuit subsonic wind tunnel* di laboratorium mekanika dan mesin-mesin fluida jurusan Teknik Mesin FTI – ITS sebelum memasuki *test section*, yaitu pada posisi $X/L = 0.43 - 0.98$, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Instalasi penempatan *screen*.

Screen akan dipasang secara bertahap mulai dari satu sampai tujuh *screen*. Diameter kawat *screen* yang digunakan adalah 0,7 mm dan 1 mm, yang diuji pada kecepatan *freestream* di *test section centerline* mulai dari 8 m/s hingga 20 m/s dengan kenaikan kecepatan sebesar 1 m/s. Tabel 1 dan 2 menunjukkan ukuran *screen* dan konfigurasi penempatannya. Intensitas turbulensi diukur dengan menempatkan *hot wire*

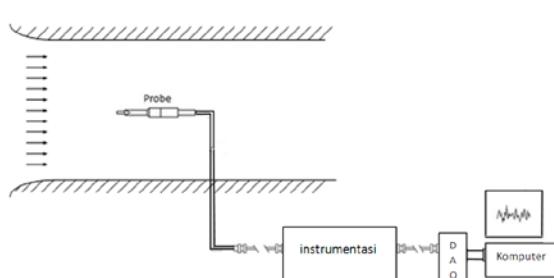
anemometer pada daerah *test section centerline*, seperti ditunjukkan oleh Gambar 5. Kemudian silinder sirkular tunggal dengan diameter 60 mm ditempatkan pada *test section centerline* untuk mengetahui pengaruh intensitas turbulensi terhadap distribusi koefisien tekanan (C_p) pada kontur silinder sirkular dan profil kecepatan di belakang silinder sirkular pada jarak 4D yang diuji pada bilangan Reynolds $5,4 \times 10^4$.

Tabel 1. Ukuran *screen* yang digunakan

Nama screen	Diameter screen	Jarak kawat screen	Rasio bukaan (β)
Screen A	1 mm	12 mm	0,84
Screen B	0,7 mm	5 mm	0,74

Tabel 2. Konfigurasi penempatan *screen*

Data ke-	Jarak X/L	Konfigurasi Screen
1	tanpa screen	-
2	0,43	1A
3	0,43; 0,79	2A
4	0,43; 0,79; 0,83	3A
5	0,43; 0,79; 0,83; 87	4A
6	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90	5A
7	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94	6A
8	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	7A
9	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	6A + 1B
10	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	5A + 2B
11	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	4A + 3B
12	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	3A + 4B
13	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	2A + 5B
14	0,43; 0,79; 0,83; 87; 0,90; 0,94; 0,98	1A + 6B

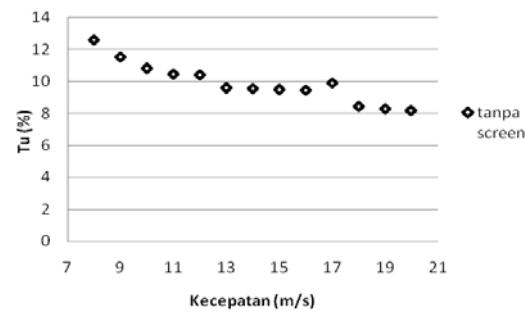
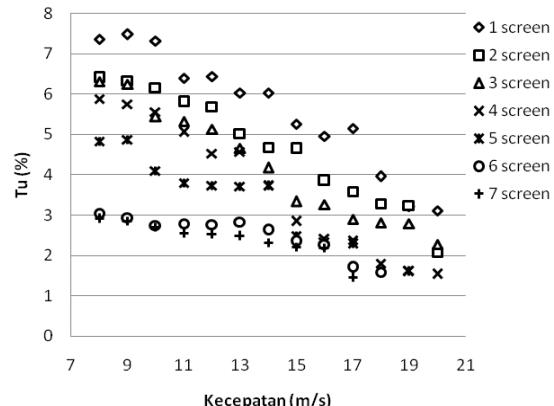


Gambar 5. Instalasi pengukuran intensitas turbulensi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran intensitas turbulensi dengan konfigurasi wind tunnel tanpa *screen* dengan konfigurasi wind tunnel dengan penempatan *screen* berdiameter 1 mm dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa intensitas turbulensi cenderung turun dengan bertambahnya kecepatan *freestream* untuk semua konfigurasi penempatan *screen* berdiameter 1 mm. Hal ini

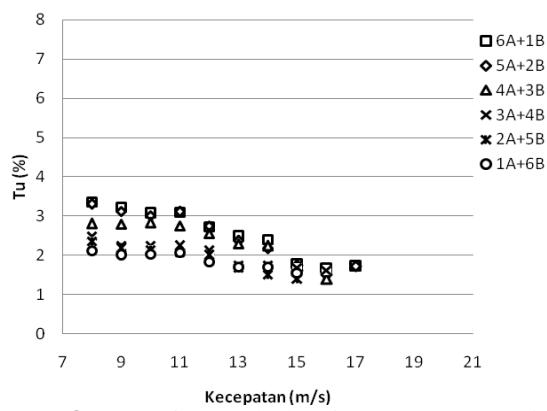
dikarenakan fluktuasi yang terjadi cenderung memiliki nilai yang sama terhadap nilai pengukuran sehingga dengan semakin besar kecepatan rata-rata *freestream* sebagai pembagi akan didapatkan nilai intensitas turbulensi yang semakin menurun. Pada gambar intensitas turbulensi di atas juga terlihat bahwa adanya penambahan *screen* intensitas turbulensi lebih kecil jika dibandingkan dengan kondisi tanpa *screen* pada semua tingkat kecepatan. Semakin banyak *screen* yang digunakan maka akan menghasilkan intensitas turbulensi yang semakin menurun.

Gambar 6. Intensitas turbulensi kondisi *open circuit subsonic wind tunnel* tanpa *screen*.Gambar 7. Intensitas turbulensi *open circuit subsonic wind tunnel* dengan penempatan *screen* berdiameter kawat 1 mm.

Hal tersebut tidak terlepas pada pemberian tahanan aerodinamika oleh *screen*. Ketika aliran datang tidak *uniform* dari sisi *inlet screen* dalam arah nornal dari *screen* dengan kecepatan dan sudut tertentu yang kemudian mengenai *screen*, maka kecepatan aliran akan berbelok lebih sejajar dengan arah nornal dari *screen* atau lebih sejajar dengan aliran ke arah sumbu x. Dengan semakin kecilnya sudut dari kecepatan tersebut atau kecepatan lebih sejajar dengan arah sumbu x (arah normal dari *screen*), maka kecepatan setelah melewati *screen* akan lebih *uniform*. Dengan aliran yang lebih *uniform* maka fluktuasi dari kecepatan akan berkurang sehingga intensitas turbulensi juga akan berkurang. Akan tetapi dengan penempatan *screen*, kecepatan setelah melewati *screen* akan semakin berkurang. Dapat dilihat pada Gambar 7 di atas saat kondisi *wind tunnel* terpasang satu *screen*

kecepatan *freestream* dapat mencapai 20 m/s, sedangkan pada kondisi penempatan *screen* sebanyak tujuh buah *screen* kecepatan maksimal yang dapat dicapai pada putaran motor maksimal yang diijinkan hanya 17 m/s. Secara rata-rata intensitas turbulensi paling besar ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* tanpa *screen* yaitu sebesar 9,84 %, sedangkan intensitas turbulensi paling kecil secara rata-rata ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan tujuh *screen* berdiameter 1 mm yaitu sebesar 2,42%. Intensitas turbulensi paling kecil yaitu sebesar 1,44% ketika terpasang tujuh buah *screen* berdiameter 1 mm yang diukur pada kecepatan 17 m/s.

Hasil pengukuran intensitas turbulensi dengan penempatan kombinasi *Screen* diameter 1 mm(*screen* A) dengan *screen* diameter 0,7 mm(*screen* B) dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 8 terlihat bahwa intensitas turbulensi cenderung turun dengan bertambahnya kecepatan *freestream* untuk semua konfigurasi penempatan kombinasi *screen* berdiameter 1 mm dan 0,7 mm. Hal ini dikarenakan fluktuasi yang terjadi cenderung memiliki nilai yang sama terhadap nilai pengukuran sehingga dengan semakin besar kecepatan rata-rata *freestream* sebagai pembagi akan didapatkan nilai intensitas turbulensi yang semakin menurun.

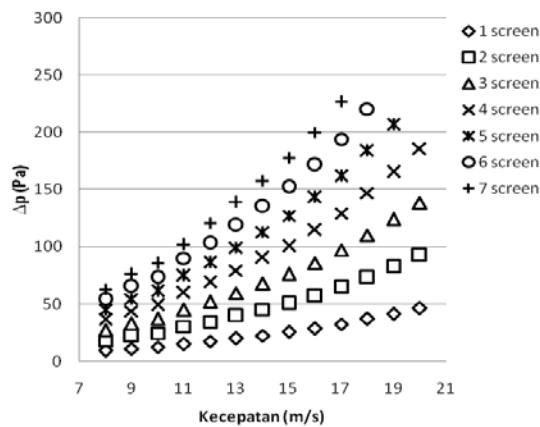


Gambar 8. Intensitas turbulensi *open circuit subsonic wind tunnel* dengan penempatan kombinasi *screen* A dan *screen* B.

Pada gambar 8 juga terlihat bahwa adanya penambahan *screen* intensitas turbulensi lebih kecil jika dibandingkan dengan kondisi tanpa *screen*. Semakin banyak *screen* B yang digunakan maka akan menghasilkan intensitas turbulensi yang semakin menurun jika dibandingkan penggunaan *screen* B yang lebih sedikit. Hal tersebut tidak terlepas pada pemberian tahanan aerodinamika oleh *screen*. Dimana *screen* B memiliki rasio bukaan *screen*(β) yang lebih kecil jika dibandingkan dengan rasio bukaan pada *screen* A. Dengan penempatan *screen* dengan rasio bukaan yang kecil, maka akan menghasilkan tahan aerodinamika yang semakin besar. Semakin besar tahanan aerodinamika yang dihasilkan *screen*

mengakibatkan tekanan disetiap posisi dalam arah lateral aliran menjadi sama, sehingga keseragaman aliran dapat tercapai dan fluktuasi kecepatan ke arah lateral akan berkurang sehingga intensitas turbulensi juga dapat berkurang. Akan tetapi dengan semakin banyak penempatan *screen* B, kecepatan maksimal yang dapat dicapai setelah melewati *screen* akan semakin berkurang. Dapat dilihat pada gambar 6 di atas saat kondisi *wind tunnel* terpasang kombinasi enam *screen* A dan satu *screen* B, kecepatan maksimal yang dapat dicapai pada putaran motor maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 17 m/s. Sedangkan pada kondisi penempatan kombinasi satu *screen* A dan enam *screen* B, kecepatan maksimal yang dapat dicapai pada putaran motor maksimal yang diijinkan yaitu hanya sebesar 15 m/s. Secara rata-rata intensitas turbulensi paling besar ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* tanpa *screen* yaitu sebesar 9,84 %, sedangkan intensitas turbulensi paling kecil secara rata-rata ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan kombinasi satu *screen* A dan enam *screen* B yaitu sebesar 1,86%. Intensitas turbulensi paling kecil yaitu sebesar 1,403% ketika terpasang kombinasi dua *screen* A dan lima *screen* B yang diukur pada kecepatan 15 m/s.

Pada grafik *pressure difference* dengan penempatan *screen* berdiameter 1 mm, terlihat pada Gambar 9, dapat dilihat bahwa *pressure difference* semakin besar dengan bertambahnya kecepatan aliran *freestream* untuk semua konfigurasi *screen* yang digunakan. Hal ini terjadi karena massa jenis udara (ρ) dan *screen drag coefficient* (K) adalah konstan, dengan perubahan kecepatan aliran *freestream* yang semakin meningkat maka akan diikuti oleh meningkatnya *pressure difference*.



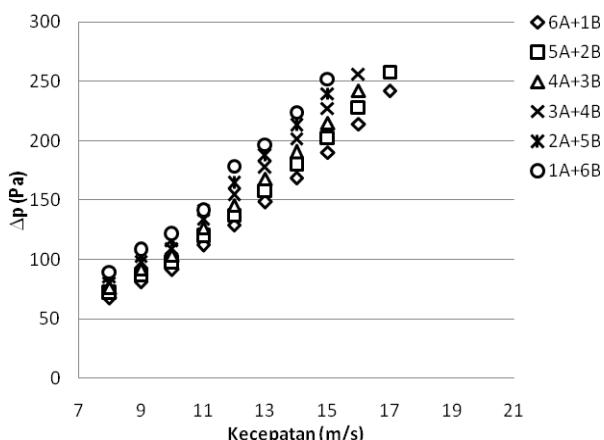
Gambar 9. *Pressure difference* dengan penempatan *screen* berdiameter 1 mm.

Pada penempatan satu *screen* kenaikan *pressure difference* terlihat tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan kenaikan *pressure difference* pada penempatan *screen* yang lebih banyak. Pada grafik *pressure difference* di atas dapat dilihat juga

bawa semakin banyak *screen* yang dipasang, maka akan menghasilkan *pressure difference* yang semakin besar pada masing-masing tingkat kecepatan. Hal ini terjadi karena semakin banyak *screen* yang ditempatkan, maka akan menghasilkan tahanan aerodinamika yang semakin besar. Dengan dihasilkannya tahanan aerodinamika yang semakin besar, maka penurunan kecepatan *freestream* juga akan semakin besar. Dengan penurunan kecepatan *freestream* yang semakin besar, maka *pressure difference* yang terjadi juga akan semakin besar.

Secara rata-rata *pressure difference* paling kecil ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan satu *screen* yaitu sebesar 24,43 Pa. Sedangkan *pressure difference* paling besar secara rata-rata ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan tujuh *screen* yaitu sebesar 135,222 Pa. *Pressure difference* paling kecil yaitu sebesar 9,02 Pa ketika terpasang satu *screen* yang diukur pada kecepatan 8 m/s. *Pressure difference* paling besar yaitu sebesar 226,604 Pa ketika terpasang tujuh *screen* yang diukur pada kecepatan 17 m/s.

Pada grafik *pressure difference* dengan penempatan kombinasi *screen* berdiameter 1 mm dan *screen* berdiameter 0,7 mm di atas, dapat dilihat bahwa *pressure difference* semakin besar dengan bertambahnya kecepatan aliran *freestream* untuk semua konfigurasi *screen* yang digunakan. Hal ini terjadi karena massa jenis udara(ρ) dan *screen drag coefficient* (K) adalah konstan, dengan perubahan kecepatan aliran *freestream* yang semakin meningkat maka akan diikuti oleh meningkatnya *pressure difference*. Nilai *pressure difference* yang dihasilkan oleh semua konfigurasi *screen* mempunyai perbedaan nilai yang tidak terlalu besar. Hal tersebut dikarenakan jumlah *screen* yang digunakan sama yaitu tujuh buah *screen* hanya saja kombinasi *screen* yang digunakan berbeda.



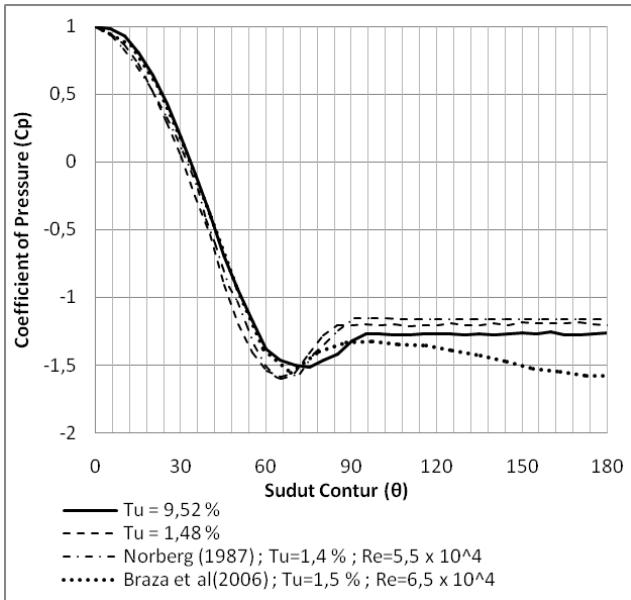
Gambar 10. *Pressure difference* dengan penempatan kombinasi *screen A* dan *screen B*.

Pada grafik *pressure difference* di atas dapat dilihat

juga bahwa semakin banyak *screen B* yang dipasang, maka akan menghasilkan *pressure difference* yang semakin besar pada masing-masing tingkat kecepatan. Hal ini terjadi karena semakin banyak *screen B* yang ditempatkan, maka akan menghasilkan tahanan aerodinamika yang semakin besar. Dengan dihasilkannya tahanan aerodinamika yang semakin besar, maka penurunan kecepatan *freestream* juga akan semakin besar. Dengan penurunan kecepatan *freestream* yang semakin besar, maka *pressure difference* yang terjadi juga akan semakin besar. Secara rata-rata *pressure difference* paling kecil ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan kombinasi enam *screen A* dan satu *screen B* yaitu sebesar 144,65 Pa. Sedangkan *pressure difference* paling besar secara rata-rata ditunjukkan pada kondisi *wind tunnel* dengan penempatan kombinasi satu *screen A* dan enam *screen B* yaitu sebesar 242,54 Pa. *Pressure difference* paling kecil yaitu sebesar 67,54 Pa ketika terpasang kombinasi enam *screen A* dan satu *screen B* yang diukur pada kecepatan 8 m/s. *Pressure difference* paling besar yaitu sebesar 258,206 Pa ketika terpasang kombinasi lima *screen A* dan dua *screen B* yang diukur pada kecepatan 17 m/s.

Aliran fluida melintasi silinder *sirkular* dikaji melalui grafik *coefficient of pressure* (C_p) yang dibandingkan antara *coefficient of pressure* silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi terbesar dengan *coefficient of pressure* silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi terkecil yang diukur pada Reynolds number $5,4 \times 10^4$. selain itu juga data yang dihasilkan akan dibandingkan dengan penelitian orang lain. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh intensitas turbulensi terhadap nilai *coefficient of pressure* silinder *sirkular*. *Coefficient of pressure* silinder *sirkular* diukur dari sudut kontur silinder $\theta=0^\circ$ sampai pada sudut kontur $\theta=180^\circ$ atau hanya diukur pada sisi *upper* kontur silinder *sirkular*, hal ini disebabkan karena *coefficient of pressure* untuk silinder *sirkular* cenderung simetri pada sisi *upper* dan sisi *lower* walaupun untuk C_p sendiri mempunyai fluktuasi (C_p'). Pada Gambar 11 menunjukkan grafik koefisien *pressure* (C_p) pada penelitian sekarang untuk silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi aliran *freestream* 9,52% dan 1,48% serta penelitian oleh Norberg (1986) dan Braza et al (2006). Untuk penelitian sekarang pada silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi aliran *freestream* 9,52%, letak titik stagnasi berada pada sudut kontur ($\theta = 0^\circ$). Setelah melewati titik stagnasi aliran akan mengalami akselerasi sampai mencapai tekanan minimum pada *upper side* silinder pada $\theta = 75^\circ$. Kemudian aliran mulai mengalami perlambatan hingga $\theta = 95^\circ$ dan aliran tersebut akan mengalami *separasi massive*. Hal ini terjadi karena momentum aliran yang melalui *upper side* silinder pada $\theta = 95^\circ$

sudah tidak mampu lagi melawan *adverse pressure gradient* dan gesekan pada kontur silinder. Tekanan pada kontur setelah *terseparasi* cenderung konstan dan pada $\theta = 180^\circ$ atau pada daerah *base* silinder, mempunyai nilai *coefficient of base pressure* sebesar -1,515.

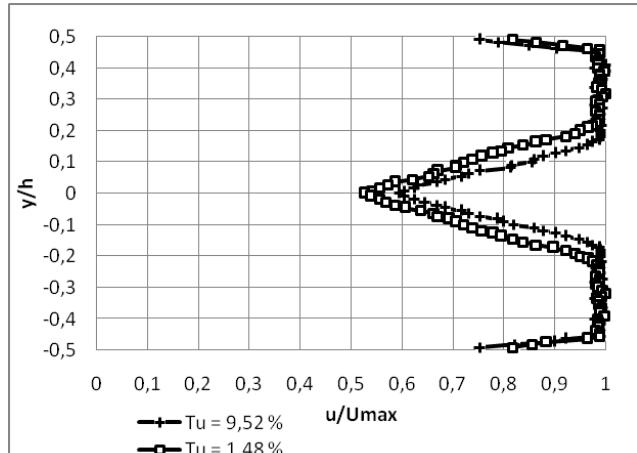


Gambar 11. Grafik $C_p = f(\theta)$ silinder *sirkular* diletakkan pada *centerline test section*.

Untuk penelitian ini, pada silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi aliran *freestream* 1,48%, letak titik stagnasi berada pada sudut kontur ($\theta = 0^\circ$). Setelah melewati titik stagnasi aliran akan mengalami akselerasi sampai mencapai tekanan minimum pada *upper side* silinder pada $\theta = 65^\circ$. Kemudian aliran mulai mengalami perlambatan hingga $\theta = 85^\circ$ dan aliran tersebut akan mengalami *separasi massive*. Hal ini terjadi karena momentum aliran yang melalui *upper side* silinder pada $\theta = 85^\circ$ sudah tidak mampu lagi melawan *adverse pressure* dan gesekan pada kontur silinder. Tekanan pada kontur setelah *terseparasi* cenderung konstan dan pada $\theta = 180^\circ$ atau pada daerah *base* silinder, mempunyai nilai *coefficient of base pressure* sebesar -1,204.

Profil kecepatan di belakang silinder diletakkan pada *centerline test section* diukur pada jarak $x/D = 4$, dimana x adalah jarak titik pengukuran dengan titik pusat silinder sedangkan D adalah diameter silinder. Profil kecepatan ini ditampilkan dalam grafik posisi y/h fungsi u/U_{max} , dimana y merupakan posisi titik pengukuran yaitu dari rentang 0,5 cm sampai dengan 65,5 cm untuk tiap kenaikan 0,5 cm. Sedangkan h adalah panjang lintasan titik-titik pengukuran yaitu 66 cm disepanjang *cross section area* lorong uji. Hasil pengukuran profil kecepatan di belakang silinder yang diletakkan pada *centerline test section* ini ditunjukkan pada Gambar 12. Gambar 12 menunjukkan profil kecepatan aliran di belakang silinder *sirkular* dengan

variasi intensitas turbulensi 9,52% dan 1,48%. Apabila terdapat aliran yang melintasi silinder tunggal tanpa ada pengganggu apapun di dekat silinder maka aliran tersebut akan terdistribusi merata baik pada *upper side* maupun *lower side* silinder. Begitu juga dengan aliran di belakang silinder. Dari gambar 4.16 profil kecepatan dan *wake* terbentuk cenderung simetri. Artinya pada silinder *sirkular* tunggal baik untuk intensitas turbulensi 9,52% maupun 1,48%, cenderung hanya mengalami gaya *drag* karena distribusi tekanan antara *upper side* dan *lower side* silinder cenderung sama.



Gambar 12. Profil kecepatan di belakang silinder *sirkular* diletakkan pada *centerline test section*.

Dari Gambar 12 juga dapat dilihat bahwa defisit momentum aliran yang terjadi lebih besar pada silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 1,48% dibandingkan silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 9,52%. Hal ini diindikasikan karena *wake* yang terbentuk dibelakang silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 1,48% lebih lebar jika dibandingkan *wake* yang terbentuk dibelakang silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 9,52%. Hal ini menandakan bahwa gaya *drag* yang terjadi pada silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 1,48% lebih besar daripada gaya *drag* yang terjadi pada silinder *sirkular* dengan intensitas turbulensi 9,52%. Adanya perbedaan defisit momentum ini menandakan bahwa turbulensi yang terjadi tidak semata-mata akibat benda uji yang menghalangi aliran fluida, melainkan aliran fluida sejak awal sudah turbulen sebelum masuk *test section*.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan intensitas turbulensi cenderung menurun dengan adanya penambahan *screen*. Intensitas turbulensi semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan pada semua konfigurasi *screen* yang digunakan. Semakin banyak *screen* yang dipasang, maka menghasilkan *pressure difference* yang semakin besar pada masing-masing tingkat kecepatan.

Letak titik separasi *massive* pada aliran *freestream* dengan intensitas turbulensi 9,52% lebih tertunda ke belakang jika dibandingkan dengan intensitas turbulensi 1,48% dan defisit momentum yang terbentuk di belakang silinder sirkular dengan intensitas turbulensi 9,52% lebih kecil jika dibandingkan defisit momentum yang terbentuk dibelakang silinder sirkular dengan intensitas turbulensi 1,48%.

Referensi

Bearman, P.W dan Morel, T. 1983. *Effect of Free Stream Turbulence on the Flow Around Bluff Bodies*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, volume 20 page 97-123.

Cheung, J.C.K dan Melbourne, W.H. 1983. *Turbulence Effects On Some Aerodynamic Parameters Of A Circular Cylinder at Supercritical Reynolds Numbers*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, volume 14 page 399-410.

Norberg, C dan Sunden, B.1987. *Turbulence and Reynolds Number Effects on the Flow and Fluid Force on A single cylinder in Cross Flow*, *Journal of Fluids and Structures*, volume 1 page 337-357.

Ghorbanian, Kaveh. 2010. *Experimental Investigation on Turbulence Intensity Reduction in Subsonic Wind tunnels*, *Aerospace Science and Technology*.