
SUBMISSION 42

Penurunan Hambatan Pada Model Uji *Reverse Ahmed Body* Akibat Pengaruh Pemasangan Aktuator Jet Sintetik Jenis Kaviti Setengah Bola

Ramon Trisno, Dika Indrawan

Universitas Pancasila, Fakultas Teknik, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12640, Indonesia

Abstrak. Dengan meningkatnya volume kendaraan yang terjadi saat ini yang berdampak langsung terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar, berbagai riset dilakukan untuk melakukan penghematan penggunaan bahan bakar pada kendaraan, salah satunya dengan mengurangi gaya drag aerodinamika. Penelitian ini merupakan kajian dasar pengembangan dari pengontrolan separasi aliran turbulen yang merupakan fenomena aerodinamik desain bodi kendaraan yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh pemasangan aktuator jet sintetik pada model uji *reverse Ahmed Body* terhadap penurunan *drag*.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode komputasional menggunakan *software CFD Fluent 18.2*. Langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menentukan titik separasi pada bagian belakang benda uji pada kecepatan *freestream* 11,1 m/s, 13,9 m/s, 16,7 m/s yang akan digunakan untuk posisi pemasangan aktuator jet sintetik berbentuk kaviti setengah bola. Langkah kedua yaitu dengan melakukan perbandingan data hasil simulasi pada model uji tanpa menggunakan aktuator dan dengan menggunakan aktuator dengan frekuensi eksitasi antara 90 Hz – 130 Hz. Langkah ketiga yaitu menghitung nilai penurunan drag yang terjadi pada model uji akibat pemasangan aktuator jet sintetik.

Hasil Penelitian menunjukkan adanya pengaruh penurunan drag pada kecepatan *freestream* 11,1 m/s dan frekuensi 90 Hz terjadi penurunan *drag* sebesar 15,7 %. Pada kondisi ini aktuator jet sintetik memiliki performa yang paling baik dibandingkan dengan kondisi yang lainnya.

Kata kunci: CFD, aerodinamika, *reverse ahmed body*.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan meningkatnya pengguna kendaraan saat ini yang akan berdampak langsung terhadap meningkatnya konsumsi bahan bakar yang mengakibatkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar yang ada di dunia, para peneliti dan industri otomotif saat ini bersaing meningkatkan teknologi-teknologi untuk meningkatkan penghematan bahan bakar dan ramah lingkungan. Salah satu upaya untuk melakukannya yaitu dengan mengurangi gaya *drag* aerodinamis kendaraan dengan mengatur separasi aliran yang terjadi sepanjang bentuk kendaraan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengurangi gaya hambat yang terjadi pada kendaraan dengan menggunakan metode *blowing*, *suction*, maupun *jet synthetic* akan tetapi dari beberapa penelitian tersebut belum mendapatkan hasil yang cukup signifikan terhadap penurunan drag pada model uji.

Maka dari itu penulis melakukan pengujian mengenai pengaruh penurunan *drag* akibat pemasangan aktuator jet sintetik dengan bentuk kaviti setengah bola dengan menggunakan metode simulasi menggunakan *software CFD Fluent 18.2*. Dari hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, diharapkan mampu memberikan pemahaman dan pengetahuan baru mengenai pengaruh penurunan *drag* akibat pemasangan aktuator jet sintetik dengan bentuk kaviti setengah bola.

A. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam analisis ini adalah:

- Menganalisa pengaruh kontrol aktif aliran berupa syntetic jet actuator terhadap gaya drag aerodinamis pada model *bluff body reversed Ahmed Body*.
- Menganalisa drag coefficient pada saat sebelum dan sesudah dipasang *synthetic jet actuator*.
- Menganalisa pengaruh frekwensi yang dikenakan pada jet sintetik actuator terhadap penurunan CD.
- Menganalisa pengaruh perubahan kecepatan freestream terhadap penurunan CD pada model *bluff body reversed Ahmed Body* dengan dilengkapi *syntetic jet actuator*.

1. DASAR TEORI

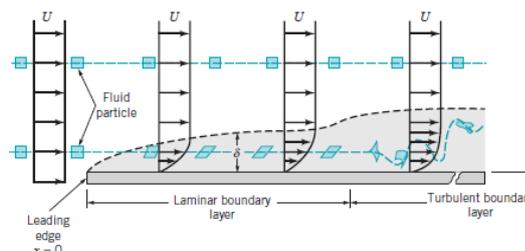
A. Drag

Drag adalah besarnya gaya yang bergerak di atas sebuah objek yang memiliki posisi sejajar dengan aliran bebas. *Drag* pada suatu benda diakibatkan oleh dua hal yaitu gesekan antara fluida dengan permukaan benda dan beda tekanan. *Drag* karena gesekan disebut hambatan gesek (*friction drag*) yang tergantung pada besar permukaan yang bersentuhan dengan fluida, tegangan geser, viskositas, gradien kecepatan, kekasaran permukaan dan *streamline body*. Sedangkan *drag* dengan beda tekanan disebut *form drag* tergantung pada bentuk, ukuran, distribusi tekanan, *wake* (olakan), bilangan Reynolds dan *bluff body* dari benda yang dikenakan aliran.

$$C_{D,P} = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 o} \dots\dots\dots [1]$$

B. Lapisan Batas

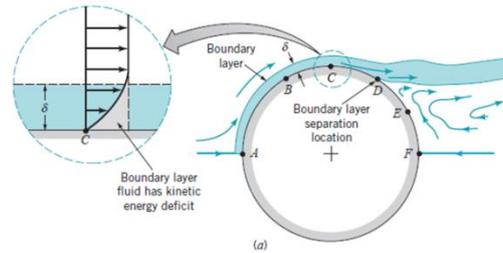
Konsep lapisan batas pertama kali dikemukakan pada tahun 1904 oleh Ludwig Prandtl, seorang ahli aerodinamika Jerman. Analisa gerak aliran fluida umumnya dapat dibagi menjadi dua bagian yang pengaruh gesekannya besar yaitu di daerah lapisan batas dan di luarnya adalah aliran yang tanpa pengaruh gesekan. Secara definisi, lapisan batas adalah sebuah lapisan yang terbentuk pada benda yang terendam dalam fluida dimana pada lapisan tersebut efek viskos sangat penting dan di luar lapisan tersebut fluida bersifat inviscid. Inviscid merupakan aliran fluida yang tidak mengalami gesekan, konduktifitas panas, atau difusi massa (Anderson, J.D, 2001)



Gambar 1 Distorsi dari partikel fluida ketika mengalir di dalam lapisan batas (Munson, 2002)

C. Separasi Aliran

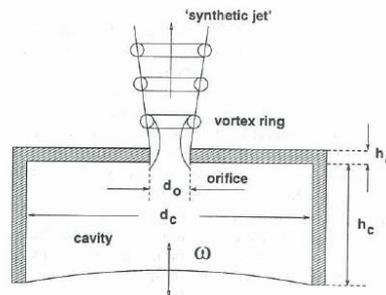
Separasi aliran merupakan bentuk efek viskos dari fluida, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6, karena adanya efek viskos, fluida pada titik c di permukaan silinder kehilangan energi kinetik, sehingga tidak memiliki momentum yang cukup untuk mengalir dalam lapisan batas menuju f. Ketika kontur permukaan suatu benda berubah secara drastis, aliran fluida pada kondisi tertentu tidak mampu untuk bergerak mengikuti kontur tersebut dan mengalami separasi aliran. Separasi aliran menyebabkan munculnya daerah olakan yang memiliki tekanan rendah sehingga menimbulkan gaya *drag*. Adanya daerah tekanan rendah ini menyebabkan perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang model kendaraan, yang merupakan kontribusi utama dari keseluruhan *drag* (Bruneau C.H, 2010).



Gambar 2 separasi aliran yang terjadi pada silinder (Munson, 2002)

a. Mekanis Synthetic Jet Actuator

Jet sintetik ini terbentuk dari perpaduan rangkaian vortex yang ditimbulkan oleh getaran harmonik sebuah diafragma yang berfungsi sebagai dinding sebuah cavity. Jika amplitudo getaran cukup besar, separasi aliran terjadi di sekitar orifis yang berfungsi sebagai saluran keluar masuk aliran fluida. Dengan demikian suatu lapisan geser akan terbentuk antara fluida yang keluar dan fluida di sekelilingnya. Getaran membran secara periodik ini membuat fluida udara yang terdapat di dalam kaviti ikut bergerak. Fluida tersebut dipaksa untuk melewati dua fase, yaitu *blowing* dan *suction*. Proses ini menyebabkan aliran fluida yang keluar dari *orifice* berbentuk *vortex ring* (Gambar 2.7). lapisan geser ini kemudian menggelinging membentuk cincin *vortex* (pada nosel jet lingkaran) atau pasangan *vortex* (pada nosel jet slot).



Gambar 3 separasi aliran yang terjadi pada silinder (Munson, 2002)

b. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamic atau yang disingkat sebagai CPD merupakan suatu cara untuk menganalisa karakteristik dari fluida dalam suatu sistem tertentu dengan menggunakan perhitungan secara numerik pada komputer. CFD memiliki tiga prinsip dasar dalam melakukan perhitungan secara numerik. Prinsip dasar tersebut adalah prinsip dasar tersebut adalah teori kekekalan energi, kekekalan momentum, dan kontinuitas massa.

c. Tahapan Simulasi CFD

Pada penggunaan CFD terdapat tahapan yang harus dilakukan, yaitu Tahap Pre-Processing, Tahap CFD Solver, dan Tahap Post-Processing.

a. Tahap Pre-Processing

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah memasukan parameterparameter yang ada pada permasalahan ke dalam program CFD dengan penyesuaian input yang diberikan, sehingga CFD dapat dapat menyelesaikan permasalahan tersebut.

b. Tahap CFD Solver

Pada tahap ini seluruh parameter yang sudah dimasukan ke dalam program CFD akan dilakukan perhitungan dengan cara iterasi. Iterasi yang dilakukan dapat dikatakan berhasil apabila hasil iterasi yang dikeluarkan adalah konvergen, bila hasil yang dikeluarkan adalah divergen maka ada kesalahan input yang dilakukan pada tahap pre-processing.

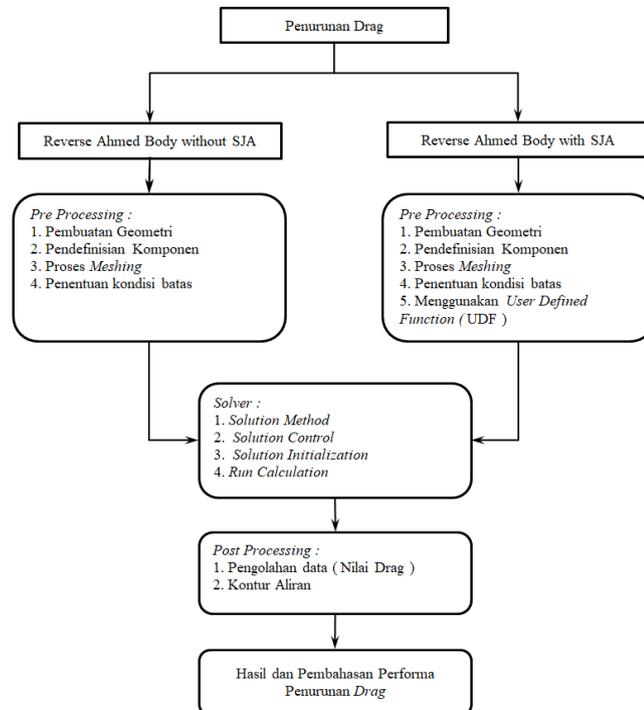
c. Tahap Post-Processing

Pada tahapan terakhir adalah tahapan post-processing, dimana pada tahapan ini hal yang dilakukan adalah melihat hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap CFD solver. Hasil yang dikeluarkan dalam tahap ini dapat dilihat dengan beberapa bentuk, yaitu X-Y Plot, Vector Plot, Kontur Plot, Report, dan Animasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

D. Metodologi Penelitian

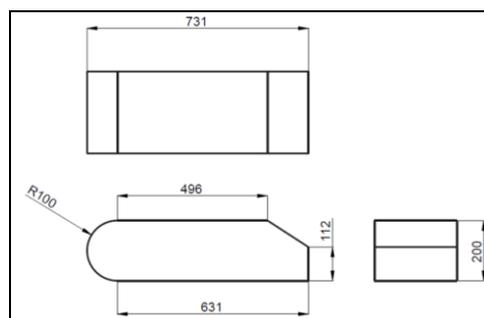
Adapun metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Flow Chart Penelitian

E. Model Uji

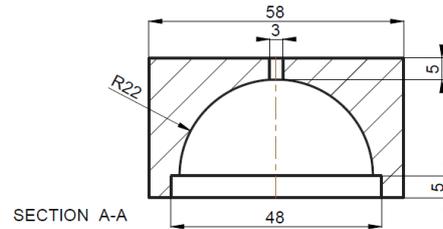
Model yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan *reverse ahmedbody* dengan skala 70% dari ukuran asli. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan ukuran *windtunnel* yang tersedia di lapangan pada laboratorium uji. Bentuk serta ukuran *reverse ahmed body* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 3.2 Model Uji

F. Kaviti

kaviti yang digunakan adalah kaviti bentuk setengah bola. Lebar *orifice* atau output aliran dari kaviti ini yaitu selebar 3 mm, kemudian diameter membran yang digetarkan adalah 48 mm, dengan diameter luar 58 mm. Kaviti ini nantinya akan diberikan frekuensi tertentu agar dapat bergetar. Pada penelitian ini gelombang yang digunakan adalah jenis quard dengan beberapa frekuensi, yaitu: 90Hz, 100Hz, 110Hz, 120Hz dan 130Hz. Getaran kaviti tersebut pada akhirnya akan memberikan efek *suction* dan *blowing* pada aliran udara yang melewatinya. Berikut gambar bentuk kaviti yang akan di gunakan:



Gambar 5 Jenis diameter kaviti setengah bola

G. User Defined Function

User defined Function merupakan suatu rumus yang ditentukan sendiri oleh pengguna *software*. Ini dilakukan karena keterbatasan kemampuan *software* untuk dalam menyediakan seluruh formula sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam hal ini rumus digunakan untuk menentukan gerakan yang dilakukan oleh Sintetik Jet aktuator agar dapat disimulasikan pada *software*. Pada penelitian ini *UDF* yang digunakan adalah *UDF* gelombang quad dengan frekuensi 90 Hz s/d 130Hz.

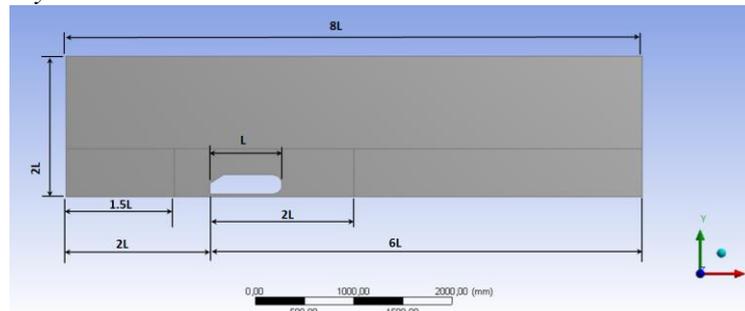
H. Tahapan Pengujian

Pada proses pengujian dengan metode komputasional dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Computational Fluid Dynamics (CFD) yaitu Ansys 18.2 Fluent. Adapun tahapantahapan yang dilakukan dalam metode ini dengan menggunakan perangkat lunak CFD tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pre-Processing

Pada tahap *pre-processing* adalah tahapan proses yang paling berpengaruh dalam proses simulasi sehingga pada tahap ini harus benar dalam memodelkan geometri benda. Secara umum proses *pre-processing* di bagi menjadi tiga tahapan proses, yaitu:

a. Pembuatan *Geometry*



Gambar 6 Geometri model Uji

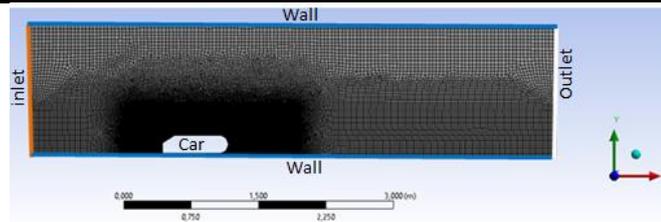
b. Pembuatan *Meshing*.

Berikut ini parameter-parameter yang digunakan untuk proses pembuatan *meshing*.

Tabel 1. Parameter Meshing

No.	Item	Parameter
1	Relevance Center	Fine
2	Smoothing	High
3	Transition	Slow
4	Minimum size	12.251
5	Maximum size	245,02
6	Growth Size	1.04
7	Nodes and Element	14282 and 71229
8	Inflation Option	Smooth transistion
9	Pitch Tolerance	1.1026 mm
10	Defaturing Tolerance	0.612560

c. Pendefinisian *Boundary Condition*



Gambar 7 Pendefinisian *boundary condition*

2. *Solver* :

Pada tahap *post-processing* adalah tahapan proses memulai simulasinya. Simulasi ini harus menyetting parameter-parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan pada penelitian ini meliputi: *General, Models, Materials, Operation Conditions, Boundary conditions, Solution, Report Definitions, Initialize, Run Calculation*.

Tabel 2. Parameter-parameter tahap *solver*.

General :	
- Type	: Pressure Based
- Velocity Formulation	: Absolute
- Time	: Transient
- Unit	: Length (mm)
Models :	
- Viscous Model	: K-epsilon (2 eqn)
- K-epsilon Model	: Realizable
- Near Wall Treatment	: Non-Equilibrium Wall Function
Boundary Condition	
- Velocity Specification Method	: Magnitude and Direction
- Velocity Magnitude	: 11,1 m/s; 13,9 m/s; 16,7 m/s (constant)
	UDF Quad (90 Hz, 100 HZ, 110 Hz, 120 Hz,
	: 130 Hz)
- Turbulent Intensity	: 1%
Reference Value :	
- Fluida	: Udara
- Density	: 1,184 kg/m ³
- Length	: 731 mm
Solution Method :	
- Pressure Velocity Coupling	: Coupled
- Turbulent Kinetic Energy	: Second Order Upwind
- Turbulent Disipation Rate	: Second Order Upwind
Solution Control :	
- Flow Courant Number	: 50
- Explicit Relaxation Factors	: Momentum : 0,25
	: Pressure : 0,25
- Turbulent Viscosity	: 0,8
Solution Initialization :	
- Initialization Method	: Hybrid Initialization
Run Calculation :	
- Time Step Size (s)	: 0,001 (1000 data/s)
- Number of Time Steps	: 500 data
- Max Iteration / Time Step	: 100

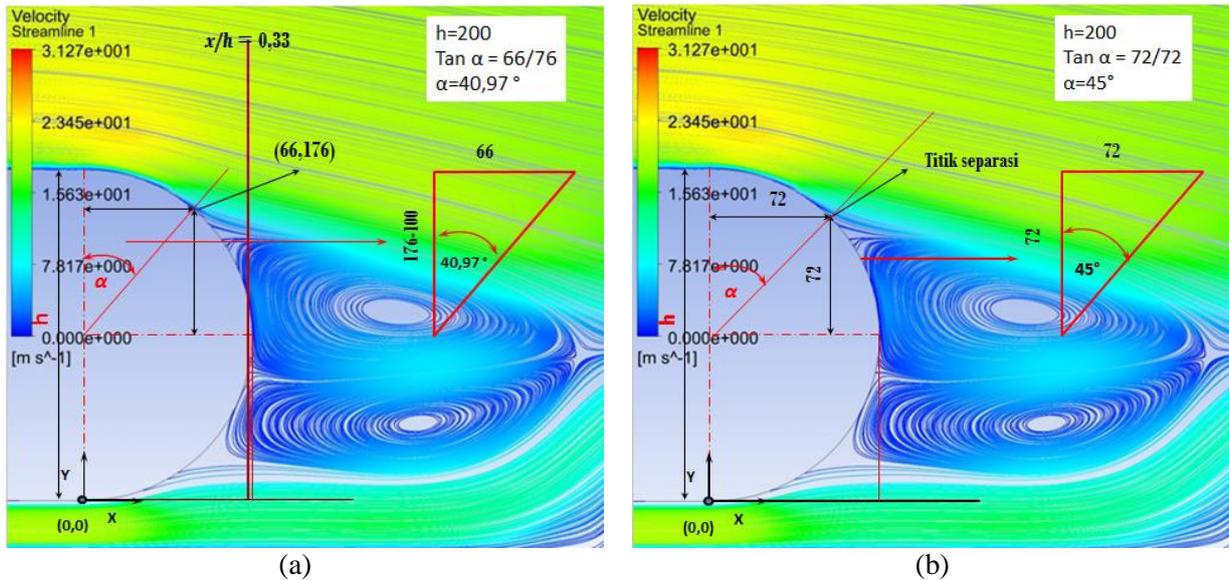
3. *Post-Processing*

Merupakan penampilan hasil setelah dilakukan iterasi. Hasil tersebut berupa data kuantitatif dan kualitatif.

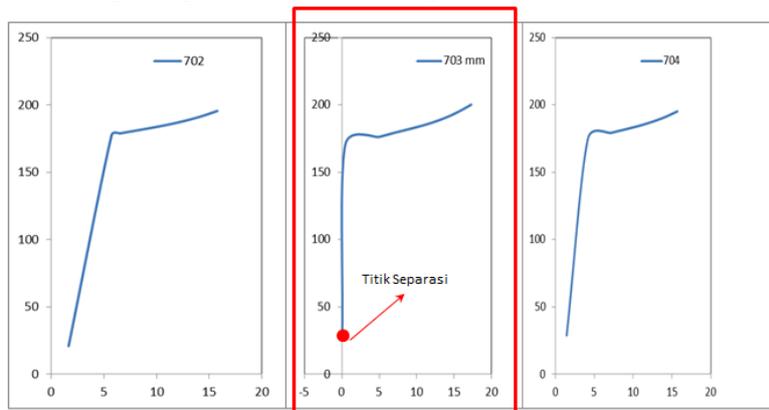
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

I. Penentuan Titik Separasi

Untuk menentukan titik separasi, perlu dilakukan beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu dengan melihat secara visual dimana aliran mulai berpisah dari permukaan benda uji seperti yang ditunjukkan gambar 4 (a), kemudian melakukan pengecekan ulang titik separasi dengan melakukan pengukuran kecepatan pada posisi sekitar titik separasi yang telah ditentukan sebelumnya, titik separasi ditentukan pada titik dimana kecepatan sama dengan nol atau paling mendekati nol seperti yang terlihat pada gambar 4.2. penentuan titik separasi dilakukan pada kecepatan 11,1 m/s dengan hasil titik separasi yang didapat yaitu pada sudut 45° .



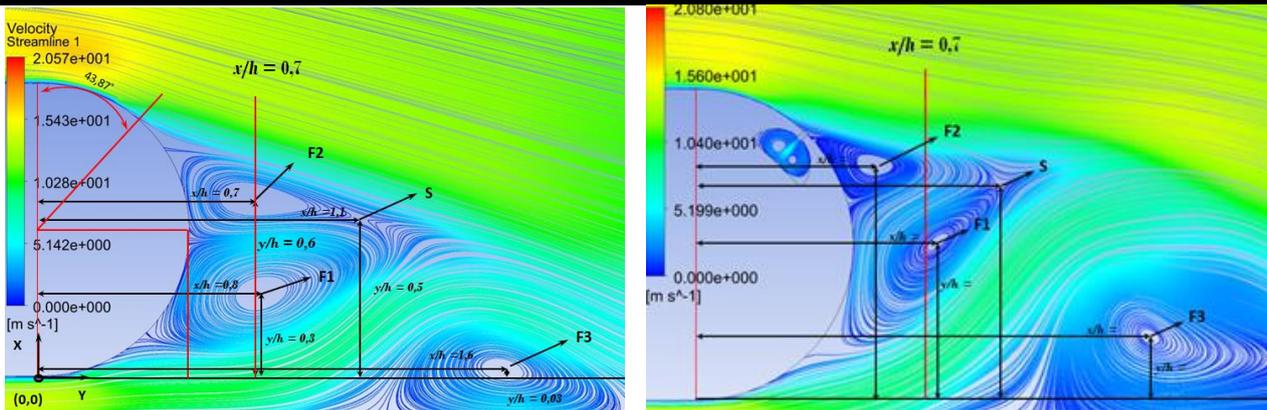
Gambar 8 (a) Penentuan titik separasi berdasarkan visualisasi (b) Penentuan titik separasi berdasarkan nilai kecepatan pada streamline kecepatan freestream 11,1 m/s



Gambar 9 Penentuan titik separasi berdasarkan pengecekan penurunan kecepatan pada kecepatan freestream 11,1 m/s

J. Pengukuran daerah olakan (wake)

Pengukuran daerah olakan dilakukan pada kecepatan 16 m/s pada model uji dengan menggunakan aktuator jet sintetik dan tanpa aktuator jet sintetik dengan menggunakan aktuator berbentuk kaviti setengah boladan diameter orifis 3 mm.



Gambar 10 (a) Medan aliran kecepatan tanpa aktuator (b) medan aliran kecepatan menggunakan aktuator yang terjadi di belakang model uji pada kecepatan freestream 11,1 m/s tanpa aktuator jet sintetik.

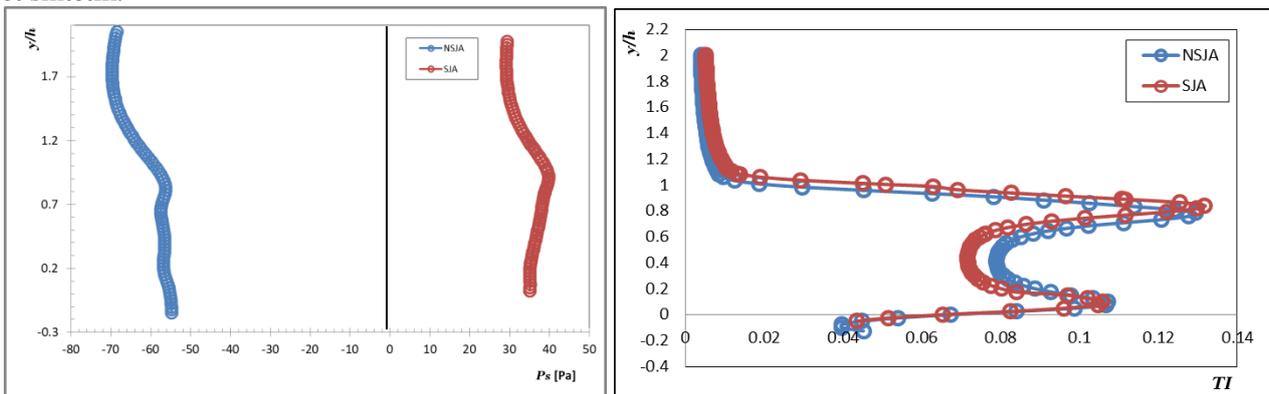
Gambar 10 (a) menunjukkan medan aliran tanpa menggunakan aktuator jet sintetik dan gambar 10 (b) menunjukkan medan aliran dengan menggunakan aktuator jet sintetik, untuk mengidentifikasi adanya pengurangan daerah olakan dilakukan pengukuran terhadap titik pusat gaya F1, F2, F3, dan saddle point. Dari gambar 10 (a) dan 10 (b) menunjukkan adanya penyempitan daerah olakan dengan mendekatnya titik F1, F2 dan F3 serta *saddle point*, dengan detail posisi penurunan terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Posisi titik F1, F2, F3 dan S, dengan dan tanpa aktuator jet sintetik B-3 kecepatan 11.1 m/s

Aktuator	x F1	y F1	x F2	y F2	x F3	y F3	x S	y S
Tanpa SJA	0.8	0.3	0.7	0.6	1.6	0.03	1.1	0.5
SJA B-3	0.8	0.5	0.6	0.8	1.5	0.2	1.0	0.7

K. Perbandingan Tekanan statik dan Intensitas turbulensi pada kondisi tanpa aktuator dan menggunakan aktuator

Pengukuran tekanan statik dan intensitas turbulensi dilakukan pada kecepatan 16,7 m/s pada model uji tanpa aktuator dan model uji menggunakan aktuator. Pengukuran ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan yang terjadi setelah dilakukan pemasangan aktuator. Dari gambar 11 (a) dan gambar 11 (b) terlihat perbedaan nilai yang dihasilkan antara hasil tanpa menggunakan aktuator dan hasil yang menggunakan aktuator. Pada titik $y/h = 0,2$, nilai tekanan statik yang dihasilkan pada model uji tanpa aktuator = -56.67 Pa, dan naik menjadi 35.01 Pa pada model uji yang menggunakan aktuator. Kemudian untuk nilai intensitas turbulensinya terjadi penurunan dari 0,088 menjadi 0,079. Dengan kenaikan nilai tekanan statik dan penurunan intensitas turbulensi menandakan bahwa dengan adanya pemasangan aktuator jet sintetik.



Gambar 11 (a) Grafik tekanan statik (b) grafik intensitas turbulensi di belakang model uji terhadap penggunaan aktuator jet sintetik (SJA) pada posisi $x/h = 1$

L. Pengaruh Pemasangan Aktuator terhadap Penurunan Drag Coefficient (ΔCD)

Setelah dilakukan beberapa identifikasi pengaruh yang terjadi terhadap perubahan pada medan aliran, besarnya nilai statik dan intensitas turbulensi, langkah selanjutnya adalah menganalisa nilai penurunan *drag* yang terjadi dengan menggunakan rumus berikut:

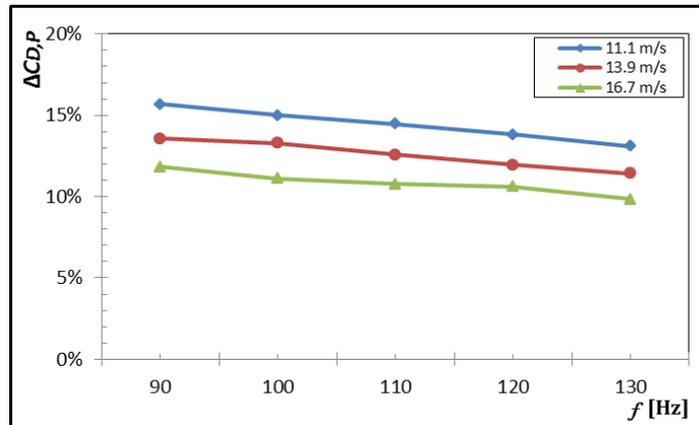
$$\Delta C_{D,P} = \frac{(CD,NS - CD,SJ)}{CD,NS} \times 100\% \quad \dots\dots\dots [2]$$

Dimana:

$\Delta C_{D,P}$ = Nilai penurunan drag

CD,NS = Nilai *drag coefficient* non aktuatot jet sintetik

CD,NS = Nilai *drag coefficient* non aktuatot jet sintetik



Gambar 12 Grafik perhitungan penurunan *drag coefficient* (ΔCD)

Gambar 12 menunjukkan nilai penurunan *drag coefficient* pada kecepatan 11,1 m/s, 13,9 m/s, 16,7 m/s dan besarnya gelombang eksitasinya yaitu 90 Hz – 130 Hz. Penurunan nilai *drag coefficient* (ΔCD) terbesar terjadi pada kecepatan 11,1 m/s dan besar gelombang eksitasinya 90 Hz dengan nilai penurunan yang terjadi yaitu 15,68 %. Jika dilihat dari garafik pada gambar 12, dengan semakin rendahnya kecepatan dan semakin kecilnya besar gelombang akan berpengaruh pada semai kn besarnya nilai penurunan gaya hambat yang terjadi. Untuk hasil detailnya dapat dilihat pada tael 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan penurunan *drag coefficient* (ΔCD)

Aktuator	Jenis Gelombang	Kecepatan (m/s)	Besarnya Gelombang (Hz)				
			90	100	110	120	130
B-3	Quad	11.1	15.68%	15.01%	14.46%	13.82%	13.09%
B-3	Quad	13.9	13.57%	13.13	12.56%	11.94%	11.42%
B-3	Quad	16.7	11.82%	11.10%	10.78%	10.60%	9.83%

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah digambarkan diatas, dengan melakukan pemasangan *aktuator jet sintetik* dengan jenis kaviti setengah bola dan diameter orifis 3 mm dapat dapat menurunkan nilai *drag coefficient* (ΔCD) dengan nilai koefisien penurunan tertinggi yaitu pada kecepatan 11,1 m/s dengan input gelombang quad sebesar 90 HZ dengan nilai ΔCD yaitu 15,68 %. Besarnya kecepatan dan gelombang yang diberikan akan berpengaruh terhadap nilai penurunan *drag coefficient* yang terjadi, dimana semakin kecilnya nilai kecepatan dan gelombangnya akan berpengaruh terhadap semakin besarnya nilai penurunan *drag* yang terjadi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramon Trisno, Kontrolaktif Jet Sintetik Pada Aplikasi Aerodinamika Kendaraan, **Disertasi** Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok 2018.
- [2] Marga Yogatama, Pengaruh Pemasangan Jet Sintetik Aktuator Terhadap Penurunan Drag Hambatan (*Drag Reduction*) melalui metode simulasi, **Skripsi Tugas Akhir** Teknik Mesin Universitas Pancasila, Jakarta 2018.

-
- [3] Andre Grivanzy, Analisa Pengaruh Control Aktif Aliran Berupa Blowing Terhadap Drag Aerodinamika Model *Reversed Ahmed Body*, **Skripsi Tugas Akhir** Teknik Mesin Universitas Indonesia, Jakarta Juni 2011.
- [4] Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okishi. (2002) : *Fundamentals of Fluid Mechani*. New York: John Wiley & Sons inc.
- [5] Hucho, Wolf-Heinrich et all. (1987). *Aerodynamics of Road Vehicles from Fluid Mechanics to Vehicle Engineering*. Great Britain: Butterworth – Heinemann Ltd.