RANCANGAN VISKOMETER ALIRAN LAMINAR

Oleh :
Alimin Mahyudin [1]
Murnita [2]
Uyung Gatot [1]
Srihandani [1]

Abstrak

Viskometer yang ada saat ini susah didapatkan dipasaran disamping harganya cukup mahal. Diperlukanlah viskometer dengan harga murah dan mudah diperoleh. Dalam perancangan viskometer aliran laminer, digunakan alat berupa tabung bekas tinta computer, yang memiliki dua diameter yang berbeda yaitu 2,3 cm dan 0,2 cm. Sebagai pembanding digunakan viskometer Oswald. Pengujian viscometer sebagai alat ukur kekentalan dilakukan dengan menghitung waktu(t) yang diperlukan zat cair keluar dari tabung berdiameter besar, maka dapat dihitung viskositas dari zat cair tersebut. Dari penelitian dapat diperoleh korelasi antara viskositas dengan waktu sebesar 0,99, dan terdapat hubungan kuat antara waktu dengan kekentalan zat cair. Semakin tinggi suhu zat cair semakin kecil waktu yang diperlukanzat cair, viskositasnya semakin kecil. Hasil viskositas dengan viscometer aliran laminer dari tabung bekas refill tinta printer tidak jauh berbeda dengan data pada teori. Viskometer aliran laminer dari tabung bekas refill tinta printer bisa digunakan sebagai alat ukur viskositas zat cair pada suhu 20^0C sampai dengan 40^0C dengan viskositas $1x10^{-3}$ Pa.s sampai dengan 1,5 Pa.s .

Kata Kunci : viscometer, viskositas, aliran laminer, fluida

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu fluida yang memiliki kerapatan jenis yang besar dan memiliki kekentalan atau viskositas yang kecil, karena kekentalan suatu fluida bergantung pada kerapatan jenis fluida itu sendiri. Air laut misalnya memiliki kerapatan jenis yang tidak sama dengan air biasa yang kita konsumsi setiap hari, karena air laut mengandung kadar garam maka kerapatan jenisnya lebih kecil dan kekentalannya lebih besar dibandingkan dengan air biasa.

Untuk mengetahui viskositas zat cair bisa digunakan alat ukur yang disebut dengan viskometer. Viskometer yang ada saat ini sangat susah didapatkan di pasaran dan harganyapun cukup mahal seperti viskometer bola jatuh yang alatnya terdiri dari sebuah tabung yang sangat panjang yaitu ± 1,5 m. Karena keterbatasan jumlah dari viskometer yang ada maka perancangan viskometer ini sangat diminati oleh para peneliti, ini terbukti dengan banyaknya jenis-jenis viskometer yang dibuat baik viskometer dengan menggunakan alat yang sederhana maupun dengan menggunakan alat yang berteknologi tinggi, seperti *Solid State Acoustic wave viscometer sensor* yang menggunakan teknologi

gelombang akustik yang dirancang untuk mengukur suhu dan viskositas suatu fluida yang dapat memberikan peringatan dini terhadap degradasi, dan kontaminasi minyak dalam mesin diesel yang bisa menyebabkan kegagalan mesin dini dan bisa juga mendeteksi perubahan viskositas fluida ketika mesin berjalan, viskometer *SV-10 Vibro* yang memberikan ketepatan dan keakuratan yang tinggi dalam rentangan 0.3 – 10.000 mPa.s, *Acoustic* viskometer yang digunakan untuk mengukur viskositas cairan pelumas yang aktual secara cepat yang digunakan dalam aplikasi tertentu, viskometer R-180 dari *Maple Instruments* yang mudah di bawa dan dioperasikan dengan baterai yang dirancang untuk mengukur ketepatan dan keakuratan viskositas suatu zat cair baik yang digunakan di laboratorium maupun digunakan secara langsung di lingkungan produksi, viskometer ultrasonik yang digunakan untuk mengukur massa jenis dan viskositas dari suatu zat cair tanpa mempertimbangkan jenis alirannya, dan Viskometer tekanan tinggi yang digunakan untuk mengukur secara rutin dan akurat viskositas suatu fluida pada tekanan 1 Gpa. Perkembangan pembuatan viskometer yang sangat pesat ini, juga memberikan motivasi bagi penulis untuk merancang suatu viskometer yang mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang cukup murah sebagai bahan untuk tesis dengan judul "Rancangan Viskometer Aliran Laminar".

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah : untuk merancang sebuah viskometer yang berguna untuk menghitung viskositas suatu zat cair.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Aliran fluida di dalam sebuah pipa mungkin merupakan aliran laminar atau aliran turbulen. Osborne Reynolds (1842-1912), ilmuwan dan ahli matematika Inggris adalah orang yang pertama kali membedakan dua klasifikasi aliran ini, untuk aliran pipa parameter tak berdimensi yang paling penting adalah bilangan Reynolds (Re), yang merupakan perbandingan antara efek inersia dan viskos dalam aliran sehingga dirumuskan sebagai :

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} \qquad \text{.....(2.1)}$$

dengan : V = kecepatan rata-rata di dalam pipa (m/s)

ρ = kerapatan jenis fluida (kg/m^3)

D = diameter pipa (m)

μ = viskositas fluida (Pa.s)

Artinya aliran di dalam sebuah pipa adalah laminar, transisi atau turbulen jika bilangan Reynoldsnya "cukup kecil", "sedang" atau "cukup besar".

Kisaran bilangan Reynolds untuk aliran pipa yang laminer, transisi atau turbulen tidak dapat ditentukan dengan tepat. Transisi yang aktual dari aliran laminar ke turbulen mungkin berlangsung pada berbagai bilangan Reynolds, tergantung pada

berapa besar aliran terganggu oleh getaran pipa, kekasaran dari daerah masuk, dan hal-hal sejenis lainnya. Untuk keperluan teknik pada umumnya (artinya tanpa menghilangkan terlebih dahulu gangguan-gangguan tersebut), nilai-nilai berikut cukup memadai. aliran di dalam pipa bundar adalah laminar jika bilangan Reynoldsnya kurang dari kira-kira 2300. Aliran di dalam pipa bundar turbulen jika bilangan Reynoldsnya lebih besar dari kira-kira 4000. Untuk bilangan Reynolds di antara kedua batas ini, aliran mungkin berubah dari keadaan laminar menjadi turbulen dengan prilaku acak yang jelas (aliran transisi).

2.2 Viskositas

Viskos dapat didefinisikan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain atau tahanan untuk mengalir dari suatu sistem yang mendapat suatu tekanan. Kemampuan menahan geseran atau tergeser terhadap lapisan-lapisannya disebut viskositas

Viskositas merupakan kebalikan dari Fluiditas. Zat cair yang kental (gliserin dan pelumas) fluiditasnya rendah.

Menurut hipotesis ISAAC NEWTON (1689) yang kemudian dibuktikan oleh N.P. PETROV (1883); regangan geser (*shear strain*) tergantung pada jenis fluida dan juga jenis aliran. Untuk aliran laminar regangan tersebut sebanding dengan gradien kecepatan dalam arah tegak lurus aliran fluida :

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \qquad \text{..... ..... (2.2)}$$

dengan : μ = viskositas absolut (viskositas mutlak)

dv = perubahan kecepatan yang sesuai dengan perubahan jarak (dy)

Gradien kecepatan ($\frac{dv}{dy}$) menggambarkan perubahan kecepatan per satuan panjang dalam arah (y), sehingga juga menyatakan tegangan geser zat cair pada suatu titik.

Bila tegangan geser merata pada luas penampang (S) maka regangan geser total (= gaya gesek) yang bekerja pada luasan tersebut adalah :

$$T = \mu \frac{dv}{dy} . S \qquad \text{.....(2.3)}$$

Satuan dari viskositas dalam SI adalah *Pa.s*, dan juga dapat dinyatakan dalam satuan *Poise (P)*. Satu poise sama dengan sepersepuluh satuan SI :

$$1\ Pa.s = 10\ P$$

Ukuran viskositas sering juga dalam bilangan SAE (*Society of Automotive Engineers*). SAE 10 artinya μ = 160 – 220 *cp*, SAE 20 artinya μ = 230 – 300 *cp* dan SAE 30 artinya μ =360 – 430 *cp*.

2.3 Aliran Viskos di dalam Pipa

Aliran di dalam pipa yang panjang, lurus dengan diameter konstan adalah berkembang penuh (*fully developed*) artinya profil kecepatannya sama pada

setiap penampang manapun dari pipa tersebut. Kerugian yang terjadi dalam jalur pipa karena belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya disebut *kerugian kecil*. Kerugian ini dinyatakan dalam satuan energi per berat satuan. Untuk pipa horizontal, kerugian ini muncul sebagai berkurangnya tekanan secara berangsur-angsur pada jalur. Untuk pipa yang tidak horizontal, diterapkan persamaan Bernoulli pada kedua penampang ujung pipa, dengan mengikutsertakan suku kerugian sebagai berikut : (Munson, 2003)

$$\alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_f \quad \text{.....(2.4)}$$

Gambar 2.1 Gerakan elemen fluida silindris di dalam sebuah pipa (Munson, 2003)

dan distribusi tegangan geser di seluruh pipa adalah fungsi linier dari koordinat radial

$$\tau = \frac{2\tau_w r}{D} \quad \text{.....(2.5)}$$

seperti yang ditunjukan pada Gambar 2.1. Ketergantungan linier dari τ terhadap r adalah akibat dari gaya tekanan yang sebanding dengan r^2 (tekanan bekerja pada ujung silinder fluida dengan luas πr^2) dan tegangan geser yang sebanding dengan r (tegangan geser bekerja pada selimut silinder dengan luas $2\pi rL$).

Jika viskositas nol tidak akan ada tegangan geser dan tekanan akan konstan diseluruh pipa horizontal tersebut ($\Delta p = 0$). Penurunan tekanan dan tegangan geser dinding dihubungkan oleh

$$\Delta p = \frac{4L\tau_w}{D} \quad \text{.....(2.6)}$$

Sebuah tegangan geser yang kecil dapat menghasilkan perbedaan tekanan yang besar jika pipa relatif panjang ($L/D >> 1$).

Gambar 2.2 Distribusi tegangan geser pada fluida di dalam sebuah pipa (aliran laminar atau turbulen) dan profil-profil kecepatan yang khas(Munson, 2003)

Untuk aliran laminar dari fluida Newtonian, tegangan geser secara sederhana sebanding dengan gradien kecepatan. Dan viskositas fluida dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\rho g D^2 h_f}{32 L V} \quad \text{.....(2.7)}$$

Jadi dapat dilihat bahwa kerugian *head* pada aliran laminar sebanding dengan kecepatan rata-rata elemen fluida (V).

2.4 Transisi Dari Aliran Laminar Menuju Aliran Turbulen

Aliran diklasifikasikan menjadi aliran laminar atau turbulen. Parameter penting yang terlibat untuk menentukan apakah aliran itu laminar atau turbulen adalah bilangan Reynold yang nilai-nilai kritisnya bergantung pada situasi aliran yang spesifik. Untuk aliran pipa nilai bilangan Reynold harus kurang dari kira-kira 2300 untuk aliran laminar dan lebih besar dari kira-kira 4000 untuk aliran turbulen.

2.5 Viskometer

Viskometer merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur viskositas suatu fluida. Ada beberapa tipe viskometer yang biasa digunakan antara lain:

1. Viskometer Kapiler / Ostwald

Viskositas dari cairan newton bisa ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan tersebut untuk lewat antara 2 tanda ketika ia mengalir karena gravitasi melalui viskometer Ostwald. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk lewat 2 tanda tersebut.

2. Viskometer Hoppler

Berdasarkan hukum Stokes pada kecepatan maksimum, terjadi keseimbangan sehingga gaya gesek sama dengan gaya berat dikurang gaya archimedes. Prinsip kerjanya adalah mengelindingkan bola (yang terbuat dari kaca) melalui tabung gelas yang hampir tikal berisi zat cair yang diselidiki. Kecepatan jatuhnya bola merupakan fungsi dari harga resiprok sampel.

3. Viskometer bola jatuh (Percobaan *Stokes*)

Prinsip kerja viskometer bola jatuh adalah bola yang telah diukur massa dan dihitung volumenya dijatuhkan ke dalam zat cair di dalam tabung yang telah dihitung massa jenisnya. Setelah ± 5 cm dari permukaan zat alir dalam tabung, tombol stopwatch ditekan dan jika bola telah sampai pada ketinggian tertentu di dalam tabung, stopwatch dihentikan. Waktu jatuhnya bola tersebut dicatat dan diukur jarak yang ditempuh bola sejak awal penekanan tombol stopwatch sampai ke batas yang ditentukan. Kemudian ditentukan kecepatan (v) bola. kecepatan tetap akan dialami bola bila gaya berat sama dengan gaya apung ditambah dengan gaya gesekan antara bola dan zat cair.

III. BAHAN DAN METODE

Dalam bahan dan metode ini akan dibahas tentang bahan dan alat, parameter yang diukur, dan prosedur penelitian.

3.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Air
2. Bensin
3. Gliserin
4. Oli

Alat-alat yang digunakan adalah :

1. Stopwatch
2. Tabung
3. Termometer
4. Gelas ukur
5. Neraca Ohaus
6. Viskometer Ostwald
7. Jangka sorong

3.2 Parameter yang diukur

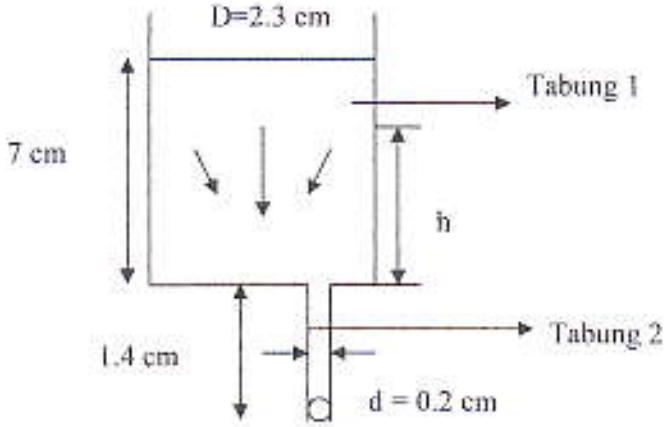
Parameter-parameter yang diukur adalah:

1. Suhu,
2. Waktu
3. Tinggi zat cair di dalam tabung yang berdiameter besar.
4. Diameter dalam tabung

3.3 Prosedur Penelitian

3.2.1 Perancangan Alat

Alat yang dirancang adalah berupa tabung yang memiliki 2 diameter yang berbeda, yaitu tabung yang berdiameter yang lebih besar disebut tabung 1, dan tabung yang berdiameter kecil adalah tabung 2. Skema alat yang akan digunakan adalah:



Gambar 3.1 Skema Tabung viskometer aliran laminar

Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai viskometer aliran laminar adalah tabung refill tinta printer seperti pada Gambar 3.2 berikut:

Gambar 3.2 Alat uji tabung refill tinta printer

Dan sebagai viskometer pembanding yang digunakan dalam penelitian ini adalah viskometer ostwald

3.2.2 Prosedur Kerja

3.3.2.1 Persiapan benda uji

- Diukur massa jenis fluida yang akan ditentukan viskositasnya dengan gelas ukur dan neraca ohaus
- Diukur diameter dalam tabung tinta printer dengan diameter dalam tabung yang besar atau tabung 1 adalah (D) dan diameter dalam tabung yang kecilnya atau tabung 2 adalah (d).

3.3.2.2 Pengukuran waktu untuk menentukan viskositas suatu zat cair

1. Air
   - Diukur suhu air dengan menggunakan termometer, kemudian air yang telah diukur suhunya itu dimasukan ke dalam tabung 1 setinggi 4 cm
   - Dihitung waktu yang diperlukan oleh air untuk ke luar sampai habis dari

- Diulangi percobaan di atas sekurang-kurangnya 20 kali.

2. Bensin
   - Diukur suhu bensin dengan menggunakan termometer, kemudian bensin yang telah diukur suhunya itu dimasukan ke dalam tabung 1 setinggi 4 cm
   - Dihitung waktu yang diperlukan oleh bensin untuk ke luar sampai habis dari tabung 1 tersebut.
   - Diulangi percobaan di atas sekurang-kurangnya 20 kali.
3. Oli SAE 10W - 30
   - Diukur suhu oli dengan menggunakan termometer, kemudian oli yang telah diukur suhunya itu dimasukan ke dalam tabung 1 setinggi 0.5 cm
   - Dihitung waktu yang diperlukan oleh oli untuk ke luar sampai habis dari tabung 1 tersebut.
   - Diulangi percobaan di atas sekurang-kurangnya 20 kali.
4. Gliserin
   - Diukur suhu gliserin dengan menggunakan termometer, kemudian gliserin yang telah diukur suhunya itu dimasukan ke dalam tabung 1 setinggi 0.5 cm
   - Dihitung waktu yang diperlukan oleh gliserin untuk ke luar sampai habis dari tabung 1 tersebut.
   - Diulangi percobaan di atas sekurang-kurangnya 20 kali.

3.3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus Stokes untuk aliran viskos di dalam pipa yaitu dengan cara sebagai berikut:

- Dengan mengukur waktu yang diperlukan oleh zat cair untuk keluar dari tabung yang berdiameter besar (tabung 1), maka dapat dihitung kecepatan fluida pada tabung tersebut (v_1) dan kecepatan fluida pada tabung yang berdiameter kecil (v_2) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$v_1 = \frac{h}{t} \qquad \text{dan}$$

$$v_2 = \left(\frac{D}{d}\right)^2 v_1 \quad \text{.....(3.1)}$$

dengan : h = ketinggian zat cair di dalam tabung yang berdiameter besar

D = diameter tabung yang besar (tabung 1)

d = diameter tabung yang kecil (tabung 2)

t = waktu yang diperlukan zat cair untuk keluar dari tabung 1

Kecepatan zat cair pada tabung 1 dianggap konstan karena gerakan zat cair di dalam tabung stasioner artinya semua elemen zat cair yang melewati tabung itu akan memiliki kecepatan yang sama (Alonso, 1992)

- Menghitung kerugian energi akibat aliran yang disebut dengan kerugian *head*, dengan menggunakan rumus persamaan Bernaulli dengan asumsi tekanan pada tabung 1 (p_1) dan tekanan pada tabung 2 (p_2) sama besar yaitu sama dengan tekanan atmosfer (p_a) sehingga kerugian *head* (h_f) tersebut dapat dirumuskan :

$$h_f = z_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} - z_2 - \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{.....(3.2)}$$

dengan $\alpha_1 = \alpha_2 = 2$ (karena aliran pada tabung bersifat laminar)

α_1 = koefisien energi kinetik tabung 1

α_2 = koefisien energi kinetik tabung 2

h_f = kerugian *head* (*head loss*) (m)

z = ketinggian zat cair di dalam tabung (m)

- Menghitung viskositas mutlak zat cair dengan menggunakan Persamaan 2.7
- Penentuan jenis aliran yang terjadi adalah dengan menggunakan bilangan Reynolds (Re) pada Persamaan 2.1

3.3.4 Analisis Statistik

- Viskositas suatu zat cair yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan viskositas zat cair tersebut yang terdapat di dalam referensi yang ada dan yang diukur dengan termometer ostwald.
- Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan rumus korelasi untuk menentukan hubungan antara viskositas mutlak dengan kecepatan aliran untuk masing-masing zat cair.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

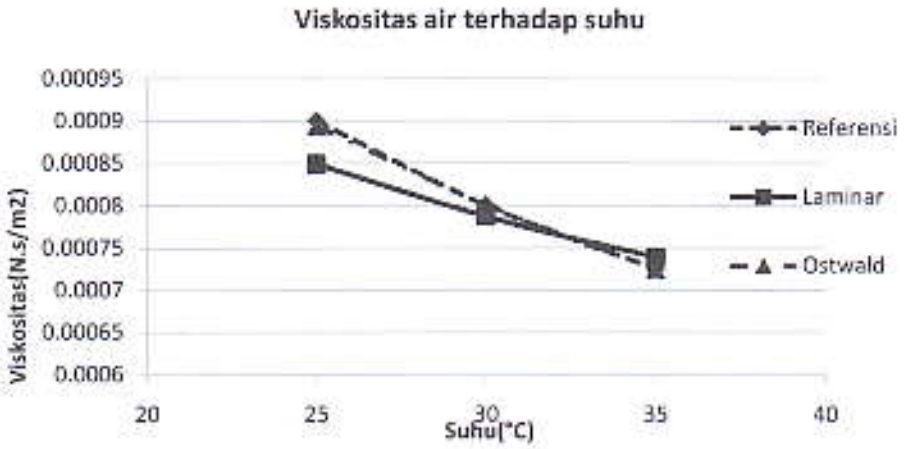
4.1 Hasil

Pengujian viskometer sebagai alat ukur kekentalan (viskositas) suatu zat cair pada aliran laminar dilakukan dengan menghitung waktu (t) yang diperlukan oleh zat cair untuk keluar dari tabung berdiameter besar (tabung 1) maka dapat dihitung kecepatan aliran zat cair di dalam tabung yang berdiameter kecil (tabung 2) dengan menggunakan Persamaan 3.1, dengan mengetahui kecepatan aliran zat

cair pada tabung 2 maka dapat dihitung besarnya viskositas (μ) dari zat cair tersebut dengan menggunakan Persamaan 2.7

4.1.1 Air

Data viskositas air yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar ini dibandingkan dengan data viskositas air yang ada dalam referensi atau buku mekanika fluida yang dikarang oleh Frank White dan dengan menggunakan viskometer ostwald dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan antara viskositas air terhadap suhu seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.3 Hubungan viskositas air terhadap suhu

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui terdapat sedikit perbedaan antara data viskositas air yang ada pada referensi, dan data dengan menggunakan viskometer aliran laminar. Persentase perbedaan antara data viskositas air yang ada pada referensi bila dibandingkan dengan data hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 % Perbedaan viskositas air antara data yang ada pada referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar

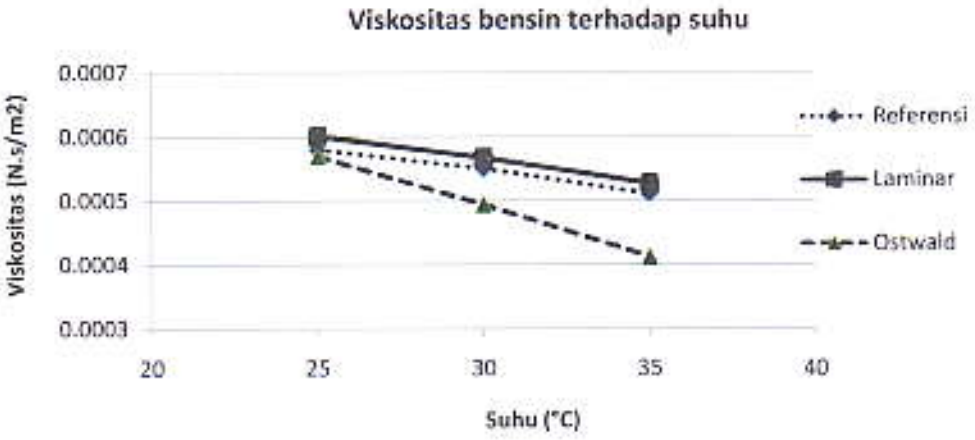
No	T (°C)	Data Referensi (DR) $\mu(N.s/m^2)$	Data laminar (DL) $\mu(N.s/m^2)$	DR - DL $\mu(N.s/m^2)$	% Perbedaan DR dengan DL
1	25	0,0009	0,000849	0,000051	5,67
2	30	0,0008	0,000787	0,000013	1,63
3	35	0,000725	0,000739	0,000014	1,93

Dari Tabel 4.1 persentase perbedaan terbesar antara data yang ada pada referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar adalah pada suhu 25°C yaitu sebesar 5.67%, ini disebabkan pada saat pengambilan data dengan menggunakan viskometer aliran laminar suhu tidak selalu konstan 25°C, dan

jenis air yang diukur viskositasnya oleh data yang ada pada referensi mungkin saja berbeda dengan jenis air yang digunakan pada penelitian ini.

4.1.2 Bensin

Data viskositas bensin yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar ini dibandingkan dengan data viskositas bensin yang ada dalam referensi atau buku mekanika fluida yang dikarang oleh Frank White dan dengan menggunakan viskometer ostwald dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan antara viskositas bensin terhadap suhu seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.4 Hubungan viskositas bensin terhadap suhu

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui dengan menggunakan viskometer aliran laminar data yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan data yang ada pada referensi tapi dengan viskometer ostwald cukup jauh berbeda, ini disebabkan keterbatasan kecepatan tangan dalam pengambilan data untuk mengukur waktu yang diperlukan bensin keluar dari pipa kapiler pada viskometer ostwald sangat cepat sekali, karena itu biasanya viskometer Oswald digunakan orang untuk mengukur viskositas suatu fluida yang kental sehingga perhitungan waktu yang diperlukan oleh zat cair yang kental itu untuk mengalir dalam pipa kapiler tidak mengalami kesulitan sehingga kesalahan yang terjadi bisa menjadi kecil.

Berbeda dengan viskometer oswald, pada viskometer aliran laminar ini dapat diatur tinggi zat cair yang ada dalam tabung 1, jika zat cairnya encer maka tinggi permukaan zat cair tersebut dalam tabung 1 dinaikan,dan sebaliknya jika zat cairnya kental maka tinggi permukaan zat cair pada tabung 1 itu diturunkan sesuai yang diinginkan.

Persentase perbedaan antara data viskositas bensin yang ada pada referensi bila dibandingkan dengan data hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar dapat dilihat pada tabel berikut:

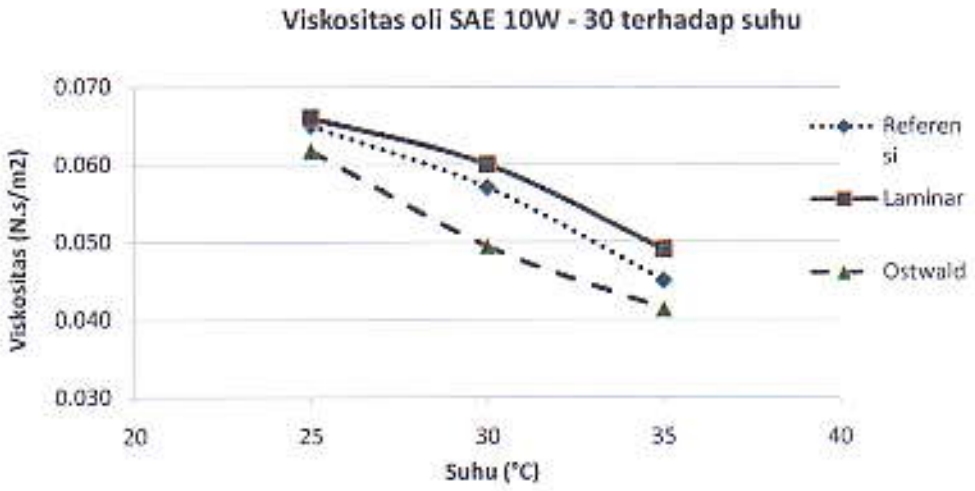
Tabel 4.4 % Perbedaan viskositas bensin antara data yang ada pada referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar

No	T (°C)	Data Referensi (DR) $\mu(N.s/m^2)$	Data laminar (DL) $\mu(N.s/m^2)$	DR - DL $\mu(N.s/m^2)$	% Perbedaan DR dengan DL
1	25	0,00058	0,000601	0,000021	3,62
2	30	0,00055	0,000567	0,000017	3,09
3	35	0,00051	0,000527	0,000017	3,33

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui kesalahan terbesar antara data bensin yang ada di referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar adalah pada suhu 25°C yaitu sebesar 3.62%, sama hal nya dengan air, ini juga disebabkan pada saat pengambilan data dengan menggunakan viskometer aliran laminar suhu tidak selalu konstan 25°C, dan jenis bensin yang diukur viskositasnya oleh data yang ada pada referensi mungkin saja berbeda dengan jenis bensin yang digunakan pada penelitian ini, karena jenis bensin yang digunakan adalah preminum yang dijual di pasaran.

4.1.3 Oli SAE 10W - 30

Data viskositas oli SAE 10W - 30 yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar ini dibandingkan dengan data viskositas oli SAE 10 yang ada dalam referensi yaitu buku mekanika fluida karangan Frank White dan dengan menggunakan viskometer ostwald dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan antara viskositas oli terhadap suhu seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Hubungan viskositas oli SAE 10W-30 terhadap suhu

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui dengan menggunakan viskometer aliran laminar data yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan data yang ada pada referensi dan data yang diperoleh dengan menggunakan viskometer ostwald.

Persentase perbedaan antara data viskositas oli SAE 10W- 30 yang ada pada referensi bila dibandingkan dengan data hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7 % Perbedaan viskositas oli SAE 10W - 30 antara data yang ada pada referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar

No	T (°C)	Data Referensi (DR) $\mu(N.s/m^2)$	Data laminar (DL) $\mu(N.s/m^2)$	DR - DL $\mu(N.s/m^2)$	% Perbedaan DR dengan DL
1	25	0.065	0.066	0.001	1.54
2	30	0.057	0.060	0.003	5.26
3	35	0.045	0.049	0.004	8.89

Dari Tabel 4.7 dapat diketahui kesalahan terbesar antara data oli SAE 10 yang ada di referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar adalah pada suhu 35°C yaitu sebesar 8.89%, sama hal nya dengan air dan bensin, ini juga disebabkan pada saat pengambilan data dengan menggunakan viskometer aliran laminar suhu tidak selalu konstan 35°C, dan jenis oli yang diukur viskositasnya oleh data yang ada pada referensi mungkin saja berbeda dengan jenis oli yang digunakan pada penelitian ini.

4.1.4 Gliserin

Data viskositas gliserin yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar ini dibandingkan dengan data viskositas gliserin yang ada dalam referensi atau buku mekanika fluida karangan Frank White dan dengan menggunakan viskometer ostwald dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan antara viskositas gliserin terhadap suhu seperti pada gambar berikut:

Gambar 4.6 Hubungan viskositas gliserin terhadap suhu

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui dengan menggunakan viskometer aliran laminar data yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan data yang ada pada referensi dan data yang diperoleh dengan menggunakan viskometer ostwald. Persentase perbedaan antara data viskositas gliserin yang ada pada referensi bila dibandingkan dengan data hasil penelitian dengan menggunakan viskometer aliran laminar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.10 % Perbedaan viskositas gliserin antara data yang ada pada referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar

No	T (°C)	Data Referensi (DR) $\mu(N.s/m^2)$	Data laminar (DL) $\mu(N.s/m^2)$	DR - DL $\mu(N.s/m^2)$	% Perbedaan DR dengan DL
1	25	0.50	0.528	0.0280	5.60
2	30	0.30	0.339	0.0390	13.00
3	35	0.20	0.227	0.0270	13.50

Dari Tabel 4.10 dapat diketahui kesalahan terbesar antara data gliserin yang ada di referensi dengan data menggunakan viskometer aliran laminar adalah pada suhu 35°C yaitu sebesar 13.50%, sama hal nya dengan air dan bensin ini juga disebabkan pada saat pengambilan data dengan menggunakan viskometer aliran laminar suhu tidak selalu konstan 35°C, dan jenis gliserin yang diukur viskositasnya oleh data yang ada pada referensi mungkin saja berbeda dengan jenis viskometer yang digunakan pada penelitian ini.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Viskometer aliran laminar yang menjadi alat uji pada penelitian ini karena berasal dari refill tinta printer yang terbuat dari bahan plastik, maka sebaiknya zat cair yang akan dihitung viskositasnya dengan viskometer ini adalah zat cair yang memiliki suhu antara 20°C sampai dengan 40°C dan viskositasnya dari 1. 10^{-3} Pa.s sampai dengan 1.5 Pa.s.
2. Terdapat hubungan yang non linier antara viskositas suatu zat cair dengan kecepatan aliran zat cair tersebut, dengan persamaan regresi non linier yang diperoleh adalah $\mu = 4.75 x 10^{-5} V^{-1.3}$
3. Terdapatnya hubungan yang linier antara viskositas (μ)dengan waktu (t), dengan koefisien korelasi untuk masing-masing zat cair 0.99 dan persamaan regresi linier yang diperoleh adalah: $\mu = 0.012 + 0.0033 t$.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai pengukuran viskositas zat cair ini maka disarankan:

1. Mencari viskometer alternatif lainnya seperti dengan menggunakan beberapa buah tabung yang tingginya berbeda-beda, dan dengan menggunakan rumus viskometer bola jatuh maka dibandingkan hasil viskositas yang diperoleh untuk masing-masing tabung yang menjadi alat uji.
2. Merancang viskometer untuk aliran turbulen tapi pada dasarnya perhitungan viskositas dengan menggunakan tabung dengan aliran turbulen ini memerlukan penalaran matematika yang cukup rumit.
3. Merancang viskometer yang dilengkapi dengan alat pengukur temperatur agar pada saat pengambilan data, suhu zat cair yang menjadi bahan uji dapat terus teramati.
4. Merancang viskometer dengan memberikan tekanan pada zat cair yang kental atau memperbesar lobang tempat zat cair mengalir,agar waktu yang diperlukan oleh zat cair yang kental tersebut untuk mengalir tidak terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

Alonso, Marcelo., Finn, Edward J. 1992. Dasar-Dasar Fisika Universitas Jilid 1 Mekanika dan Termodinamika. Edisi kedua. Erlangga, Jakarta.

Anonymous. 2005. Viskometer on the go. *Global Cosmetic Industry*. ABI/INFORM Research. PG 68 http://proquest.umi.com/pqdweb diakses tanggal 19 Juli 2008

Bair, Scott. 2004. A Routine High-Pressure Viscometer for Accurate Measurements to 1 GPa. *Tribology Transactions*. Proquest science Journals pg. 356. http://proquest.umi.com/pqdweb? diakses tanggal 16 Juli 2008

Canter, Neil. 2004. Real-time, in –line measurement of kinematic viscosity. *Tribology and Lubrication Technology*; Proquest science Journal pg. 13. http://proquest.umi.com/pqdweb? diakses tanggal 16 Juli 2008

Canter, Neil. 2005. Upgrading the lab viscometer. *Tribology and Lubrication Technology*; Proquest science Journals pg. 24. http://proquest.umi.com/pqdweb? diakses tanggal 16 Juli 2008

Dikeman, Cheryl. L., Fahey, George. C. Jr. 2006. Viscosity as Related to Dietary Fiber . *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* . Boca Raton. Vol. 46. Edisi 8; pg.649,15 pgs. http://proquest.umi.com/pqdweb? di akses tanggal 10 Juli 2008

Durdag, Kerem. 2006. In-line Viscosity Monitoring Cuts Operating Costs. *Pipeline and Gas Journal*. Proquest science Journals pg. 20 http://proquest.umi.com/pqdweb? diakses tanggal 16 Juli 2008

Munson,Bruce R., Young, Donald F., Okiishi,T heodore H. 2005. Mekanika Fluida jilid 2. Edisi ke 4. Erlangga, Jakarta.

Molinaro, Hope. 1999. Viskometer plus data Acquistion sistem. *Palstics Engenering*. Academic Research Library http://proquest.umi.com/pqdweb diakses tanggal 18 Juli 2008

Wijaya, R. Indra. 2008. Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Viskositas Oli Mesin pada Kendaraan Bermotor Berbasis Teknologi *Field Programable Gate Array (FPGA)* Xilinx XC4010-XL. *Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi*. http://tf.lib.lipi.ac.id/ diakses pada tanggal 17 November 2007