

## KAJI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN EKSTERNAL PADA BENDA TUMPUL SEGIEMPAT DENGAN UJUNG MUKA ELLIPS

Rachmat Subagyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru

Masuk: 5 Januari 2012, revisi masuk: 21 Januari 2012, diterima: 5 Februari 2012

### ABSTRACT

*Aerodynamic equilibrium at the vehicle can not be separated from the presence of flow separation and drag force that occurs, and is a great loss that can affect the use of waste fuels. Many ways to minimize the drag force that arises when a body drained of fluid flow, one of which is to control the boundary layer on the surface of the object or to modify the shape of the object. In this research using wind tunnel aerofoil as a tool to test while the test object is made using teak wood in the form of ellipse as much as 5 pieces. The surface of the test object is made smooth and varnished. The results are: The smaller the drag coefficient with the increasing Reynolds number and variety of the major axis (a) on the test object, and conversely the smaller the value of the Reynolds number and variety of the major axis is smaller drag coefficient. With different Reynolds numbers show almost the same pressure distribution of the five test specimens except the specimen 75 mm major axis variation of this happens because the influence of the capillary tube. The greater the radius of curvature or the greater variation the separation nough major axis can be delayed can be seen in the figure based separasi point (b / a) for the fifth test object that the separation point can be delayed due to the fluid flowing in the test specimen experienced less resistance because of its shape more taper than another test.*

**Key words:** Aerodinamic, Drag, boundary layer control, wind tunnel, ellip, the major axis

### INTISARI

Kesetimbangan aerodinamika pada kendaraan tidak terlepas dari adanya separasi aliran dan gaya drag yang terjadi, dan merupakan kerugian besar yang dapat berpengaruh pada pemborosan pemakaian bahan bakar. Banyak cara untuk memperkecil gaya drag yang timbul apabila suatu benda dialiri aliran fluida, salah satunya adalah melakukan kontrol lapisan batas pada permukaan benda atau dengan memodifikasi bentuk bendanya. Pada penelitian ini menggunakan wind tunnel sebagai alat untuk menguji aerofoil sedangkan benda uji dibuat menggunakan kayu jati yang di bentuk ellips sebanyak 5 buah. Permukaan benda uji dibuat halus dan dipernis. Hasil penelitian adalah: Koefisien drag semakin kecil dengan semakin bertambahnya bilangan Reynolds dan variasi sumbu mayor (a) pada benda uji, dan sebaliknya semakin kecil nilai bilangan Reynolds dan variasi sumbu mayor maka koefisien drag semakin kecil. Dengan bilangan Reynolds yang berbeda memperlihatkan distribusi tekanan hampir sama dari kelima benda uji kecuali benda uji variasi sumbu mayor 75 mm hal ini terjadi karena pengaruh pipa kapiler. Semakin besar jari-jari kelengkungan atau semakin besar variasi sumbu mayor maka titik separasi dapat ditunda ini dapat dilihat pada gambar titik separasi berdasarkan (b/a) untuk kelima benda uji bahwa titik separasi dapat ditunda karena fluida mengalir pada benda uji hambatan yang dialami kurang karena bentuknya lebih lancip dibandingkan benda uji yang lain.

**Kata kunci :** Aerodinamika, Drag, Kontrol lapisan batas, wind tunnel, ellip, sumbu mayor

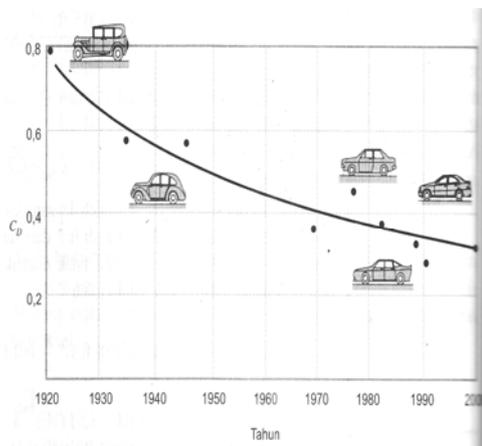
### PENDAHULUAN

Kesetimbangan aerodinamika pada kendaraan tidak terlepas dari adanya separasi aliran dan gaya drag

yang terjadi, dan merupakan kerugian besar yang dapat berpengaruh pada pemborosan pemakaian bahan bakar. Fluida yang mengalir disekitar benda

<sup>1</sup>r\_sub4gyo\_mt@yahoo.co.id

padat membentuk suatu medan aliran yang dikarakterisasi oleh suatu distribusi tekanan dan kecepatan yang berkaitan erat dengan timbulnya fenomena seperti separasi aliran, gaya drag dan gesekan kulit. Pengurangan drag tambahan telah dilakukan dengan suatu pengurangan luas proyeksi. Hasil nettonya adalah peningkatan yang besar dari efisiensi bahan bakar, terutama sewaktu kendaraan berjalan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 1. Mengurangi drag dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar (Betz, A., 1966)

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. koefisien drag untuk mobil telah semakin berkurang secara terus menerus dari tahun ke tahun. Pengurangan ini merupakan hasil dari perancangan yang sungguh-sungguh pada bentuk dan perincian (seperti cetakan jendela, kaca spion, dan lain-lain).

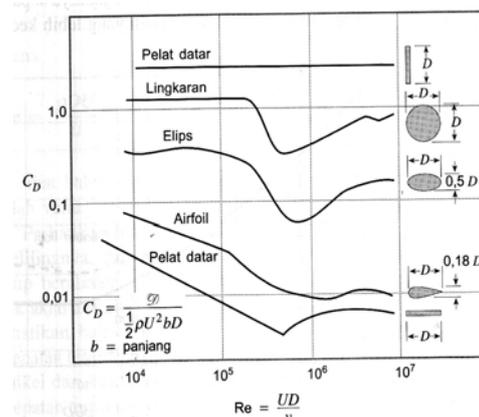
Banyak cara untuk memperkecil gaya drag yang timbul apabila suatu benda dialiri aliran fluida, salah satunya adalah usaha untuk membuat benda lebih ramping (*Streamlining*). Streamlining ini dapat memberikan pengurangan drag yang cukup banyak pada aliran dengan bilangan Reynolds besar, pada aliran dengan bilangan Reynolds sangat kecil, hal ini dapat meningkatkan drag karena suatu peningkatan dalam luasan dimana gaya geser bekerja. Untuk kebanyakan benda, hasil-hasil untuk aliran dengan bilangan Reynolds kecil berlaku sampai dengan bilangan Reynolds sekitar 1.

Tabel 1. Kofisien drag untuk bilangan Reynolds kecil

Objek	$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A/2}$ (untuk $Re \leq 1$ )	Objek	$C_D$
a. Piringan bundar tegak lurus	$20,4/Re$	a. Bola	$24,0/Re$
b. Piringan bundar sejajar aliran	$13,6/Re$	b. Setengah bola	$22,2/Re$

Sumber: Cumpsty, N. A., 1989

Untuk benda yang sangat tumpul, seperti sebuah pelat datar yang tegak lurus aliran, separasi aliran terjadi pada tepian dari pelat bagaimanapun sifat aliran lapisan batasnya. Jadi, koefisien drag menunjukkan ketergantungan yang lemah pada bilangan Reynolds. Koefisien drag untuk serangkaian benda dua dimensi dengan ketumpulan yang bervariasi diberikan sebagai fungsi bilangan Reynolds dalam Gambar 2. karakteristik yang digambarkan di atas adalah buktinya.



Gambar 2. Karakteristik dari koefisien drag sebagai fungsi bilangan Reynolds (sumber: Betz, A., 1966)

Menurut White (1991), bahwa untuk suatu benda yang dilalui oleh suatu aliran fluida dan mengalami suatu keadaan dimana akan terjadi separasi (pemisahan aliran) dan gaya tahanan. Untuk benda berbentuk persegi panjang yang berpenampang lurus akan meng-

hasilkan koefisien tahanan ( $C_d$ ) sebesar 2,0. Karena itu teori aliran viskos akan memberikan hasil yang lebih baik untuk aliran luar. Sedangkan untuk aliran dalam lapisan batas akan melebar dan suatu saat pada daerah tertentu atau titik tertentu akan mengalami separasi atau pemisahan aliran sehingga efek viskos akan berkurang atau tidak ada. Aliran yang terpisah akan membelokkan dan mengubah garis-garis aliran viskos.

Dalam bidang permesinan, khususnya pada alat-alat pengarah aliran suatu aliran fluida, maka bentuk alat yang digunakan diupayakan agar sedapat mungkin akan mengurangi terjadinya turbulensi aliran. Karena adanya turbulensi yang besar akan mempengaruhi kenaikan gaya tahanan. Dalam penggunaan lain, pengarah aliran yang baik akan mengurangi kemungkinan terjadinya kavitasi yang sering menimbulkan korosi dan erosi pada peralatan permesinan yang terbuat dari baja. Untuk menjawab permasalahan diatas, maka akan dilakukan suatu penelitian dengan judul “ *Kaji Eksperimental Karakteristik Aliran Eksternal Pada Benda Tumpul Segiempat Dengan Ujung Muka Ellips*” Solusi dari permasalahan ini sedapat mungkin dapat mereduksi kerumitan-kerumitan, khususnya dalam mengestimasi hubungan antara letak titik separasi dan besarnya koefisien tahanan yang terjadi pada suatu segiempat yang ujung mukanya berbentuk ellips. Untuk mereduksi kerumitan, maka dilakukan penelitian dengan metode eksperimental.

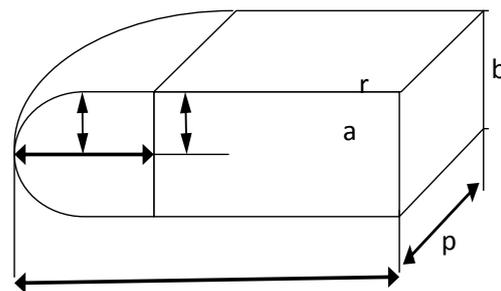
#### METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, dengan menggunakan sebuah alat uji *Sub-Sonic Wind Tunnel*, buatan *pint & partners LTD Engineers England*.

Benda uji dibuat dari kayu jati dengan ukuran panjang 200 mm, dan tumpuannya disesuaikan dengan benda uji. Benda uji dibuat sebanyak 5 buah (lima) dengan variasi sumbu mayornya. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

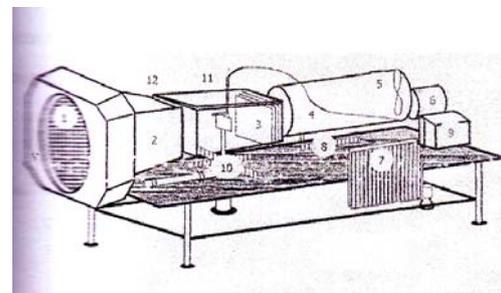
Tabel 2. Ukuran Benda Uji ( satuan mm)

N o	Ben da Uji	Sum-bu mayor	Sum-bu minor	Le-bar	Ting-gi	Pan-jang
1.	I	20	25	200	50	200
2.	II	25	25	200	50	200
3.	III	50	25	200	50	200
4.	IV	75	25	200	50	200
5.	V	100	25	200	50	200



Gambar 3. benda kerja

Dimana : a = sumbu mayor (mm); b = sumbu minor (mm); p = panjang (mm); l = lebar (mm); t = tinggi (mm).



Gambar 4. Instalasi penelitian

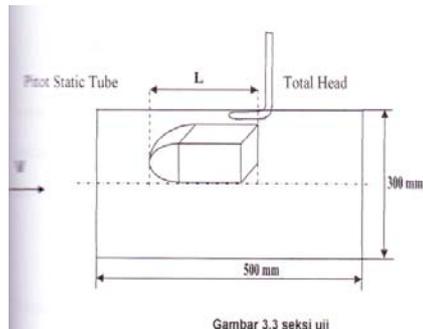
Keterangan gambar:

1. Prototipe Screen
2. Manometer Tekanan
3. Diffuser
4. Manometer Kecepatan
5. Seksi uji
6. Motor Listrik
7. Sesi divergen
8. Pengukur Gaya Tekanan
9. Fan
10. Tabung Pitot
11. Regulator Tegangan
12. Static Tapping

Untuk memenuhi kebutuhan kecepatan udara digunakan sebuah fan dengan 5 blade (sudu) yang digerakkan oleh motor listrik buatan Normand Electrical Co Ltd (NECO) London & Parst-mouth dengan spesifikasi:

- Seri : A 126268 D
- Voltase : 210 A 200 F
- Frame : 7 B
- Arus : DC
- Daya motor : 2,0 HP
- Arus : 0,7 A
- Putaran : 2800 Rpm
- Type : Shunt

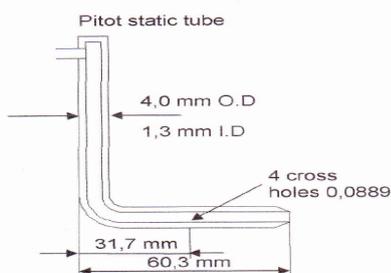
Ukuran seksi uji disesuaikan dengan ukuran seksi uji yang ada pada Wind Tunnel yang ada di laboratorium mekanika fluida yaitu panjang 500 mm, lebar 310 mm dan tinggi 310 mm (500 x 310 x 310) mm yang terbuat dari bahan kaca yang transparan sehingga posisi benda uji dapat dilihat dengan jelas. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3.3 seksi uji

Gambar 5. Seksi uji.

Untuk mengukur kecepatan luar dan kecepatan lokal di atas benda uji pada penelitian ini digunakan sebuah tabung pitot jenis total Head Tube dengan ukuran seperti tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Tabung Pitot

Bila kecepatan  $U$  yang dikembangkan oleh gas dengan massa jenis  $\rho$  akan berekspansi secara bebas mulai dari keadaan diam di bawah pengaruh perbedaan tekanan  $P_a$ , dan bila  $P_a$  cukup kecil maka efek yang kompresibilitas dapat diabaikan jika (untuk  $Ma \leq 0,3$ ), maka diperoleh ,

$$P_a = \frac{\rho U^2}{2} \quad (\text{N/m}^2) \dots \dots \dots (12)$$

Perbedaan tekanan  $h$  di ukur dalam cm air dan karena  $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 98,1 \text{ N/m}^2$  persamaan 12) menjadi:

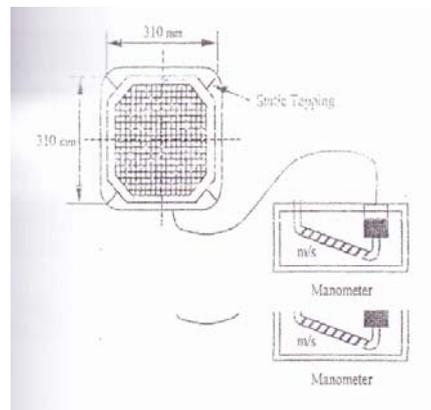
$$\frac{\rho U^2}{2} = 98,1 h \quad \dots \dots \dots (13)$$

Massa jenis udara luar dibawah tekanan  $P_a$  dan pada temperatur  $T_a$  dapat diberikan persamaan gas,

$$\frac{P_a}{\rho} = R \cdot T_a \quad \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

$R$  = Konstantan gas = 287 J/kg.K



Gambar 7. Alat ukur kecepatan Luar

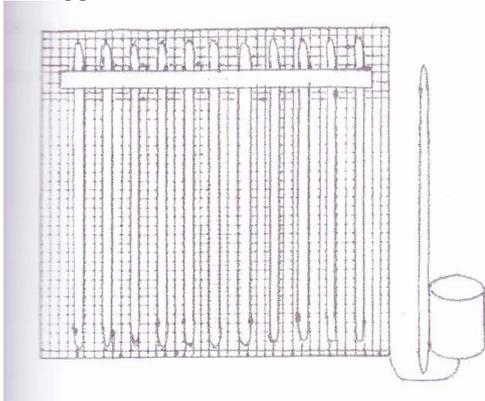
Dengan memasukkan persamaan (12) kepersamaan (13) dengan mengeliminasi  $\rho$ , diperoleh:

$$U = 237,3 \sqrt{\frac{h P_a}{\rho}} \quad (\text{m/s}) \quad \dots \dots \dots (15)$$

Sedangkan untuk pembanding kecepatan luar seleksi uji, digunakan sebuah alat buatan Airflow Development Ltd High Wycombe England, yang dapat

mengukur kecepatan aliran udara dalam jangkauan 0 s/d 26 m/s. Kecepatan luar ( $U$ ) adalah merupakan kecepatan rata-rata yang diperoleh dari pengukuran distribusi kecepatan aliran udara di depan benda uji.

Untuk mengukur tekanan atau head stagnasi dan head statis tiap titik pengukuran akan dipasang tap tekanan statis (*static pressure tap*) mulai dari ujung muka sampai belakang benda uji yang terbuat dari pipa tembaga dengan diameter 1 mm dan dihubungkan dengan manometer biasa (terbuka) yang dibuat oleh Philips Harris International Ltd Shentones England, International Service to Science Education. Manometer ini terdiri atas 20 buah tabung gelas dengan ketinggian 360mm.



Gambar 8. Manometer Biasa (Terbuka)

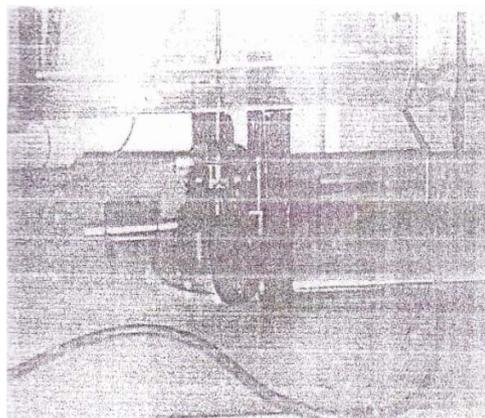
Alat Ukur Tahanan dibuat oleh plint & Partners LTD Engineers England dan merupakan komponen standar dari Sub-Sonic Wind Tunnel yang digunakan. Prinsip kerja alat ini adalah menggunakan prinsip keseimbangan gaya, sehingga benda uji yang ditumpu dengan satu tiang penyangga betul-betul dapat diatur pada posisi horisontal (nol derajat).

Keseimbangan sisi kiri dan kanan benda uji, diseimbangkan oleh pemberat dengan jangkauan 0 sampai 2,5 Newton, sedangkan untuk menyeimbangkan sisi muka dan belakang benda uji diseimbangkan oleh pemberat dengan jangkauan 0 sampai 16 Newton. Koefisien tahanan ( $C_D$ ) adalah merupakan koefisien tahanan total, karena koefisien ini merupakan penjumlahan antara koefisien tahanan karena gesekan ( $C_{DF}$ ) atau

biasa disebut koefisien gesekan kulit, dengan koefisien tahanan karena tekanan ( $C_{DP}$ ) atau biasa disebut koefisien tahanan karena pemisahan aliran.

Kontrol listrik ini berupa regulator tegangan, yang digunakan untuk mengatur daya motor listrik, berarti alat ini juga mengatur putaran motor atau putaran impeller fan yang dengan sendirinya mengatur kecepatan aliran yang masuk ke dalam Wind Tunnel.

Alat ini dibuat oleh Neco Electric (*Europe*) Limited Regavolt Transformer England, bekerja sama dengan Claude Lyons Controls Ltd. Jangkauan pengukurannya 0 sampai 110 volt. Dimana tegangan ini berupa % tegangan yang masuk.



Gambar 9. Alat Ukur Gaya Tahanan

Selain sebuah instalasi serta peralatan yang terpasang di dalamnya, seperti terlihat pada gambar 3.2, juga diperlukan alat-alat ukur tambahan lainnya yaitu: Blower sentrifugal berfungsi untuk mengisap udara yang digerakkan sebuah motor DC dengan putaran 2800rpm.

Termometer digunakan untuk mengukur temperatur udara guna besarnya kerapatan dan viskositas udara. Dalam hal ini temperatur udara dianggap konstan pada temperatur  $T = 28^\circ\text{C} = 301\text{K}$ , karena dianggap bahwa aliran udara dalam keadaan steady dimana parameter-parameter seperti tekanan  $P$ , densitas  $\rho$  dan temperatur konstan (tak bergantung pada waktu).

Barometer, dipakai untuk mengukur besarnya tekanan udara dalam

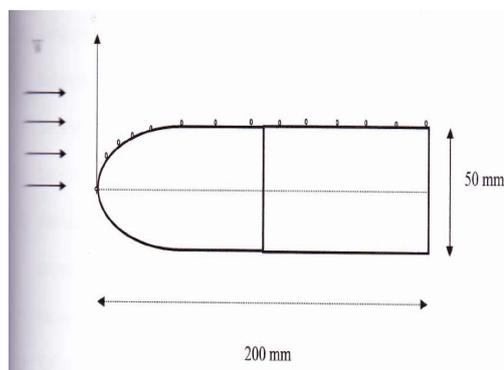
ruangan. Batas ukur dari alat ini yakni 710 sampai 810 mmhg.

Tabung pitot, digunakan untuk mengukur tekanan dinamis (fluida mengalir). Tabung pitot ditempatkan menghadap ke hulu dalam suatu aliran zat cair terbuka, zat cair akan naik dalam tabung setinggi h. Persamaan Bernouli yang ditulis dalam sebuah titik di sebelah hulu ujung tabung yang terendam sampai ke ujung tabung itu sendiri adalah

$$\frac{\rho v^2}{2} + p_1 = p_2 \dots\dots\dots (16)$$

Manometer, adalah alat yang digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan. Pada perangkat pengujian terdapat 13 lubang dengan diameter 2mm pada bagian atas permukaan benda uji untuk mengukur distribusi tekanan statik. Lubang tersebut dihubungkan dengan selang ke manometer. Pada lubang ini dapat dibaca perbedaan tekanan yang terjadi, dimana terlihat perbedaan tinggi kolom fluida pada tabung manometer.

Bandul yang dipasang pada terowongan angin guna membaca besarnya gaya drag yang terjadi pada benda uji tersebut, tetapi sebelumnya benda uji dipasang pada bandul harus benar-benar balance kemudian dialiri udara dengan kecepatan yang ditentukan sebelumnya dan setelah dilalui udara maka benda uji tersebut diset kembali dalam posisi balance untuk membaca besarnya gaya drag.



Gambar 10. Benda Uji Tampak Samping

Posisi pengukuran benda uji, disepanjang permukaan benda uji (arah horizontal) distribusi tekanan di ukur 14 titik

dengan jarak tertentu, sehingga jumlah titik pengukuran untuk satu tingkat kecepatan luar adalah 14 titik, atau titik pengukuran adalah :

$$14 \frac{\text{titik pengukuran}}{\text{tingkat kecepatan}} \times 5 \frac{\text{tingkat kecepatan}}{\text{benda uji}} \times 5$$

Benda uji = 350 titik pengukuran, pengukuran gaya tahanan untuk setiap benda uji adalah 5 titik, karena setiap benda uji diberi perlakuan 5 tingkat kecepatan, maka titik pengukuran adalah:

$$5 \frac{\text{titik pengukuran}}{\text{benda uji}} \times 5 \text{ benda uji} = 25 \text{ titik pengukuran.}$$

Jadi jumlah total titik pengukuran = 350 + 25 = 375 titik pengukuran.

**PEMBAHASAN**

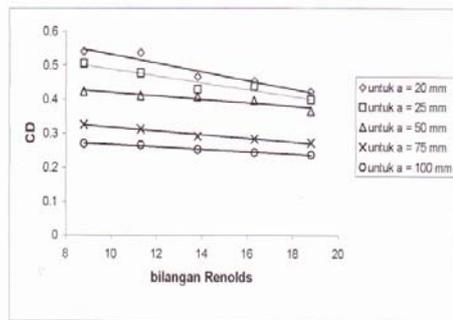
Prosedur dari pengambilan data, dilakukan dengan lima bentuk benda-benda uji segiempat dengan bagian depan berbentuk kurva berdasarkan variasi sumbu mayor (a) dengan lima variasi kecepatan yaitu 7, 9, 11, 13, dan 15 m/s. Langkah-langkah pengambilan data adalah: Sebelum diadakan pengujian dilakukan kalibrasi alat ukur agar pendataan diperoleh harga yang valid.

Mencatat SG pada manometer fluida. Catat suhu dan tekanan udara dalam ruangan. Setting benda uji sehingga dalam keadaan horisontal yang dilakukan dengan sistem pengaturan internal balance. Setelah peletakan benda uji dalam keadaan balance, maka dari terowongan angin dialiri aliran fluida berdasarkan kecepatan yang ditentukan.

Setelah dialiri udara maka benda uji disetting kembali dalam keadaan balance. Setelah itu besar gaya hambat akibat benda uji tersebut dapat dibaca pada bandul. Kemudian tekanan statik pada masing-masing titik permukaan benda uji dapat dibaca pada manometer berdasarkan perbedaan tekana, kemudian kecepatan diganti sesuai yang diinginkan.

Keluarkan benda uji pertama dari seksi uji, kemudian pasang benda uji berikutnya. Ulangi langkah 2 sampai 6, begitu seterusnya hingga benda uji kelima.

Untuk memperoleh grafik hasil penelitian maka harus kita hitung koefisien drag dan tekanan pada masing-masing titik dengan menggunakan data gaya drag dan distribusi tekanan statik (dilampirkan), kemudian kita tabelkan hasil perhitungan pada lampiran. Sebagai contoh perhitungan diambil data gaya drag dan tekanan statik untuk variasi sumbu mayor ( $a$ ) = 20 mm dengan kecepatan 9 m/s pada titik  $x = 4$  mm sebagai berikut: Pengaruh bilangan Reynolds ( $Re$ ) terhadap distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji.

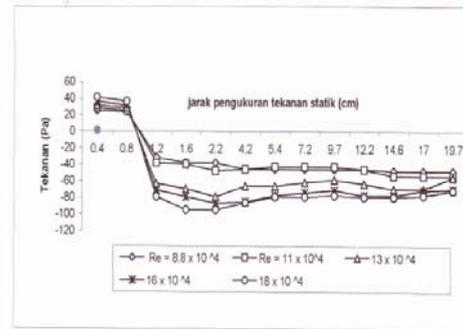


Gambar 11. Pengaruh Bilangan Reynolds ( $Re$ ) terhadap Koefisien Drag ( $CD$ ) dengan berbagai variasi sumbu mayor.

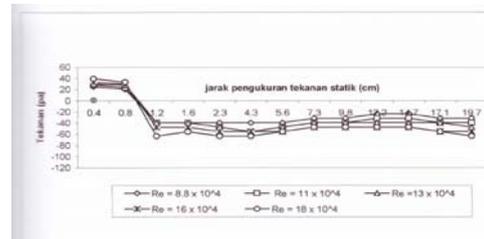
Pengaruh bilangan Reynolds ( $Re$ ) terhadap distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji. Pengaruh variasi sumbu mayor ( $a$ ) terhadap titik separasi ( $r_{sep}$ ) pada benda uji dengan bagian depan ellips.



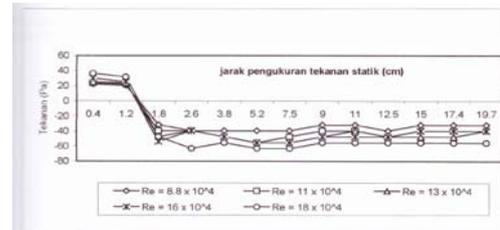
Gambar 11a. Distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji untuk berbagai nilai Reynolds ( $Re$ ) dengan variasi sumbu mayor ( $a$ )= 20 mm.



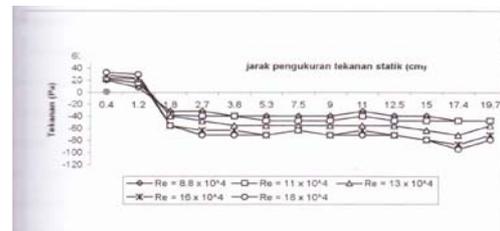
Gambar 11b. Distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji untuk berbagai nilai Reynolds ( $Re$ ) dengan variasi sumbu mayor ( $a$ )= 25mm



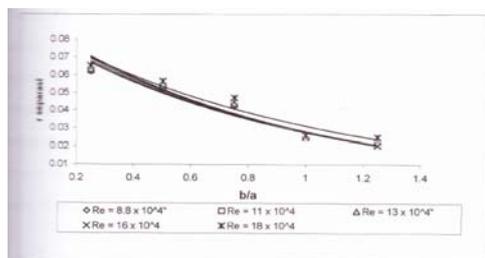
Gambar 11c. Distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji untuk berbagai nilai Reynolds ( $Re$ ) dengan variasi sumbu mayor ( $a$ )= 50 mm



Gambar 11d. Distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji untuk berbagai nilai Reynolds ( $Re$ ) dengan variasi sumbu mayor ( $a$ )= 75 mm



Gambar 11e. Distribusi tekanan statik pada permukaan benda uji untuk berbagai nilai Reynolds ( $Re$ ) dengan variasi sumbu mayor ( $a$ )= 100 m.



Gambar 12. Pengaruh variasi sumbu mayor terhadap titik separasi pada benda uji

Pengaruh bilangan Reynolds terhadap koefisien Drag ( $C_D$ ), pengaruh bilangan Reynolds terhadap koefisien drag sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11. Dari gambar dapat dijelaskan bahwa semakin besar bilangan Reynolds untuk perbandingan benda uji ( $(p/l) = 4$ ) dengan merubah bagian depan benda uji berbentuk kurva berdasarkan variasi sumbu mayor bagian depan benda uji berbentuk kurva berdasarkan variasi sumbu mayor ( $a$ ) berturut-turut 100, 75, 50, 25, 20 dalam satuan milimeter maka koefisien drag semakin kecil. Pada kelima benda uji dengan variasi sumbu mayor ( $a$ ) yang berbeda terlihat pada gambar diatas bahwa semakin besar variasi sumbu mayor ( $a$ ) untuk  $(p/l) = 4$  maka koefisien drag yang dihasilkan juga semakin kecil. Dapat pula dibandingkan dengan besarnya koefisien drag yang terjadi pada berbagai body pada Tabel 1. bahwa semakin lancip atau semakin besar variasi sumbu mayor ( $a$ ) bagian depan benda uji maka drag yang dihasilkan semakin kecil, karena drag yang disebabkan oleh tekanan dapat dikurangi karena udara akan lebih mampu mengalir kebelakang lewat atas benda uji dan semakin kecil variasi sumbu mayor ( $a$ ) atau semakin tumpul bagian depan benda uji tersebut maka drag yang dihasilkan semakin besar.

Pengaruh bilangan Reynolds terhadap distribusi tekanan, dari Gambar 11a. terlihat bahwa hasil penelitian memperlihatkan bentuk yang sama walaupun mempunyai bilangan Reynolds yang berbeda sebagaimana terlihat bahwa tekanan tekan yang terjadi pada bagian depan benda uji diatas titik koordinat  $x = 0.8$  cm atau dibawah  $x = 1.2$  cm sedangkan tekanan isap terjadi pada permukaan

benda uji sedangkan Gambar 11b juga memperlihatkan bentuk yang sama pada bilangan Reynolds beda sebagaimana terlihat bahwa tekanan tekan yang terjadi pada bagian depan benda uji diatas titik koordinat  $x = 0.8$  cm sedangkan tekanan isap terjadi pada permukaan benda uji. Dari Gambar 11c dan 11e menunjukkan bahwa dari hasil penelitian memperlihatkan kemiripan dari kedua perbandingan diatas walaupun bilangan Reynolds beda sebagaimana terlihat bahwa tekanan tekanan terjadi pada bagian depan benda uji diatas titik koordinat  $x = 1.2$ cm sedangkan tekanan isap terjadi pada permukaan benda uji. Dari Gambar 11d terlihat bahwa dari hasil penelitian memperlihatkan berbeda dari keempat Gambar hal ini terjadi karena pengaruh pipa kapiler tersumbat menyebabkan fluida mengalir agak terlambat sehingga Gambar 11d. berbeda dari keempat gambar tersebut.

Pengaruh variasi sumbu mayor terhadap separasi pada benda uji dengan muka ellips, dari Gambar 12. dapat dilihat bahwa titik separasi lebih awal terjadi pada benda uji dengan variasi sumbu mayor ( $a$ ) yang kecil dimana terlihat jari-jari kelengkungan yang kecil sudah terjadi separasi hal ini disebabkan karena pada variasi sumbu mayor yang kecil bentuknya lebih tumpul dibandingkan dengan benda uji yang lain.

Semakin kecil variasi sumbu mayor ( $a$ ) atau perbandingan jari-jari sumbu minor dan mayor ( $b/a$ ) besar suatu benda uji maka jari-jari kelengkungan semakin kecil sehingga mengakibatkan titik separasi lebih awal terjadi, dapat pula dilihat bahwa titik separasi yang terjadi untuk kelima benda uji berdasarkan variasi sumbu mayor ( $a$ ) hampir konstan pada satu titik pada bilangan reynolds yang berbeda.

Bentuk geometri dan bilangan Reynolds dapat menentukan posisi terjadinya titik separasi dimana semakin lancip benda uji berdasarkan variasi sumbu mayor ( $a$ ) dapat memperlambat terjadinya separation flow karena udara akan lebih mampu mengalir kebelakang lewat permukaan benda uji. Pengaruh bilangan Reynolds terhadap bentuk benda uji terlihat pada gambar diatas bahwa

semakin besar bilangan Reynolds yang diberikan maka titik separasi yang terjadi dapat ditunda karena peralihan dari aliran laminar keturbulen lebih jauh dari titik stagnasi sehingga gaya drag total yang terjadi lebih kecil untuk bilangan Reynolds semakin tinggi, dapat dikatakan bahwa aliran melintasi benda uji dengan merubah bagian depan dengan muat ellips berdasarkan variasi sumbu mayor ( $a$ ) suatu ellips mengalami separation flow dan terlihat pada gambar untuk variasi sumbu mayor ( $a$ ) terkecil separation flow lebih awal terjadi untuk bilangan Reynolds yang berbeda. Terjadinya separation flow pada bagian depan benda uji disebabkan oleh adanya distribusi tekanan kurang menguntungkan yang dapat menyebabkan aliran berseparasi dan membentuk pusaran. Ini dapat terjadi bila terjadi penurunan kecepatan atau energi kinetik hingga pada permukaan sama dengan nol, sehingga aliran tidak mampu mengimbangi tekanan pada downstreamnya, sehingga aliran separasi akan terjadi.

#### KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pada benda uji atau benda tumpul segi empat berdasarkan variasi sumbu mayor ( $a$ ) adalah sebagai berikut:

Koefisien drag semakin kecil dengan semakin bertambahnya bilangan Reynolds dan variasi sumbu mayor ( $a$ ) pada benda uji, dan sebaliknya semakin kecil nilai bilangan Reynolds dan variasi sumbu mayor maka koefisien drag semakin kecil

Dengan bilangan Reynolds yang berbeda memperlihatkan distribusi tekanan hampir sama dari kelima benda uji kecuali benda uji variasi sumbu mayor 75 mm hal ini terjadi karena pengaruh pipa kapiler.

Semakin besar jari-jari kelengkungan atau semakin besar variasi sumbu mayor maka titik separasi dapat ditunda ini dapat dilihat pada gambar titik separasi berdasarkan ( $b/a$ ) untuk kelima benda uji bahwa titik separasi dapat ditunda karena fluida mengalir pada benda uji hambatan yang dialami kurang karena

bentuknya lebih lancip dibandingkan benda uji yang lain.

Dengan adanya aliran separasi disarankan dalam perancangan bodi kendaraan dan benda lainnya sebaiknya memperhatikan peningkatan tekanan pada bagian depan benda uji, bila dalam mendesain bodi kendaraan atau benda lainnya yang bertujuan untuk memperkecil drag sebaiknya memperhatikan bentuk bagian depan benda uji

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abubaker A. Salem, Saib A. Yousif & Yasser F. Nassar, 2003, "Study of the Separated and Total losses in Bends", Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, Indonesia.
- Bird R. B., Stewart W. E. & Lightfoot E. N., 1994, "Transport Phenomena", John Wiley & Sons, Singapore, Toronto.
- Betz, A., Introduction to the Theory of Flow Machines, Pergamon, London, 1966.
- Cumpsty, N. A., Compressor Aerodynamics, Longman Scientific & Technical, Essex, UK, and Wiley, New York, 1989.
- Daily James, W & Harleman Donald R. F., 1996. "Fluid Dynamics", Addison Wesley Publishing Company, inc.
- Miller S. Donald., "Internal Flow Sistem", Vol-5, In the BHRA Fluid Engineering Series.
- Moelyadi & Franciscus A Widiarsa, 2003, "Penentuan distribusi aliran fluida kompresibel di dalam pipa", ITB Central Library, (online), [www.ckodigilib@unmer.ac.id](http://www.ckodigilib@unmer.ac.id), di akses 12 Juni 2006)
- Sularso & Haruo Tahara, 2004, "Pompa dan Kompresor", PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Schlichting Hermann, 1979. "Boundary layer Theory", MC Graw-Hill Book company, New York.
- Yuli Setyo Indartono, 2006, "Meredam Turbulensi Membuat Air Mengalir (jauh) lebih cepat", (online), ([www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com)), di akses 12 Juni 2006).

- Thomas Krist, Dr. Ing., 1989, "*Hidraulika*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- White Frank M, 1994. "*Fluid Mechanics*", Third Edition, Mc Graw-hill Book Company, New York.
- Yanuar, 2006, "*Efek penambahan zat aditif terhadap gesekan fluida, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III*", KKE 225.