

## SUBMISSION 44

# Pengaruh Kontrol Aktif Aktuator Jet Sintetik Dengan Kaviti Berbentuk Kerucut Terhadap Penurunan Hambatan (*Drag*) Aerodinamika Pada Model Uji *Reverse Ahmed Body*

Ramon Trisno<sup>1\*</sup>, Moh Tarum N. Umam<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

<sup>2</sup> Departemen Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

[ramontrisno@gmail.com](mailto:ramontrisno@gmail.com) , [nazirulumam@gmail.com](mailto:nazirulumam@gmail.com)

**ABSTRAK** Salah satu bidang yang menghasilkan gas rumah kaca adalah bidang transportasi. Emisi yang dihasilkan transportasi ada diangka 14% dan diprediksikan akan terus meningkat. Oleh karena itu berbagai riset dilakukan untuk menghemat konsumsi bahan bakar, salah satunya adalah dengan mengurangi *drag* aerodinamik pada kendaraan. Untuk mengurangi *drag* aerodinamik pada kendaraan perlu adanya pengaturan aliran separasi. Penelitian ini merupakan kajian dasar pengembangan dari pengontrolan aliran separasi turbulen yang merupakan suatu fenomena aerodinamik pada desain bodi kendaraan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh pemasangan aktuator jet sintetik terhadap penurunan *drag* aerodinamika kendaraan. Penelitian dilakukan dengan metode komputasional menggunakan *software CFD* (Fluent 18.2) dengan model uji *reverse ahmed body*. Pengujian dilakukan dengan memfokuskan pada aktuator jet sintetik dengan kaviti berbentuk kerucut dan diameter orifis 3 mm, pada 3 (tiga) kecepatan aliran yang berbeda yaitu 11,1 m/s, 13,9 m/s dan 16,7 m/s, serta eksitasi frekwensi aktuator jet sintetik yang digunakan yaitu pada *range* 90 Hz s/d 130 Hz dengan jenis gelombang *quard*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah menggunakan kontrol aktif aktuator jet sintetik pada model uji *reverse ahmed body* dapat mengurangi hambatan (*drag*) aerodinamika, dengan hasil maksimal diperoleh pada kecepatan 11,1 m/s pada frekwensi 90 Hz yaitu sebesar 12% ( $\Delta C_D = 0.189$ ).

*Kata kunci: aktuator jet sintetik, reverse ahmed body, vortex ring, frekwensi, gelombang, drag, aliran separasi, CFD.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

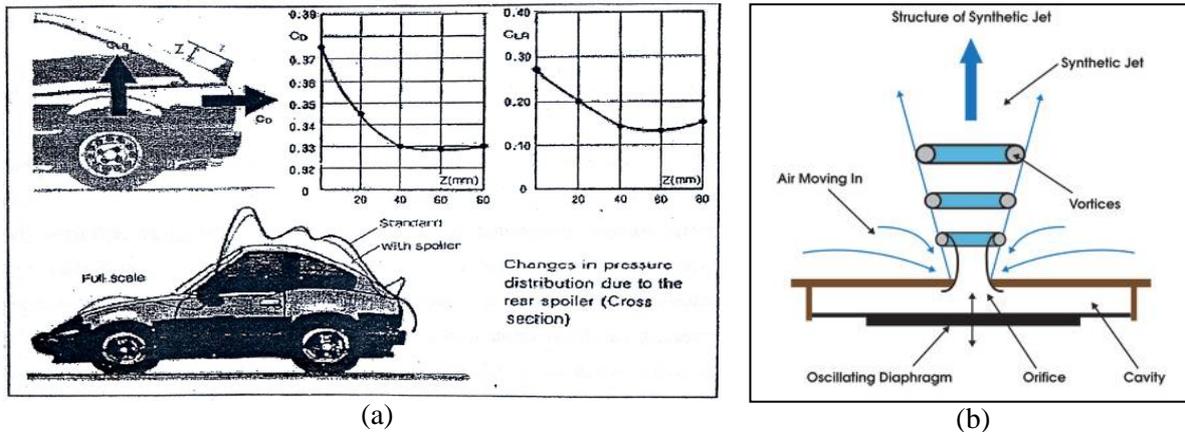
Pemansan global merupakan salah satu permasalahan utama dalam beberapa tahun belakangan ini. *Internasional Agency in World Energy Outlook 2007*, menyimpulkan bahwa emisi gas dengan efek rumah kaca akan meningkat 57% pada tahun 2030[1]. Adanya efek rumah kaca ini memberikan pengaruh yang sangat buruk terhadap lingkungan dan iklim global. Aktivitas manusia memberikan dampak yang cukup besar terhadap emisi gas dengan efek rumah kaca ini. Salah satu aktivitas manusia yang menyebabkan permasalahan tersebut adalah dalam bidang transportasi. Peningkatan jumlah kendaraan secara signifikan akan berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi bahan bakar dan akan mengakibatkan polusi serta pencemaran udara. Di lain pihak, perkembangan teknologi berbanding terbalik dalam hal pemanfaatan energi secara efektif dan efisien, termasuk dalam pemakaian energi di bidang transportasi.

Berkaitan dengan hal tersebut, riset-riset terkini di bidang aerodinamika kendaraan, dilakukan dengan sudut pandang desain yang efisien dan mampu memberi dampak penghematan bahan bakar. Karena alasan ini, aerodinamika kendaraan darat telah dipelajari secara eksperimenta dan numerik oleh banyak peneliti.

Untuk mengurangi hambatan aerodinamika, jika ditinjau dari dinamika fluida, maka metode yang dapat dilakukan adalah dengan cara: memodifikasi aliran secara lokal, memindahkan atau menunda posisi separasi, atau mengurangi berkembangnya zona sirkulasi dibagian belakang dari struktur pusaran yang terseparasi (*separated swirling structure*) [2].

Metode-metode tersebut dapat dilakukan dengan mengontrol aliran di dekat dinding dengan atau tanpa pemberian energi tambahan dengan menggunakan kontrol aktif atau pasif [2]. Penggunaan sistem-pasif dalam kontrol aliran sampai sejauh ini lebih populer karena alasan biaya yang lebih murah. Dalam prakteknya, kontrol aliran dapat dilakukan jika distribusi tekanan pada dinding dapat dimodifikasi

dengan tepat dibagian belakang dan pada kaca belakang (*rear window*) mobil dengan menggunakan berbagai jenis perangkat, seperti pemakaian *spoiler* atau *fin*, yang dapat mengubah geometri aliran secara lokal seperti diilustrasikan pada gambar 1.1(a) di bawah ini.



Gambar 1.1 (a) Pengaruh penggunaan spoiler di belakang *rear window* pada pengurangan hambatan aerodinamik  
(b) Sketsa jet sintetik yang dibentuk oleh aktuator dalam *cavity* dengan saluran keluar *orifice*

Kebutuhan akan pengurangan gaya *drag* yang lebih efektif mendorong pada perancangan otomotif yang lebih kreatif dalam mengembangkan model kontrol aktif yang inovatif. Metode kontrol aktif memungkinkan untuk memodifikasi topologi aliran tanpa merubah bentuk dari kendaraan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan seperti: kontrol aktif hisapan (*suction*) yang diletakkan pada bagian atas dari jendela belakang (*rear window*) mampu menghilangkan separasi pada geometri mobil *fastback* yang disederhanakan dimana pengurangan *drag* aerodinamis diperoleh 17% [3]. Hal serupa juga dilakukan [3], dimana kontrol aktif aliran yang digunakan adalah tiga kombinasi penempatan *suction* dan *blowing* pada bagian belakang dari *Ahmed model*, menghasilkan pengurangan *drag* terbaik sebesar 13%. Selain itu penelitian secara numerik dilakukan oleh Kuota and Gillieron (2009) dengan menggunakan kontrol aktif *synthetic jet* yang ditempatkan pada bagian atas jendela belakang *Ahmed model* dimana pengurangan *drag* diperoleh sebesar 13%. Kontrol aktif *synthetic jet* di ilustasikan seperti pada gambar.1.1(b) di atas.

Berdasarkan uraian tersebut diatas dan hasil penelitian yang telah dilaporkan oleh banyak peneliti, masih memberikan ruang untuk melakukan riset tentang penerapan kontrol aktif aliran yang dapat menghasilkan pengurangan *drag* pada aerodinamika kendaraan.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh pemasangan kontrol aktif aktuator jet sintetik dengan bentuk kaviti kerucut terhadap penurunan hambatan (*drag reduction*) aerodinamika pada model uji *reverse ahmed body* dengan membandingkan antara pengujian menggunakan dan tidak menggunakan aktuator jet sintetik.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Drag Aerodinamika

*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 model uji dari benda yang dikenakan aliran.

Gaya *drag* (hambatan) diekspresikan sebagai hasil kali koefisien *drag*, tekanan dinamis arus bebas dan luas karakteristik yang dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut [3], *Drag* di rumuskan sebagai berikut:

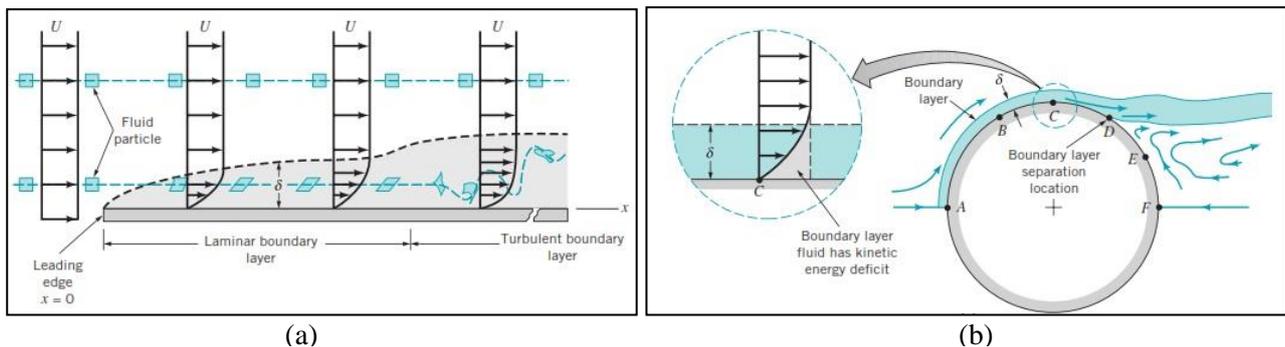
$$C_{D,p} = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad [2.1]$$

Dimana:

$F_D$	= gaya drag	(N)
$\rho$	= massa jenis udara	(kg/m <sup>3</sup> )
$U$	= kecepatan aliran udara	(m/s)
$A$	= luas daerah yang mengalami geseran	(m <sup>2</sup> )

## 2.2. Lapisan Batas

Lapisan batas adalah daerah yang melingkupi permukaan aliran, dimana tepat di bawah lapisan batas terdapat hambatan akibat pengaruh gesekan fluida dan tepat di atas lapisan batas aliran fluida adalah tanpa hambatan, sehingga untuk menganalisa pengaruh gesekan fluida, penting untuk diketahui konsep tentang lapisan batas tersebut.



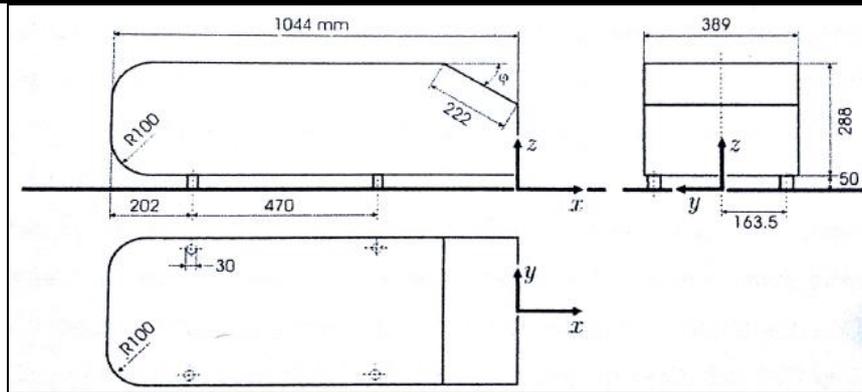
Gambar 2.1. (a) Distorsi dari partikel fluida ketika mengalir di dalam lapisan batas (b) separasi aliran yang terjadi pada silinder [3]

## 2.3 Sparasi Aliran

Separasi aliran merupakan bentuk efek *viskos* dari fluida, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1(b), karena adanya efek *viskos*, fluida pada titik D di permukaan silinder kehilangan energi kinetik, sehingga tidak memiliki momentum yang cukup untuk mengalir dalam lapisan batas menuju E. Titik D adalah titik dimana separasi aliran terjadi. Diluar titik C menuju D terjadi aliran balik karena perbedaan kecepatan yang tinggi antara daerah olakan dengan lapisan batas [3].

## 2.4 Model Ahmed Body

Kompleksitas yang tercakup dalam desain mobil karena adanya sejumlah besar aksesoris dan perangkat yang membentuk geometri mendorong kajian yang intensif secara komputasi dalam memodifikasi medan aliran sebelum dilakukan pengujian secara eksperimental. Banyak penelitian menggunakan model *Ahmed body* sebagai referensi model paling umum untuk mobil berjenis *bluff body* karena bentuknya yang cukup sederhana namun diyakini dapat mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran dengan mempertahankan fitur yang relevan, penting dan praktis dari *body* mobil tersebut.



Gambar 2.2 Model uji *reverse ahmad body* (Ahmed et al, 1984)

## 2.5 Mekanis Aktuator Jet Sintetik

Mekanisme jet sintetik dihasilkan oleh sebuah aktuator jet sintetik (*Synthetic Jet Actuator/SJA*). Secara teknik, aktuator ini adalah peralatan yang memerlukan input *massa netto nol* (*zero mass input*), namun menghasilkan output momentum tidak nol (*non zero momentum output*), Jet sintetik ini terbentuk dari perpaduan rangkaian *vortex* yang ditimbulkan oleh getaran harmonik sebuah diafragma yang berfungsi sebagai dinding sebuah cavity, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1(b) di atas.

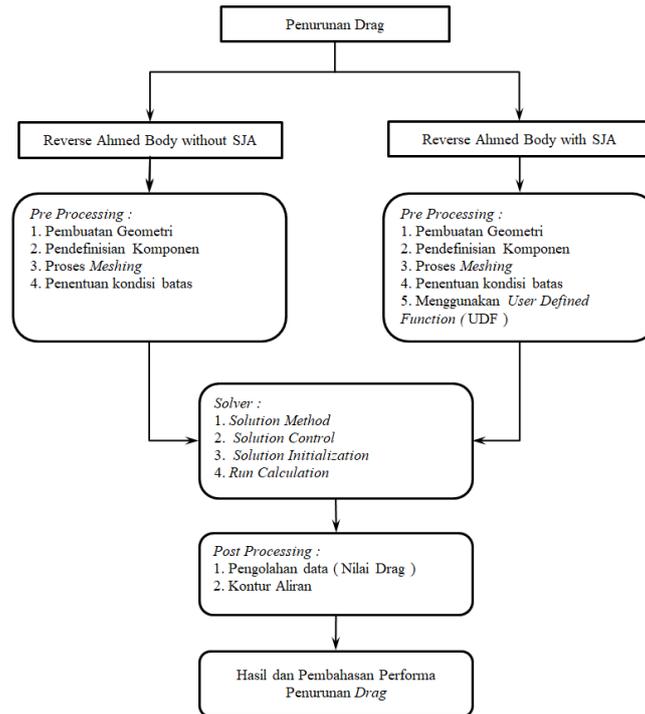
## 2.6 Computational Fluid Dynamic (CFD)

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

Pada masa kini, CFD sudah menjadi salah satu pendekatan yang dilakukan dalam mencari jawaban pada suatu permasalahan *engineering*, terutama dalam bidang mekanika fluida dan perpindahan panas. Proses pada *computational fluid dynamic* ada tiga yaitu: *pre-processing*, *solver* & *post processing*.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mengikuti diagram alir penelitian yang disajikan pada gambar 3.1.

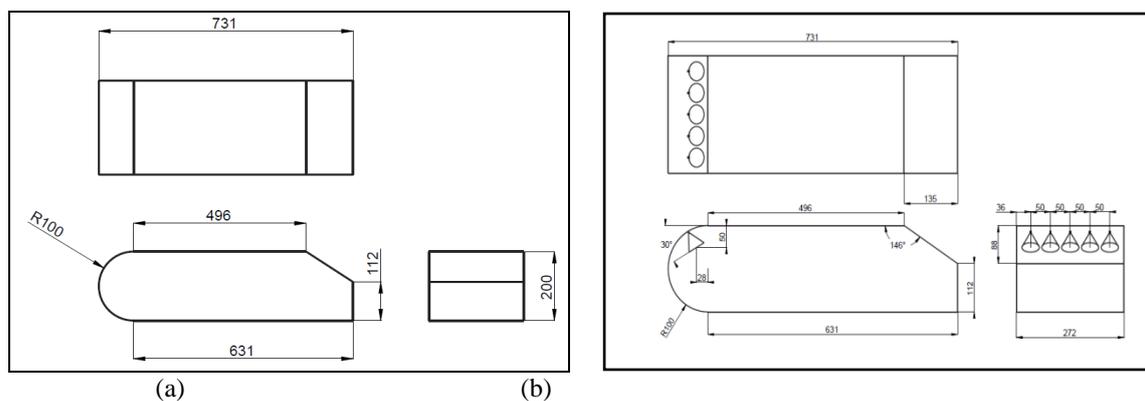


Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian

## 4. TAHAPAN PENELITIAN

### 4.1 Pembuatan model ahmed body

Dalam penelitian ini akan diambil dua simulasi, yaitu dengan model uji *reverse ahmed body* tanpa dan menggunakan aktuator jet sintetis. Kaviti yang digunakan adalah bentuk kerucut dengan diameter orifis 3 mm.



Gambar 4.1. (a) Ahmad Body Non Synthetic Jet Actuator (b) Ahmad Body With Synthetic Jet Actuator

## 4.2 Tahapan Simulasi

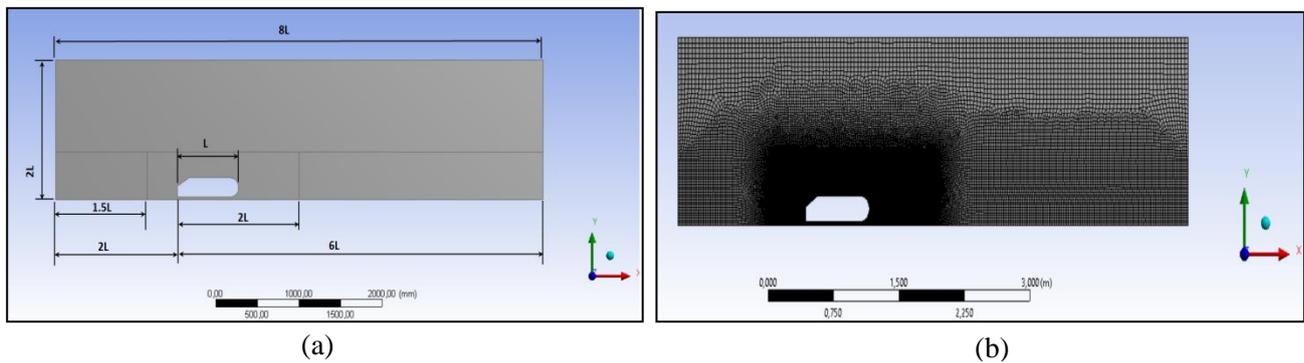
### 4.2.1 Pre-Processing CFD

#### a. Geometry

Geometri yang digunakan pada metode komputasional ini menggunakan model uji *ahmed body* model 2D, Domain yang digunakan pada metode dapat dilihat pada gambar 4.2 (a) di bawah ini:

#### b. Meshing

*Meshing* dilakukan dengan menggunakan tipe *cell* atau *grid* untuk simulasi 2 (dua) dimensi dan tidak berstruktur, yaitu tipe *mesh tetrahedron*. Parameter yang digunakan yaitu seperti pada tabel 4.2 (b).



Gambar 4.2. (a) *Geometry* (b) *Meshing*

### c. Setup

Berfungsi untuk melakukan analisa gambar yang telah dilakukan proses *meshing* sebelumnya.

#### 4.2.2 Solver

Setelah seluruh parameter dan kondisi batas sudah ditentukan, maka akan lanjut kepada tahap *solver*. Pada tahap ini akan ditentukan metode pemecahan yang akan digunakan oleh CFD untuk dapat memecahkan simulasi CFD tersebut dengan akurat. Penentuan yang dilakukan ada pada penentuan metode dari solusi dan juga kontrol dari perhitungan yang akan dilakukan untuk mendapatkan sebuah solusi.

#### 4.2.3 Post-Processing

Pada tahapan *post-processing* yang akan dilakukan adalah melihat hasil dari perhitungan iterasi yang sudah dilakukan pada tahap *solver*. Dari hasil yang didapatkan akan dilakukan analisa komprehensif dari distribusi kecepatan, tekanan dan koefisien *drag* ( $C_D$ ) yang terdapat pada model uji *reverse ahmed body* baik ketika tanpa menggunakan ataupun saat digunakan aktuator jet sintetik.

## 5. Hasil Penelitian

### 5.1 Uncertainty Data Penelitian

*Uncertainty* (ketidakpastian dari pengukuran kuantitatif) tidak dilaporkan sebagai nilai tunggal tetapi dengan suatu rentang nilai yang diperkirakan nilai benar berada didalam nilai tersebut. Hasil pengukuran yang bervariasi mencerminkan penyimpangan yang disebabkan oleh faktor kinerja alat, metode pengukuran, kondisi lingkungan, dan sebagainya. *Uncertainty* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kebenaran dalam mengambil banyaknya data ( $N$ ). Untuk menghitung nilai *uncertainty* pada penelitian ini memakai persamaan yang ada dibawah ini berlaku untuk tingkat kepercayaan 95% atau maksimum nilai *error* data 5%, yaitu:

$$\sigma_x = \frac{2Sx}{\sqrt{N}} \quad [5.1]$$

Sedangkan untuk menentukan persentase tingkat ketidakpastian pengukuran ( $U_N$ ), dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini :

$$U_N = \frac{\sigma_x}{x} \times 100\% \quad [5.2]$$

Dimana:

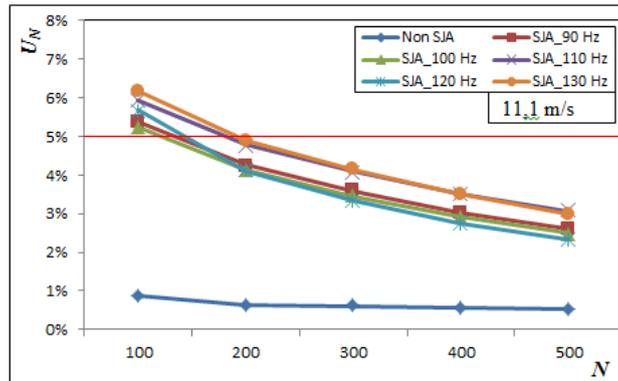
$\sigma_x$  = Standar deviasi populasi

$Sx$  = Standar deviasi sampel

$x$  = data rata - rata

Berdasarkan hasil perhitungan *uncertainty* yang telah didapatkan dari pengolahan data sebanyak 500 data telah memberikan nilai *uncertainty* nya rata-rata untuk model uji tanpa aktuar jet sintetik sebesar  $U_N$  0.6% sedangkan uji menggunakan aktuator jet sintetik berada pada  $U_N < 2,7\%$  sesuai pada gambar 5.1. Jadi

dengan mengambil jumlah data sebanyak 500 data telah memenuhi syarat tingkat kepercayaan data.



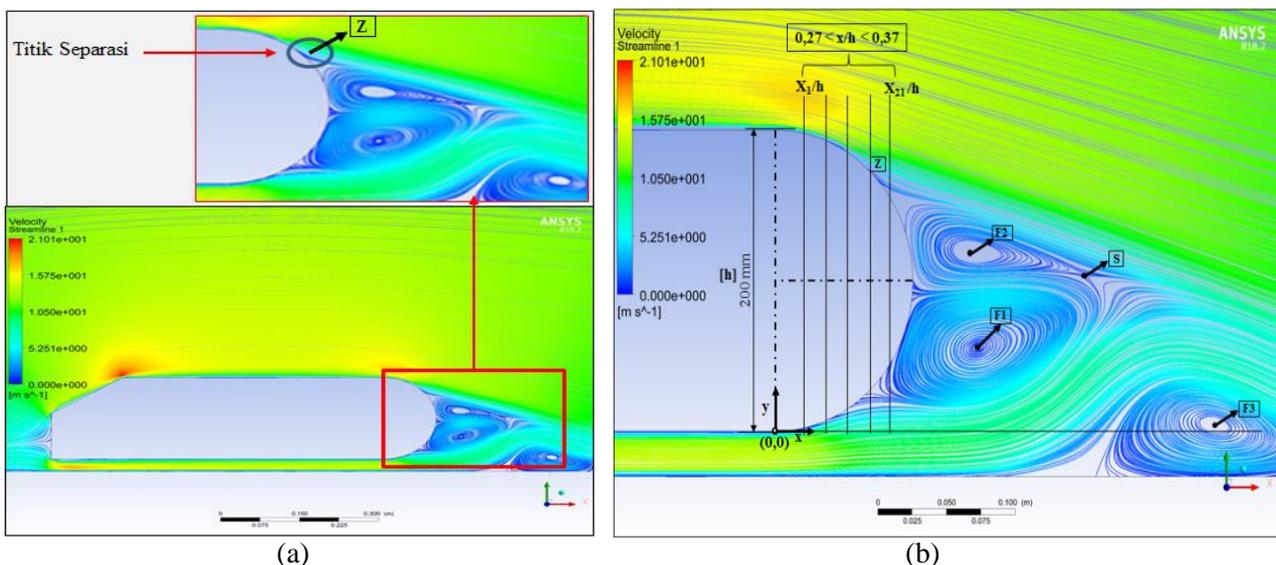
Gambar 5.1 Uncertainty data

### 5.3 Menentukan Titik Separasi

Untuk menentukan titik separasi dilakukan dua tahapan yaitu tahap pertama dengan cara visualisasi dan kemudian dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu dengan cara menentukan titik (x,y) dari nilai *velocity* yang terkecil.

#### 5.3.1 Tahap Visualisasi

Pada tahapan ini, cara menentukan titik separasi adalah dengan melihat secara visual dari simulasi medan aliran *freestream* yang terjadi pada model uji *ahmad body*. Titik separasi dilihat pada bagian belakang model uji seperti pada Gambar 5.2 (a) dimana titik separasi ditunjukkan oleh titik Z, yaitu titik perpisahan aliran *freestream* dengan permukaan model uji *ahamd body*. Titik Z tersebut akan dijadikan acuan *range* untuk meneliti lebih lanjut pada tahap kedua.



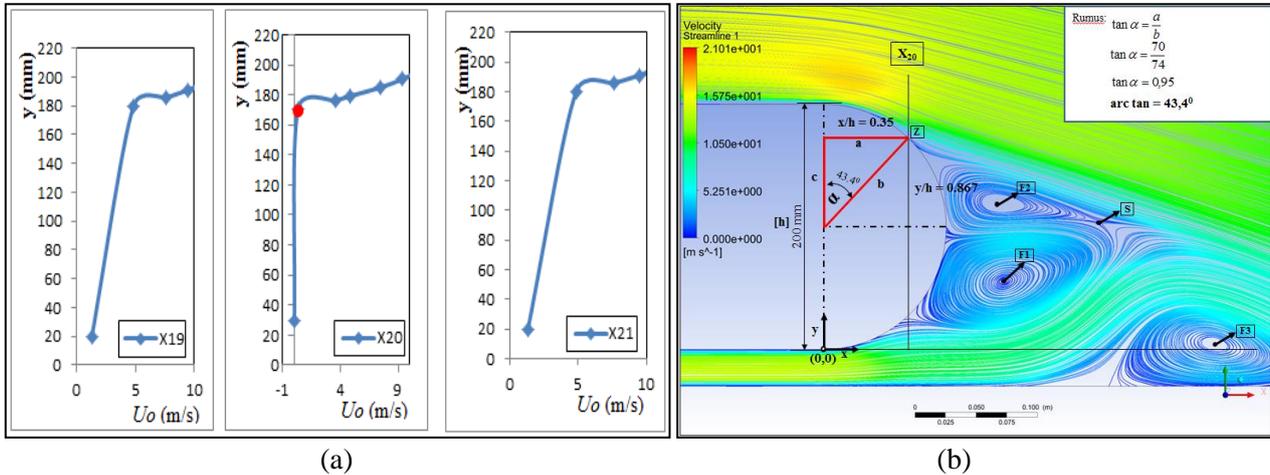
Gambar 5.2 (a) Stream line (b) titik range velocity x/h kecepatan 11,1 m/s pada model *ahmad body* Non SJA

Dari gambar 5.2 (a) letak titik Z berada pada koordinat  $x/h = 0.34$  dan  $y/h = 0.869$ , titik tersebut merupakan dugaan sementara titik separasi pada kecepatan 11,1 m/s. untuk memastikan titik tersebut adalah titik separasi maka dilakukan pengujian tahap kedua berdasarkan nilai *velocity* terkecil.

Kemudian dibuat titik – titik acuan dengan *range* yang sudah di tentukan yaitu  $0,27 < x/h < 0,37$ . Untuk mempermudah dalam penulisan maka setiap titik diberi inisial mulai dari  $X_1/h, X_2/h, X_3/h \dots X_{21}/h$ , dimana ( $X_1/h = 0,27$ ) dan ( $X_{21}/h = 0,37$ ). Setiap titik ditarik garis lurus terhadap sumbu Y (vertikal) seperti pada gambar diatas 5.2 (b).

### 5.3.2 Tahapan Nilai Velocity

Pada gambar 5.3 (a) tersebut menunjukkan bahwa semakin besar atau kecil titik  $x/h$  tidak mempengaruhi semakin kecilnya nilai *velocity*, Karena nilai *velocity* dipengaruhi oleh perubahan lapisan alir. Pada hal ini yang mendekati keakuratan adalah titik  $x_{20}/h$  dimana grafik yang terbentuk mendekati garis nol yaitu 0.3314 m/s, hal tersebut memenuhi syarat ciri - ciri titik separasi yaitu: terbentuknya awal mula aliran yang ditandai dengan nilai *velocity* yang rendah (mendekati nol).



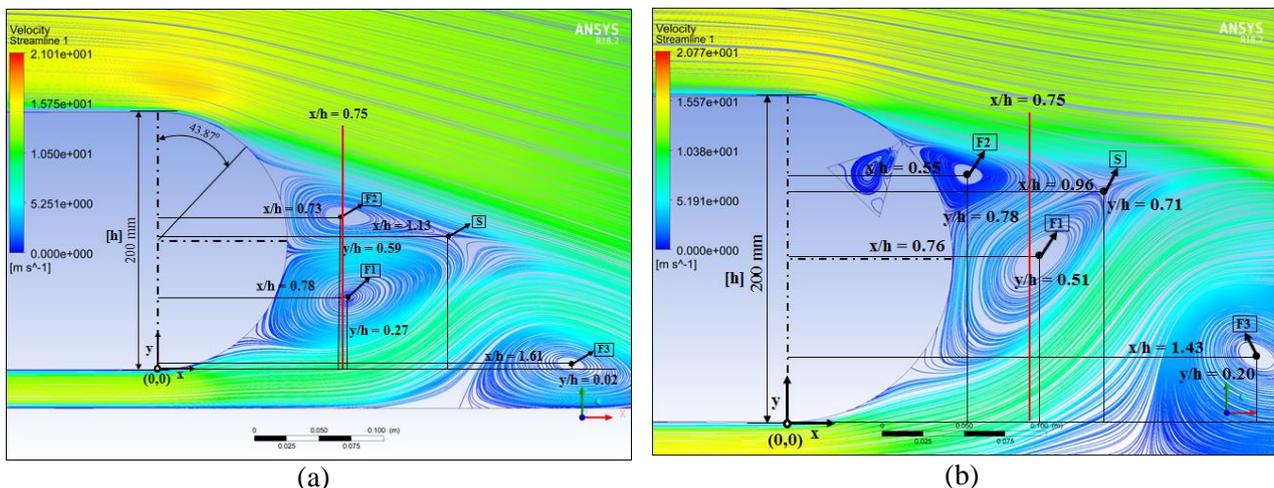
Gambar 5.3 (a) Titik *velocity*  $x_{19}$ ,  $x_{20}$  dan  $x_{21}$  (b) Titik separasi pada kecepatan 11,1 m/s

Pada Gambar 5.3 (b). diatas menunjukan titik separasi (Z) di bidang lengkung model uji *ahamd body* pada kecepatan 11,1 m/s memiliki sudut kemiringan sebesar  $43.4^{\circ}$ . Untuk mempermudah pembuatan model uji maka sudut titik separasi ini ditetapkan sebesar sebesar  $43.4^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$  vertikal kelengkungan bidang belakang model uji. Untuk kecepatan 13,9 m/s dan 16,7 m/s dilakukan perhitungan yang sama. Hasilnya adalah kecepatan 13.9 m/s dan 16.7 m/s masing – masing memilikit titik sudut separasi sebesar  $36.9^{\circ}$  m/s dan  $33.59^{\circ}$  m/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Titik separasi (Z) terletak semakin keatas pada bidang lengkung di belakang model uji jika kecepatan *freestream*-nya semakin besar, sehingga separasi lebih cepat terjadi.

## 5.4 Pengaruh Pemasangan Aktuator Jet Sintetik

### 5.4.1 Perbandingan Medan Aliran

Alat kontrol aliran yang dipasang pada pengujian ini diletakkan pada bagian belakang model uji dimana titik semburannya terletak pada titik separasi mulai terjadi (titik Z) pada Gambar 5.3(b). Pada gambar 5.4 ini terlihat ada 3 (tiga) daerah titik pusat aliran balik pada bagian bawah (F1), pada bagian atas (F2) dan bagian jauh dari kelengkungan model uji (F3) serta terbentuknya *saddle point* (S) yang mengindikasikan berakhirnya zona resirkulasi.



Gambar 5.4. Medan aliran (a) tanpa aktuator jet sintetis (b) menggunakan aktuator jet sintetis pada kecepatan 11,1 m/s frekwensi 90 Hz

Fenomena gambar 5.4 menandakan bahwa terjadinya dua titik pusat aliran balik menyebabkan adanya dua daerah sirkulasi sehingga olakan yang terjadi pada bagian belakang model uji akan berkurang. Salah satu penyebab penurunan *drag* pada kendaraan disebabkan oleh pengurangan olakan dan terbentuknya daerah resirkulasi di belakang aliran. Hal tersebut dibuktikan dengan posisi titik pusat aliran balik F1, F2 dan F3 bergeser, sebagai contoh yaitu: model uji yang menggunakan alat kontrol aktif aktuator jet sintetis menggeser titik F1, pada kondisi tanpa menggunakan alat kontrol dari  $x/h = 0.78$  bergerak mendekati model uji pada  $x/h = 0.76$  dan sedikit bergerak keatas dari posisi  $y/h = 0.27$  ke posisi  $y/h = 0.51$ . Akibatnya separasinya berkurang, sehingga menurunkan *wake* yang terjadi. Karena penurunan *wake* inilah gaya hambat ( $C_D$ ) yang pada model uji menjadi berkurang.

Hal ini dapat dikatakan bahwa, secara keseluruhan daerah olakan yang terjadi di belakang model ini berkurang dengan adanya penggunaan alat kontrol jenis aktuator jet sintetis, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan *drag* pada model uji. Tabel 5.1 menunjukkan perbandingan titik pusat aliran balik tanpa dan menggunakan aktuator jet sintetis.

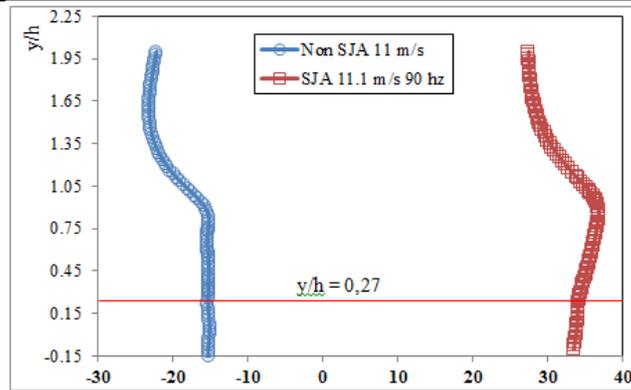
Tabel 5.1. Perbandingan Posisi titik F1, F2, F3 dan S tanpa dan menggunakan Aktuator Jet Sintetis

Model Uji	v	f	Gelombang	Titik Koordinat							
				$x_{F1}/h$	$x_{F2}/h$	$x_{F3}/h$	$y_{F1}/h$	$y_{F2}/h$	$y_{F3}/h$	$x_s/h$	$y_s/h$
Non SJA	11,1	-	-	0.78	0.73	1.61	0.27	0.59	0.02	1.13	0.51
	11,1	90	Quard	0.76	0.55	1.43	0.51	0.76	0.20	0.96	0.71
	11,1	100	Quard	0.76	0.54	1.41	0.52	0.77	0.20	0.94	0.72
SJA	11,1	110	Quard	0.75	0.54	1.41	0.51	0.77	0.21	0.92	0.75
	11,1	120	Quard	0.75	0.52	1.39	0.52	0.79	0.20	0.89	0.75
	11,1	130	Quard	0.75	0.52	1.39	0.52	0.79	0.20	0.89	0.75

#### 5.4.2 Perbandingan Medan Aliran

Pada Gambar 5.5 terlihat bahwa tekanan statik yang ditimbulkan oleh model uji yang menggunakan aktuator jet sintetis (SJA) lebih besar dibandingkan dengan model uji yang tidak menggunakan SJA. Posisi titik yang dipilih untuk membandingkan anatar model uji yang menggunakan dan tidak menggunakan aktuator jet sintetis yaitu pada titik  $y/h = 0.27$ . Dari hasil perhitungan dengan metode interpolasi untuk mendapatkan titik akurat didapat bahwa tekanan statis tanpa aktuator sebesar (-15,296 Pa), dan tekanan dengan menggunakan aktuator sebesar (menjadi 34,368 Pa) naik sebesar (19.072 Pa) atau 125%. Akibatnya, kenaikan tekanan yang ditimbulkan oleh SJA di belakang model uji ini akan mengurangi daya isap terhadap model uji karena adanya daerah sirkulasi yang bertekanan rendah.

Kenaikan tekanan di belakang model uji inilah yang mengakibatkan berkurangnya gaya hambat terhadap model uji. Jika berkurangnya gaya hambat maka koefisien *drag* -nya juga akan berkurang, sehingga ada penurunan *drag* karena penggunaan aktuator ini.

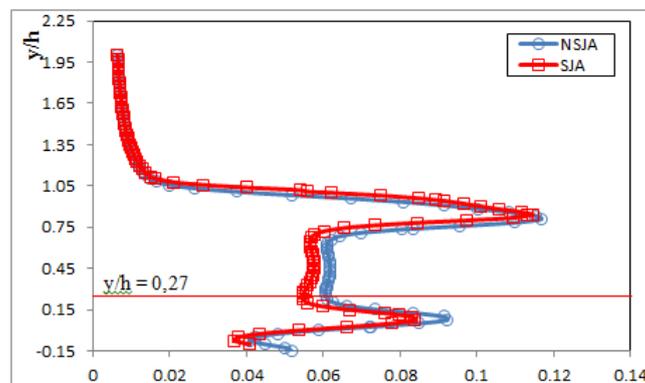


Gambar 5.5 Perbandingan tekanan statis pada model tanpa dan menggunakan SJA pada posisi  $x/h = 0.75$

### 5.4.3 Perbandingan Turbulensi

Pada gambar 5.6 menunjukkan perbandingan nilai turbulensi, dimana posisi titik yang dipilih untuk menentukan nilai turbulensi yaitu pada titik  $y/h = 0.27$ . Dari hasil perhitungan dengan metode interpolasi untuk mendapatkan titik akurat didapat nilai intensitas turbulensi tanpa aktuator sebesar 0.562 sedangkan nilai intensitas turbulensi menggunakan aktuator sebesar 0.543, nilai turun sebesar 3% (0.019).

Penurunan intensitas turbulensi ini terjadi disekitar daerah aliran balik F1, sehingga daerah aliran balik F1 ini semakin berkurang dengan adanya aliran udara yang berasal dari aktuator jet sintetik. Pengurangan daerah aliran balik F1 ini dapat menyebabkan penurunan *wake*, sehingga dengan adanya penurunan *wake* ini akan mengakibatkan penurunan *drag*.

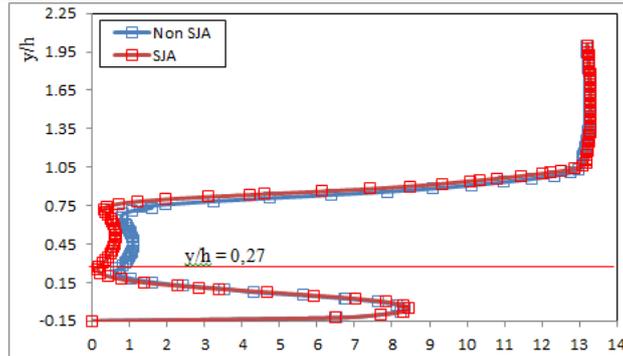


Gambar 5.6 Perbandingan intensitas turbulen pada model tanpa dan menggunakan SJA pada posisi  $x/h = 0.75$

### 5.4.4 Perbandingan Kecepatan udara

Pada gambar 5.7 terlihat besarnya perbedaan kecepatan aliran udara di daerah *wake* antara model uji yang tidak menggunakan aktuator dengan model uji yang menggunakan aktuator. Posisi titik yang dipilih sebagai untuk menentukan nilai turbulensi yaitu pada titik  $y/h = 0.27$ . Dari hasil perhitungan dengan metode interpolasi untuk mendapatkan titik akurat didapat nilai kecepatan udara *downstream* tanpa aktuator sebesar 0.1036 m/s dan kecepatan udara *downstream* menggunakan aktuator menjadi 0.0879 m/s turun sebesar 15% (0.0157).

Penurunan udara *downstream* ini terjadi di sekitar daerah aliran balik F1, sehingga daerah aliran balik F1 ini semakin berkurang dengan adanya aliran udara yang berasal dari aktuator jet sintetik. Pengurangan daerah aliran balik F1 ini dapat menyebabkan penurunan *wake*, sehingga dengan adanya penurunan *wake* ini akan mengakibatkan penurunan *drag* bagi model uji.



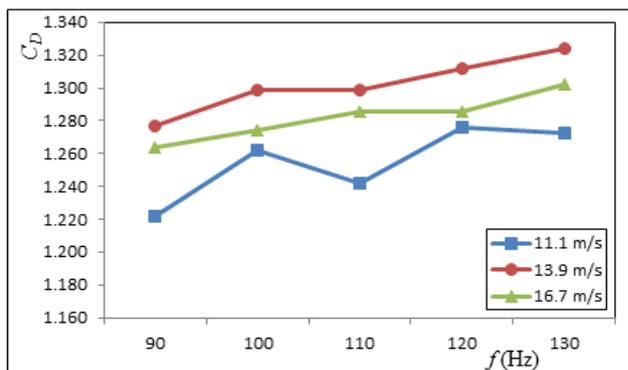
Gambar 5.7. Perbandingan kecepatan udara *downstream* pada model tanpa dan menggunakan SJA dengan kecepatan  $U_o = 11.1 \text{ m/s}$  pada  $y/h = 0.75$ .

### 5.4.5 Nilai Drag Reduction

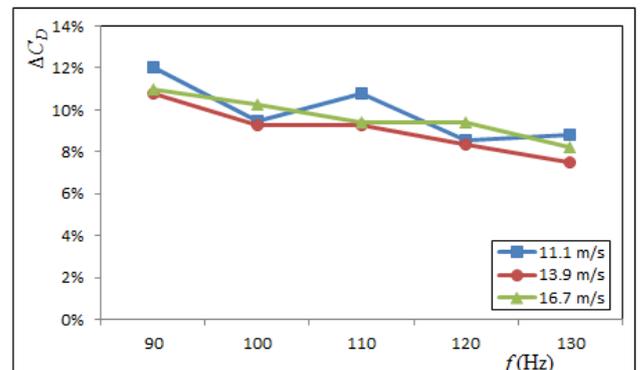
Dari hasil penelitian yang dilakukan pada model uji *ahamd body* tanpa aktuator jet sintetis dan menggunakan aktuator jet sintetis diuji pada kecepatan yang berbeda dan frekwensi eksitas yang berbeda pula, dibuktikan bahwa adanya penurunan nilai koefisien *drag* seperti data Gambar 5.8. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor yang telah dijelaskan seperti: medan aliran, nilai tekanan statik, turbulensi dan kecepatan *freestrem* yang mengalami perubahan setelah menggunakan aktuator jet sintetis .

Dari data Gambar 5.8.(a) menunjukkan bahwa rata nilai *drag* terkecil yaitu pada kecepatan 11.1 m/s frkuwensi 90 Hz dengan nilai  $C_D$  1.222. Untuk rata nilai  $C_D$  disetiap kecepatan adalah kecepatan *freestrem* 11.1 m/s ( 1.255), kecepatan *freestrem* 13.9 m/s ( 1.302) dan kecepatan *freestrem* 16.7 m/s ( 1.282).

Setelah dibandingkan antara tanpa dan menggunakan aktuator jet sintetis menunjukkan bahwa adanya penurunan *drag reduction*. Nilai *drag reduction* ditampilkan seperti pada Gambar 5.8 (b). Pada pengujian setiap kecepatan dan frekwensi yang digunakan mengalami *drag reduction*, nilai *reduction* terbesar pada kecepatan 11.1 m/s dengan frekwensi 90 Hz yaitu sebesar 12% ( $\Delta C_D = 0.189$ ). Hasil ini membuktikan bahawa adanya penurunan hambatan (*drag reduction*) pada model uji *ahmad body* setelah menggunakan aktuator jet sintetis.



(a)



(b)

Gambar 5.8. (a) Nilai koefisien *drag* pada model uji menggunakan aktuator jet sintetis (b) Prosentase *drag reduction*

Tabel 5.2. Prosentase nilai *Drag Reduction*

Model Uju	Kecepatan (m/s)	Gelombang	Frekwensi				
			90 Hz	100 Hz	110 Hz	120 Hz	130 Hz
SJA	11.1	Quard	12%	9%	11%	9%	9%
	13.9	Quard	11%	9%	9%	8%	8%
	16.7	Quard	11%	10%	9%	9%	8%

## 6. KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan pemasangan kontrol aktif aktuator jet sintetik dengan kaviti berbentuk kerucut (diameter orifes 3 mm) pada model uji *reverse ahmad body* menunjukkan bahwa adanya penurunan hambatan (*drag reduction*) aerodinamika, dengan hasil paling maksimal diperoleh pada kecepatan 11,1 m/s pada frekwensi 90 Hz yaitu sebesar 12% ( $\Delta C_D = 0.189$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

1. IEA, 2007, World Energy Outlook 2007, *Executive Summary, China and India insights, International Energy Agency IEA*, ISBN : 978-92-64-02730-5
2. Roumeas M., Gillieron P., and Kuorta A., 2009, *Drag Reduction by Flow Separation Control on a Car after Body*, International Journal for Numerical Method in Fluids, **60**, pp. 1222 – 1240
3. Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okishi. (2002) *Fundamentals of Fluid Mechani*. New York: John Wiley & Sons inc.
4. Yogatama, Marga, *Pengaruh Pemasangan Jet Sintetik Aktuator Pada Model Ahmedbody Terbalik Terhadap Penurunan Hambatan (Drag Reduction) Melalui Metode Simulasi*, **Skripsi**, Teknik Mesin Universitas Pancasila, Jakarta, 2017.
5. Trisno, Ramon, *Kontrol Aktif Jet Sintetik Pada Aplikasi Aerodinamika Kendaraan*, **Disertasi** Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok, 2018.