

## **Pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap besarnya koefisien gaya hambat serta gaya angkat yang dihasilkan pada benda uji berbentuk setengah bola dan bentuk aerofoil pada alat uji Terowongan angin**

H.Moch.Ma'ruf<sup>1</sup>

### **Abstraksi**

Udara adalah salah satu fluida kompresibel, yaitu fluida yang mampu mampat dan dapat dikompresikan hingga tekanan tertentu. Udara yang bergerak mengandung suatu energi yang sebagian besar adalah berupa energi kinetik atau energi kecepatan maka fluida yang memiliki kecepatan akan mempengaruhi sifat-sifat fisiknya, yang meliputi densitas dan viskositas. Sifat-sifat fisis inilah yang nantinya merupakan faktor utama dalam menentukan energi kinetik termasuk bila dilewatkan pada suatu saluran yang mengalami perubahan luas penampang sering disebut dengan terowongan angin (wind tunnel),

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya koefisien gaya hambat serta gaya angkat yang dihasilkan pada benda uji berbentuk setengah bola dan bentuk aerofoil. Dari hasil penelitian benda berbentuk setengah bola /disk memiliki koefisien hambat yang lebih besar dibandingkan dengan koefisien angkatnya sedangkan bentuk aerofoil mengalami koefisien gaya hambat yang relatif kecil dibanding dengan koefisien angkatnya.

Dari persamaan serta hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa benda uji yang terbaik untuk digunakan pada benda-benda yang melintasi udara adalah berbentuk aerofoil yaitu pada  $V = 14$  m/s, dengan sudut serang dibanding dengan gaya angkat benda uji setengah bola.

Kata kunci : gaya angkat, gaya hambat, terowongan angin, aerofoil

### **Latar belakang**

Untuk mendapatkan gambaran secara umum pengaruh dari kecepatan angin pada suatu benda yang melintas di udara, dimana benda tersebut akan mengalami gaya angkat (lift force) dan gaya hambat (drag force) maka diperlukan ilmu aerodinamika untuk mengetahui hal tersebut.

Salah satu alat pengujian yang dapat memberikan gambaran akan pengaruh kecepatan angin pada suatu benda yang melintas di udara adalah terowongan angin (wind tunnel). Alat uji tersebut digunakan untuk menghasilkan aliran udara dengan ciri tertentu pada suatu benda uji. Pada alat uji terowongan angin kita dapat mengetahui kemampuan gaya angkat dan gaya hambat pada suatu benda uji.

Untuk mendapatkan data-data yang akurat, maka pada saat pengujian dituntut ketelitian mengamati dan menganalisa alat ukur yang menunjukkan gaya angkat dan gaya hambat dalam satuan Newton. Hal ini berpengaruh sangat besar di dalam analisa perhitungan yang akan dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari hasil pengujian aerodinamika dengan menggunakan alat uji terowongan angin.

### **Tujuan penelitian.**

Pada saat pelaksanaan penelitian dan pengujian menggunakan benda uji berbentuk :

- a. Setengah bola.
- b. Aerofoil.

Dengan menggunakan benda uji tersebut di atas akan didapatkan kemampuan gaya angkat dan

---

<sup>1</sup> Dosen Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

gaya hambat yang berbeda dan selanjutnya ditentukan sudut serang dan kecepatan udara yang bervariasi dan diambil hasil yang terbaik

## KAJIAN PUSTAKA

Pada saat penelitian kita akan mengenal istilah kalibrasi terowongan angin (wind tunnel). Dimana pada alat uji terowongan angin tersebut dilengkapi manometer yang dipasang dengan kemiringan  $\pm 20^\circ$  s/d  $30^\circ$  (alat pengukur tekanan) yang sudah langsung terkonversi menjadi nilai kecepatan angin yang diberikan pada benda uji dalam satuan kecepatan (m/det). Cara alat ukur tersebut bekerja dengan prinsip Venturi. Pipa-pipa plastik yang disambungkan pada Orifice Static sebelum dan sesudah dari konstruksi masukan dinding terowongan.

Sebelum terowongan angin digunakan untuk mendapatkan data-data yang kuantitatif, maka perlu diperhatikan alat-alat ukur. Ketepatan alat ukur tersebut yang nantinya akan dapat memberikan data-data yang akurat untuk benda-benda uji. Cara kalibrasi ini dilakukan dengan menggunakan Pitot Static Tube yang disambungkan dengan papan manometer.

Penerapan persamaan Bernoulli pada pipa Static Pithott adalah sebagai berikut :

$$V = \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_a}}$$

Dimana :

$\Delta P$  = Perbedaan tekanan antara lubang tekan total dan statik ( $N/m^2$ ).

$\rho_a$  = Kerapatan udara ( $kg/m^3$ ).

$V$  = Kecepatan titik.

Dengan merumuskan udara sebagai gas ideal, maka harga kerapatan :

$$\rho = \frac{P}{R.T}$$

Dimana :

$\rho$  = Kerapatan udara ( $kg/m^3$ ).

$P$  = Tekanan udara dalam kamar (1 atm).

$R$  = Konstanta gas universal ( 287, 299 J/kg K).

$T$  = Suhu (K)

Pada saat penelitian dan pengujian dilakukan, difokuskan pada penganalisaan bentuk benda uji,yaitu,

1. Bentuk setengah bola
2. Bentuk Aerodinamika

Akibat adanya kecepatan udara yang melewati terowongan maka akan mengakibatkan terjadinya suatu gaya angkat dan gaya hambat pada alat uji.

Parameter-parameter yang akan dianalisa :

- a. Gaya angkat (Lift force).

$$L_f = \frac{\rho.A.V^2.CL}{2}$$

- b. Gaya hambat (Drag force).

$$D_f = \frac{\rho.A.V^2.C_d}{2}$$

- c. Koefisien gaya angkat ( $C_L$ ).

$$C_L = \frac{2.L_f}{\rho.A.V^2}$$

- d. Koefisien gaya hambat ( $C_D$ ).

$$C_D = \frac{2.D_f}{\rho.A.V^2}$$

Dimana :

$L_F$  = Lift force (gaya angkat). (N)

$D_F$  = Drag force (gaya hambat). (N)

$A$  = Luas penampang benda uji. ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan udara. ( $m/det^2$ ).

$\rho$  = Kerapatan udara ( $kg/m^3$ ).

Gaya hambat dan gaya angkat berdefenisi sebagai komponen-komponen gaya yang dilakukan terhadap suatu benda oleh fluida yang

bergerak, yang masing-masing sejajar dan tegak lurus terhadap kecepatan datang relatif. Yang mengembangkan gaya hambat dan gaya angkat adalah aksi dinamika fluida yang bergerak. Gaya-gaya lain seperti gaya benda karena adanya gravitasi dan gaya apung tidak diikutsertakan dalam gaya hambat maupun gaya angkat.

Gaya hambat adalah suatu gaya yang searah dengan aliran benda yang melintas di udara berlawanan dari arah benda tersebut. Gaya angkat adalah suatu gaya yang tegak lurus suatu benda akibat adanya gaya hambat dari benda itu sendiri.

## DATA PENELITIAN DAN PENGUJIAN

### Alat-alat digunakan :

a. Satu unit Wind Tunnel :

- 1) Type : Wind Tunnel kecepatan rendah
- 2) Merk : Armfield
- 3) Panjang : 1,83 meter
- 4) Lebar : 0,80 meter
- 5) Beban max. Lift: 7,0 N
- 6) Beban max. Drag : 2,5 N

b. Motor listrik bergerak :

- 1) Input Voltage : 240 V/Single Phase 50 Hz
- 2) Daya : 1,5 Kw

c. Model Ellipsoida :

- 1) Diameter  $\Phi$  : 64,25 mm
- 2) Panjang : 183,52 mm

### Cara melakukan penelitian

a. Buka bagian seksi uji dengan cara menarik ke depan agar terpisah menjadi 2 bagian pada tengah terowongan angin bertujuan agar benda uji dapat dimasukkan pada terowongan angin tersebut.

b. Pasang benda uji yang memiliki tiang penyangga pada lubang tiang yang berhubungan dengan alat pengukur gaya.

c. Setelah benda uji terpasang maka seksi uji terowongan di dorong kembali ke posisi semula sehingga rapat agar tidak terjadi kebocoran angin yang akan dihisap oleh kipas/blower.

d. Setting alat pengukur dengan cara mengemolkan yang bertujuan agar benda uji pada posisi yang stabil pada titik imbangnya.

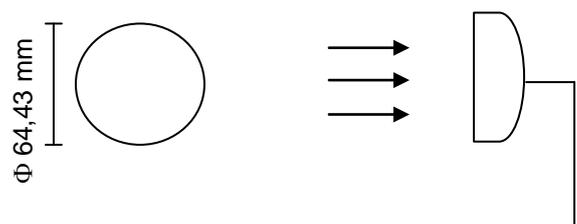
e. Nyalakan kipas penghisap udara secara bertahap yaitu mulai kecepatan 8 m/det, 10 m/det, 12 m/det, 14 m/det sampai 16 m/det karena alat uji terowongan angin pada saat pengujian hanya memiliki kemampuan kipas yang dapat menghasilkan kecepatan maksimal 18 m/det.

f. Pada tiap-tiap kecepatan yang diberikan pada benda uji dilakukan pengambilan data pada alat pengukur berupa gaya angkat dan gaya hambat.

### Data pengamatan penelitian.

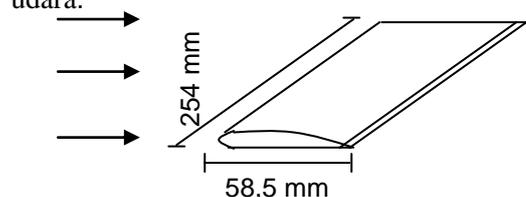
Dari pengujian yang dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut :

a. Benda Uji berbentuk setengah bola.



Gambar 1. Benda uji berbentuk setengah bola

b. Benda uji berbentuk aerofoil searah aliran udara.



Gambar 2. Benda uji berbentuk aerofoil

**Data hasil penelitian dan pengujian**

**Benda uji : Setengah bola**

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
0	8	0	0,18
0	10	0	0,285
0	12	0	0,423
0	14	0	0,58
0	16	0	0,76

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
45	8	0,535	0,6
45	10	0,89	1,02
45	12	1,345	1,52
45	14	1,775	2,039

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
50	8	0,54	0,695
50	10	0,87	1,179
50	12	1,345	1,743
50	14	1,785	2,362

**Benda uji : Aerofoil**

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
0	8	0,11	0,049
0	10	0,185	0,077
0	12	0,25	0,1
0	14	0,29	0,135
0	16	0,35	0,17

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
48	8	0,525	0,65
48	10	0,85	1,085
48	12	1,032	1,618
48	14	1,81	2,22

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)
1	2	3	4
52	8	0,50	0,728
52	10	0,845	1,228
52	12	1,24	1,88
52	14	1,72	2,5

**PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan rapat jenis udara.**

$$P \cdot V = R \cdot T$$

$$P \frac{1}{\rho} = R \cdot T$$

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T}$$

Dimana :

$$P = 1 \text{ atm} = 1,0132 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

$$T = 27^0 \text{ C} = 300 \text{ K}$$

$$R = 287,299$$

Maka :

$$\rho = \frac{1,0132 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{287,299 \text{ J / kgK} \cdot 300 \text{ K}}$$

$$= 1,1774 \text{ kg/m}^3$$

**Perhitungan luas penampang**

a. Benda uji berpenampang lingkaran.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

b. Benda uji berpenampang persegiempat.

$$A = P \cdot L$$

Dimana :

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$\pi = 3,14$$

$$D = \text{Diameter (m)}$$

$$p = \text{Panjang (m)}$$

$$L = \text{Lebar (m)}$$

**Perhitungan  $C_D$  dan  $C_L$ .**

Koefisien gaya angkat ( $C_L$ ).

$$C_L = \frac{2.Lf}{\rho \cdot A \cdot V^2}$$

Koefisien gaya hambat ( $C_D$ ).

$$C_D = \frac{2.Df}{\rho \cdot A \cdot V^2}$$

Dari persamaan di atas maka didapatkan nilai  $C_L$  dan  $C_D$ , sebagai berikut :

Dengan cara yang sama maka di dapatkan data  $C_L$  dan  $C_D$ , sebagai berikut :

- 1) Benda uji bentuk setengah bola berlawanan aliran udara dengan kecepatan 8 m/det dan  $A= 0,003259 \text{ m}^2$ .

$$C_L = \frac{0}{0,003259 \cdot 1,1774 \cdot 8^2} = 0$$

$$C_D = \frac{2,0,18}{0,003259 \cdot 1,1774 \cdot 8^2} = 1,465933045$$

Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
1	2	3	4	5	6
0	8	0	0,18	0	1,465933045
0	10	0	0,285	0	1,485478819
0	12	0	0,423	0	1,531085625
0	14	0	0,58	0	1,542387603
0	16	0	0,76	0	1,54737377

3. Benda uji aerofoil searah aliran udara dengan kecepatan 8 m/det dan  $A= 0,014859 \text{ m}^2$  dengan sudut serang  $0^0$ .

$$C_L = \frac{2,0,11}{0,014859 \cdot 1,1774 \cdot 8^2} = 0,19648486$$

$$C_D = \frac{2,0,049}{0,014859 \cdot 1,1774 \cdot 8^2} = 0,087525074$$

Dengan cara yang sama untuk sudut serang  $0^0, 45^0, 48^0, 50^0, 52^0$  maka di dapatkan data  $C_L$  dan  $C_D$ , sebagai berikut :

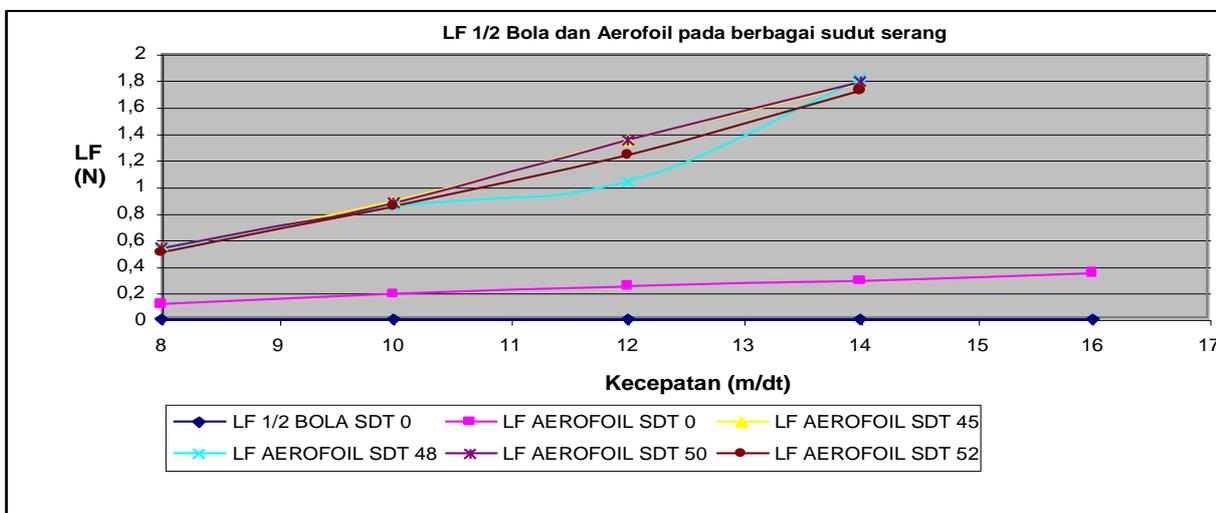
NO	Sudut Serang( $0$ )	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
	1	2	3	4	5	6
1	0	8	0,11	0,049	0,19648486	0,087525074
2	0	10	0,185	0,077	0,211489158	0,088025217
3	0	12	0,25	0,1	0,198469556	0,079387822
4	0	14	0,29	0,135	0,169144666	0,078739758
5	0	16	0,35	0,17	0,156294775	0,075914605

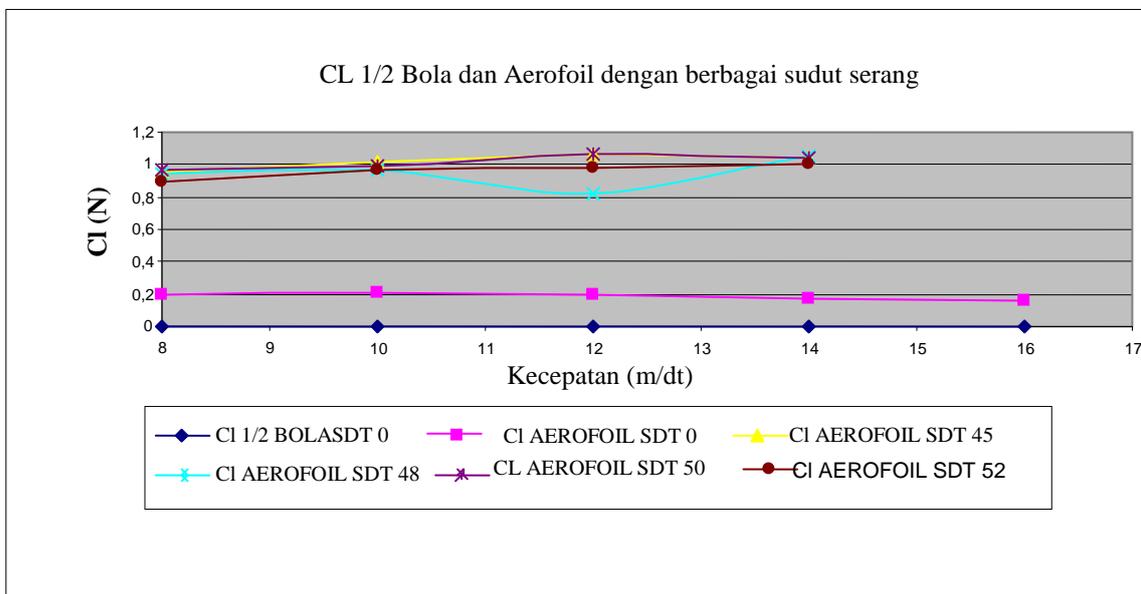
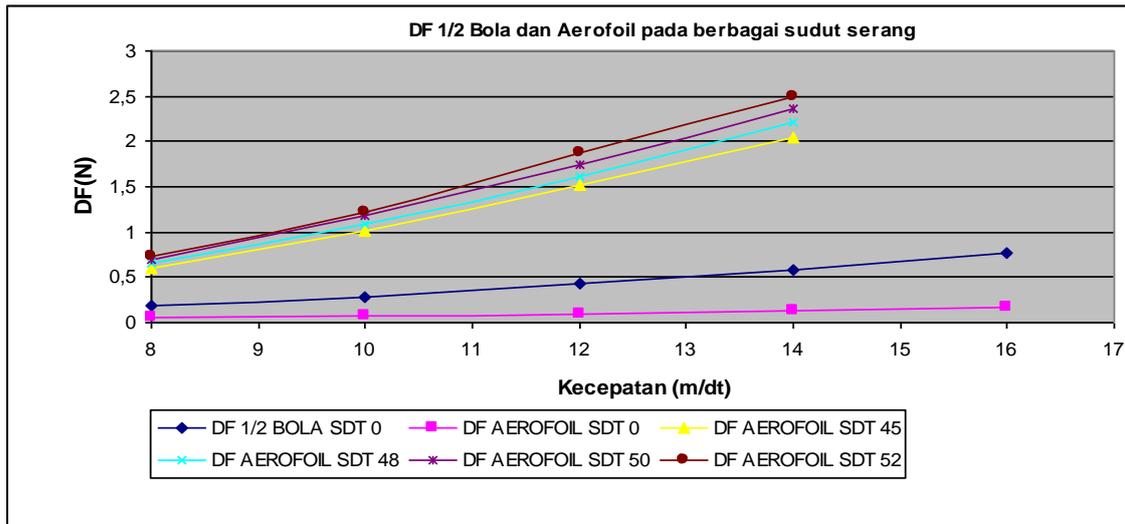
NO	Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
	1	2	3	4	5	6
1						
2	45	8	0,535	0,6	0,955630912	1,071735602
3	45	10	0,89	1,02	1,017434332	1,166048335
4	45	12	1,345	1,52	1,067766211	1,2066949
5	45	14	1,775	2,039	1,03528201	1,189261983

NO	Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
	1	2	3	4	5	6
1						
2	48	8	0,525	0,65	0,937768652	1,161046902
3	48	10	0,85	1,085	0,9717706946	1,240355337
4	48	12	1,032	1,618	0,819282327	1,284494966
5	48	14	1,81	2,22	1,055696022	1,294831585

NO	Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
	1	2	3	4	5	6
1						
2	50	8	0,54	0,695	0,964562042	1,241427073
3	50	10	0,87	1,179	0,994570638	1,347814693
4	50	12	1,345	1,743	1,067766211	1,383729744
5	50	14	1,785	2,362	1,041114585	1,377654146

NO	Sudut Serang	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	CL	CD
	1	2	3	4	5	6
1						
2	52	8	0,50	0,728	0,893113001	1,300372531
3	52	10	0,845	1,228	0,965991022	1,403830741
4	52	12	1,24	1,88	0,984408997	1,492491061
5	52	14	1,72	2,5	1,003202849	1,458143677





**PEMBAHASAN**

Dari hasil analisa data dan grafik koefisien hambat, koefisien angkat, gaya hambat serta gaya angkat pada 6 benda uji seperti yang ditunjukkan oleh grafik koefisien hambat ( $C_D$ ) dan grafik koefisien angkat koefisien angkat ( $C_L$ ) dapat menunjukkan beberapa hubungan gaya aerodinamika, sebagai berikut :

1. Pada benda uji berbentuk setengah bola yang berlawanan dengan aliran udara gaya hambat dan gaya angkatnya terhadap sumbu x dan sumbu y mengalami gaya

hambat yang semakin bertambah apabila kecepatan udara yang diberikan semakin tinggi sedangkan gaya angkatnya relatif tetap. Oleh sebab itu benda berbentuk piringan/disk memiliki koefisien hambat yang lebih besar dibandingkan dengan koefisien angkatnya, hal ini disebabkan bentuk permukaan benda uji yang terkena aliran udara lebih lebar untuk menerima tekanan angin yang datang sehingga aliran udara terpecah ke segala arah atau tidak terjadi aliran pola stream line yang baik.

2. Pada benda uji aerofoil searah aliran udara gaya hambat dan gaya angkatnya terhadap sumbu X dan sumbu N mengalami gaya hambat yang relatif kecil apabila kecepatan udara yang diberikan semakin tinggi sedangkan gaya angkatnya akan semakin bertambah. Oleh sebab itu benda seperti benda uji tersebut akan memiliki koefisien hambat yang relatif kecil dibanding dengan koefisien angkatnya. Koefisien angkatnya sudah lebih besar dibandingkan dengan benda uji I benda uji II, benda uji III dan benda uji 4 tetapi masih lebih kecil daripada gaya angkat benda uji berbentuk zepelin. Bentuk aerofoil adalah suatu bentuk yang jauh lebih baik digunakan untuk benda-benda yang akan melintasi udara karena koefisien angkatnya sudah cukup baik meskipun belum diberikan sudut serang. Oleh karena gaya angkatnya lebih baik sehingga model pesawat selalu menggunakan sayap bentuk aerofoil.

## SIMPULAN

Dari persamaan yang ada serta hasil penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa benda uji yang terbaik untuk digunakan pada benda-benda yang melintasi udara adalah berbentuk aerofoil karena koefisien hambatnya paling kecil dibanding koefisien hambat benda uji lainnya yaitu pada  $V_8 = 0,695$ ,  $V_{10} = 1,179$ ,  $V_{12} = 1,743$ ,  $V_{14} = 2,362$  walaupun koefisien angkatnya masih kecil dibanding dengan koefisien angkat benda uji setengah bola tetapi koefisien

hambat bentuk setengah bola masih jauh lebih besar yaitu  $V_8 = 0,18$ ,  $V_{10} = 0,285$ ,  $V_{12} = 0,423$ ,  $V_{14} = 0,58$  dan  $V_{16} = 0,76$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Fox Robert W, Mc Donald Alan T, *Introduction To Fluid Mechanics*, School of Mechanical Engineering Purdue University, New York.
- Holman J. P, 1981, *Heat Transfer*, fifth edition, McGraw-Hill, Ltd, Singapore
- Incroper F. P, 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fourth Edition, Printed in The United States of America
- Kreith Frank, 1997, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, edisi ketiga, penerbit Erlangga
- Munson Bruce R, Young Donald F, Okhiisi Theodore H, *Mekanika Fluida*, Erlangga Jakarta, 2002
- Pitts and Sissom, 1983, *Theory and Problems of Heat Transfer*, first edition, McGraw-Hill International Book Company, Singapore
- Streeter Victor L, Wylie E, Benjamin, *Mekanika Fluida*, erlangga Jakarta, 1998