

**LAPORAN**  
**PRAKTIKUM HIDROLIKA**

**DISUSUN OLEH :**  
**TINA ROMADANI HASIBUAN**  
**16.811.0045**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**T.A 2019**

# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **PRAKTIKUM MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA**

**Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknik Progm Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area**

**DISUSUN OLEH :**

**TINA ROMADANI HASIBUAN**

**16.811.0045**

**DIKETAHUI OLEH :**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UMA**

**Dosen Pelaksana Praktikum**

**Ir. Kamaluddin Lubis, MT.**

**Ir. Amrinsyah, MM**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
T.A 2019**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua, sehingga kita dapat menyelesaikan Praktikum Mekanika Tanah, yang dilaksanakan di Laboratorium Universitas Medan Area. Dimana praktikum ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Program Studi teknik Sipil fakultas Teknik Universitas Medan Area. Hasil akhir praktikum ini dilampirkan pada sebuah laporan yang wajib dilaksanakan untuk peserta praktikum.

Dalam laporan praktikum ini, saya menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam susunan kalimat yang mana saya mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan laporan ini. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan masukan kepada saya di dalam penyusunan laporan ni, terutama:

1. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMA
2. Bapak Ir. Amrinsyah, MM, selaku Dosen Pelaksana Praktikum Mekanika Fluida dan Hidrolika
3. Rekan-rekan kelompok 1 pagi yang telah bekerja sama semaksimal mungkin sehingga kita dapat menyelesaikan laporan ini.

Saya harap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi saya dan para pembaca, dan pada Tuhan Yang Maha Esa kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Medan, Juli 2018

Penyusun,

**TINA ROMADANI HASIBUAN**

# BAB I

## PERCOBAAN HYDROSTATIC PRESSURE

### (TEKANAN HIDROSTATIS)

#### 1.1 Tujuan Percobaan

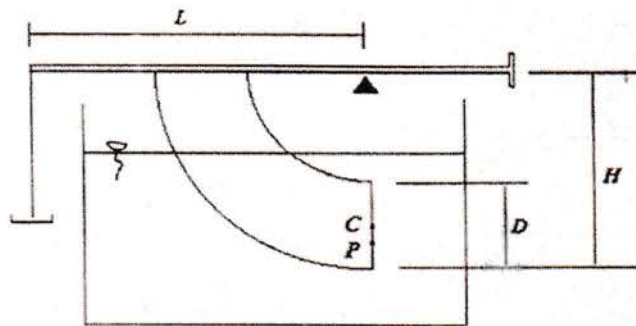
Untuk menentukan gaya hidrostatis yang bekerja pada permukaan pesawat (benda) yang terendam dalam air. Untuk menentukan posisi garis aksi gaya (pusat tekanan hidrostatis) dan untuk membandingkan letak yang ditentukan oleh percobaan dengan posisi secara teoritis.

#### 1.2 Alat Yang Digunakan

1. Alat tekanan hidrostatis
2. Satu set alat pemberat
3. Sebuah ciduk
4. Kaliper atau penggaris

#### 1.3 Teori

Di bawah ini adalah persentasi diagram dari alat yang menjelaskan dimensi. Nomenklatur ini akan digunakan selama pembahasan teori ini. Meskipun teori untuk pesawat yang terendam sebagian dan tenggelam seluruhnya sama, akan lebih jelas untuk meninjau kedua kasus tersebut secara terpisah.



Keterangan :

L : jarak horinzontal antara titik tumpuan dan tempat penyeimbang

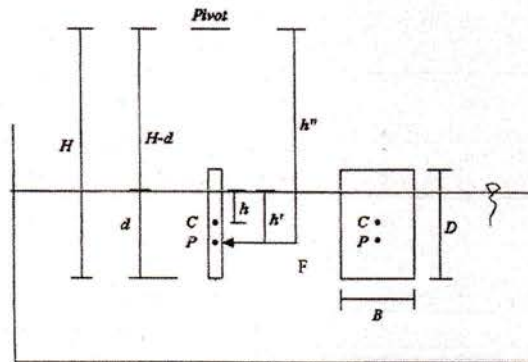
D : tinggi permukaan kuadran

B : lebar permukaan kuadran

H : jarak vertikal antara dasar permukaan kuadran dan lengan tumpuan

C : pusat berat kuadran

P : pusat tekanan pada permukaan kuadran



### 1.3.1 Permukaan Pesawat Terendam Sebagian

Dengan :

$d$  : kedalaman yang terendam

$F$  : gaya hidrostatis yang bekerja pada kuadran

$h$  : kedalaman pusat berat

$C$  : pusat berat kuadran (benda yang tercelup air)

$P$  : pusat tekanan hidrostatis

$h'$  : jarak pusat tekanan hidrostatis  $P$  ke muka air

$h''$  : jarak pusat tekanan hidrostatis  $P$  ke pivot (tumpuan)

#### 1. Gaya pada Permukaan

Gaya hidrostatis  $F$  pada didefinisikan sebagai

$$F = \rho g A h \text{ (Newton)}$$

$$\text{dengan luas } A = Bd \text{ dan } h = \frac{d}{2}$$

$$\text{sehingga } F = \rho g \frac{Bd^2}{2} \tag{1.1}$$

## 2. Kedalaman Pusat Tekanan Percobaan

Momen,  $M$ , bisa didefinisikan sebagai

$$M = Fh'' \text{ (Nm)}$$

Momen penyeimbang dihasilkan oleh berat,  $W$ , yang dikenakan pada penggantung pada ujung lengan penyeimbang, panjang lengan penyeimbang,  $L$ .

Untuk keseimbangan statis, dua momen adalah sama, yaitu:

$$Fh'' = WL = mgL$$

Dengan mensubstitusi gaya hidrostatik dari (1.1) kita mendapatkan

$$h'' = \frac{mgL}{F} = \frac{2mL}{\rho B d^2} \text{ (meter)} \quad (1.2)$$

## 3. Kedalaman Pusat Tekanan Teoritis

Hasil teoritis untuk kedalaman pusat tekanan,  $P$ , di bawah permukaan bebas adalah

$$\text{Lihat buku literatur : } y_{PT} = y_0 + \frac{I_0}{Ay_0} \quad (1.3)$$

$$\text{Untuk bidang tegak, } \alpha = 90^\circ h_{PT} = h_0 + \frac{I_0}{Ay_0} \quad (1.4)$$

$$\text{Ditulis dengan notasi di buku ini : } h' = h + \frac{I_0}{A.h} \quad (1.5)$$

$$h' = h + \frac{\left(\frac{1}{2}\right) B \cdot d^3}{B \cdot d \cdot h}$$

$$h' = h + \frac{d^2}{12.h} \quad (1.6)$$

Kedalaman pusat tekanan di bawah titik tumpuan adalah

$$h'' = h + H - d \quad (1.7)$$

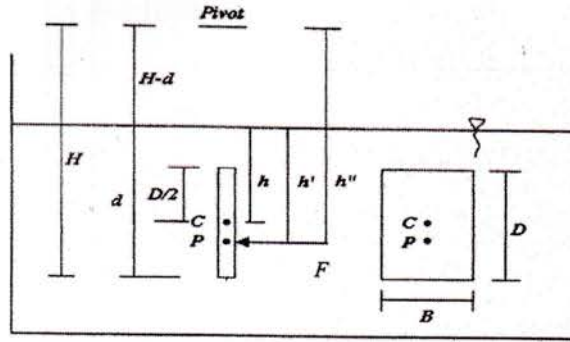
$$h'' = h + \frac{d^2}{12.h} + H - d$$

dengan  $h = \frac{d}{2}$ , maka :

$$h'' = H - \frac{d}{3} \quad (1.8)$$

### 1.3.2 Permukaan Pesawat Vertikal Terendam Seluruhnya

Di bawah ini adalah representasi diagram dari alat yang menjelaskan dimensi fisik, sebagai tambahan seperti yang telah ditunjukkan sebelumnya. Nomenklatur ini akan digunakan selama pembahasan teori ini.



**Gambar 1.3** Percobaan Tekanan Hidrostatik Terendam Seluruhnya

Dimana :

$d$  : kedalaman yang terendam

$F$  : gaya hidrostatik yang bekerja pada kuadran

$h$  : kedalaman pusat berat

$h'$  : jarak pusat tekanan,  $P$

$h''$  : jarak garis aksi gaya di bawah tumpuan. Garis gaya ini akan melewati pusat tekanan,  $P$

### 1. Gaya hidrostatik

Gaya hidrostatik,  $F$ , dapat didefinisikan sebagai :

$$F = \rho g A h = \rho g B D \left( d - \frac{D}{2} \right) \text{ (N)} \quad (1.9)$$

### 2. Kedalaman pusat tekanan percobaan

Momen,  $M$  dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$M = F h'' \text{ (Nm)}$$

Momen penyeimbang dihasilkan oleh berat,  $w$ , yang dikenakan pada penggantungan dibagian lengan penyeimbang.

Untuk keseimbangan statis, dua momen adalah sama, yaitu :

$$F h'' = W L = m g L$$

Dengan mensubstitusi gaya hidrostatik dari (1.9) kita mendapatkan :

$$h'' = \frac{m L}{\rho B D \left( d - \frac{D}{2} \right)} \text{ (m)} \quad (1.10)$$

### 3. Kedalaman pusat tekanan teoritis

Hasil teoritis untuk kedalaman pusat tekanan,  $P$ , di bawah permukaan bebas adalah lihat persamaan (1.3), (1.4), dan (1.5) :

dengan  $h = \left(d - \frac{D}{2}\right)$

$$h' = h + \frac{I_o}{Ah}$$

$$h' = \left(d - \frac{D}{2}\right) + \frac{(1/12).B.D^3}{BD(d-D/2)} \quad (1.11)$$

Kedalaman pusat tekanan di bawah titik tumpuan adalah

$$h'' = h' + H - d \quad (\text{m})$$

Substitusi sebelumnya menghasilkan

$$h'' = \left(d - \frac{D}{2}\right) + \frac{(1/12)BD^3}{BD(d-D/2)}$$

$$h'' = \frac{\frac{D^2}{12} + \left(d - \frac{D}{2}\right)^3}{d - \frac{D}{2}} + H - d \quad (1.12)$$

#### 1.4 Jalannya Percobaan

1. Tempatkan tangki peralatan hidrostatis pada hidraulik bench, dan sesuaikan kakinya sampai nivo menunjukkan bahwa base horizontal. Tempatkan lengan penyeimbang pada knife edges. Tempatkan penggantung berat pada celah di akhir bagian lengan penyeimbang. Pastikan bahwa katup drain tertutup. Pindahkan alat pengukur keseimbangan berat sampai lengan horizontal.
2. Tambahkan massa kecil (50g) pada penggantungan berat.
3. Tambahkan air sampai gaya hidrostatis pada permukaan akhir kuadran menyebabkan lengan penyeimbang terangkat. Pastikan bahwa tidak ada air terbuang pada bagian atas permukaan kuadran atau sisi sampingnya, diatas ketinggian air.
4. Lanjutkan untuk menambahkan air sampai lengan penyeimbang horizontal, tandai dengan menggarisi dasar lengan penyeimbang dengan penandaan garis tengah bagian atas dan bawah saat seimbang (selama bisa digunakan, tapi harus tetap dijaga konsistensinya selama percobaan).
5. Lanjutkan untuk menambahkan air sampai lengan penyeimbang horizontal, tandai dengan menggarisi dasar lengan penyeimbang dengan penandaan garis tengah bagian atas dan bawah pada saat setimbang (selama bisa digunakan, tapi harus tetap dijaga konsistensinya selama percobaan). Anda bisa membuat hal itu lebih mudah dengan mengisi tangki sedikit demi sedikit, dan



mendapatkan posisi keseimbangan dengan membuka drain untuk aliran yang dikeluarkan.

6. Baca kedalaman yang timbul dari skala bacaan pada permukaan kuadran, hasil yang akurat bisa didapat dengan pembacaan melihat garis sedikit di bawah permukaan, untuk menghindari pertambahan 10, 20, dan 50 gram, tergantung dari jumlah sampel yang dibutuhkan.
7. Ulangi sampai ketinggian air mencapai puncak skala bagian atas pada permukaan kuadran.
8. Catat berbagai faktor yang mungkin mempengaruhi hasil percobaan.

No	Massa Beban	Momen Puntir	Kedalaman (d)	Gaya Hidrostatik (F)	Pusat Tekanan thd Pivot (h'')	Pusat Tekanan thd Muka air (h' = h + I <sub>o</sub> / Ah)	Pusat Tekanan thd Pivot (h'')
1	0,14	0,3776	0,077	2,1811	0,1713	0,05133	0,17433
2	0,15	0,4046	0,081	2,4136	0,1676	0,05788	0,1698
3	0,16	0,4316	0,084	2,5957	0,1662	0,05600	0,17200
4	0,33	0,8902	0,12	5,1502	0,1728	0,08191	0,16191
5	0,34	0,9172	0,13	5,886	0,155	0,09042	0,16042
6	0,35	0,9442	0,132	6,0331	0,1565	0,09216	0,16016

### 1.5 Pengamatan

$$L = 0,275 \text{ m}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

$$B = 0,075 \text{ m}$$

$$H = 0,2 \text{ m}$$

## 1.6 Perhitungan

Permukaan pesawat (benda) vertikal terendam sebagian :

$$F = \rho g \frac{Bd^2}{2}$$

$$\text{Pusat Tekanan Percobaan : } h'' = \frac{mgL}{F}$$

$$\text{Pusat Tekanan Teoritis : } h'' = H - \frac{d}{3}$$

Permukaan Pesawat (benda) vertikal terendam seluruhnya :

$$F = \rho g Ah = \rho g BD \left( d - \frac{D}{2} \right)$$

$$\text{Pusat Tekanan Percobaan } h'' = \frac{mL}{\rho BD \left( d - \frac{D}{2} \right)}$$

$$\text{Pusat Tekanan Teoritis : } h'' = \frac{\frac{D^2}{12} + \left( d - \frac{D}{2} \right)^2}{d - \frac{D}{2}}$$

### 1.6.1 Benda Mengapung

$$m = 0,14 \text{ kg}$$

$$B = 0,75 \text{ m}$$

$$L = 0,275 \text{ m}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

#### 1. Moment Puntir terhadap Pivot

$$M = mgL$$

$$= 0,14 \cdot 9,81 \cdot 0,275$$

$$= 0,377 \text{ Nm}$$

#### 2. Gaya Hidrostatik

$$F = \rho ghA$$

$$= \rho g \frac{d}{2} Bd = 0,14 \cdot 9,81 \cdot 0,275$$

$$= \rho g \frac{Bd^2}{2}$$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,075 \cdot (0,088)^2}{2}$$

$$= 2,181 \text{ N}$$

### 3. Pusat Tekanan terhadap Pivot

$$\begin{aligned}h''_{\text{percobaan}} &= \frac{mgL}{F} \\ &= \frac{0,14 \cdot 9,81 \cdot 0,275}{2,181} \\ &= 2,191 \text{ m}\end{aligned}$$

### 4. Pusat Tekanan Teoritis terhadap Muka Air

$$\begin{aligned}h' &= h + \frac{I_o}{A \cdot h} \\ &= \frac{d}{2} + \frac{\frac{1}{12} B d^3}{B d \left(\frac{d}{2}\right)} \\ &= \frac{d}{2} + \frac{d}{6} \\ &= \frac{3d + d}{6} \\ &= \frac{4 \cdot (0,077)}{6} \\ &= 0,0512 \text{ m}\end{aligned}$$

### 5. Pusat Tekanan Teoritis terhadap Pivot

$$\begin{aligned}h''_{\text{teoritis}} &= H - d + h' \\ &= 0,2 - 0,077 + 0,0513 \\ &= 0,0513 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 1.6.2 Benda Tercelup

$$m = 0,15 \text{ kg}$$

$$B = 0,075 \text{ m}$$

$$L = 0,275 \text{ m}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

### 1. Moment Puntir terhadap Pivot

$$\begin{aligned}M &= mgL \\ &= 0,35 \cdot 9,81 \cdot 0,275 \\ &= 0,944 \text{ Nm}\end{aligned}$$

### Gaya Hidrostatik

$$\begin{aligned}F &= \rho ghA \\ &= \rho g \left( d - \frac{D}{2} \right) BD \\ &= 1000 \cdot 9,81 \cdot \left( 0,132 - \frac{0,1}{2} \right) \cdot 0,075 \cdot 0,1 \\ &= 9810 \cdot 0,082 \cdot 0,0075 \\ &= 6,033 \text{ N}\end{aligned}$$

### 2. Pusat Tekanan Percobaan terhadap Pivot

$$\begin{aligned}h^{\text{percobaan}} &= \frac{mgL}{F} \\ &= \frac{0,35 \cdot 9,81 \cdot 0,275}{6,033} \\ &= 0,156 \text{ N}\end{aligned}$$

### 3. Pusat Tekanan Teoritis terhadap Muka Air

$$\begin{aligned}h' &= h + \frac{I_o}{A \cdot h} \\ &= \left( d - \frac{D}{2} \right) + \frac{\frac{1}{12} BD^3}{BD \left( d - \frac{D}{2} \right)} \\ &= \left( 0,132 - \frac{0,1}{2} \right) + \frac{\frac{1}{12} \cdot 0,075 \cdot 0,1^3}{0,075 \cdot 0,1 \cdot \left( 0,132 - \frac{0,1}{2} \right)} \\ &= 0,082 + \frac{0,00000625}{0,075 \cdot 0,1 \cdot 0,082} \\ &= 0,082 + \frac{0,00000625}{0,00615} \\ &= 0,082 + 0,0101 \\ h' &= 0,0921 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4. Pusat Tekanan Teoritis terhadap Pivot

$$\begin{aligned}h'' \text{ teoritis} &= H - d + h' \\ &= 0,2 - 0,132 + 0,0921 \\ &= 0,1601 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 1.7 Pembahasan

Dari data yang telah dihitung dengan metode percobaan dan metode teoritis. Ditemukan percobaan yang memiliki besar tekanan teoritis dengan besar tekanan hampir sama. Dan ada pula yang memiliki besar tekanan teoritis dengan besar tekanan percobaan berbeda jauh. Seperti tabel berikut.

**Tabel 1.2** Tabel Selisih Pusat Tekanan Percobaan dan Teoritis

No	Pusat Tekanan Percobaan terhadap Pivot ( $h'$ )	Pusat Tekanan Teoritis terhadap Pivot ( $h''$ )	Selisih
1	0,1731	0.0513	0,0011
2	0,1676	0.0578	0,0092
3	0,1662	0.0560	0,0057
4	0,1728	0.0800	-0,0128
5	0,1558	0.0904	0,0045
6	0,1565	0.0921	0,0036

Dari tabel diatas terdapat selisih antara Pusat Tekanan terhadap Pivot. Hal ini karena pembacaan kedalaman air dan kurang tepatnya pengamatan tentang kondisi setimbang antara air dan beban. Dihitung secara percobaan dan teori dapat di simpulkan bahwa dengan kedalaman yang bervariasi, dapat mempengaruhi gaya tekan hidrostatis. Semakin tinggi permukaan air semakin besar beban yang di berikan, di pengaruhi juga besar luas bidang. Nilai momen puntir pada tiap percobaan mempunyai nilai yang berbeda, baik secara teori maupun eksperimen. Hal ini terjadi karena terdapatnya hasil yang berbeda pula pada ( $h''$ ) jarak muka air sampai dengan pusat gaya hidrostatis ( $F$ ). Semakin dalam *Hydostatic pressure* yang masuk ke dalam air, maka air semakin tinggi oleh karena itu beban penyeimbang semakin banyak.

## **1.8 Kesimpulan**

Dari hasil pengamatan, perhitungan, dan juga pembahasan yang telah dilakukan didapatkan selisih pusat tekanan percobaan dan teoritis sebesar  $-0,0128$  m sampai  $0,0092$  m. Praktikum yang telah dilakukan sesuai dengan prosedur yang ada.

## BAB II

### PERCOBAAN METACENTRIC HEIGHT (TINGGI METACENTRUM)

#### 2.1 Tujuan Percobaan

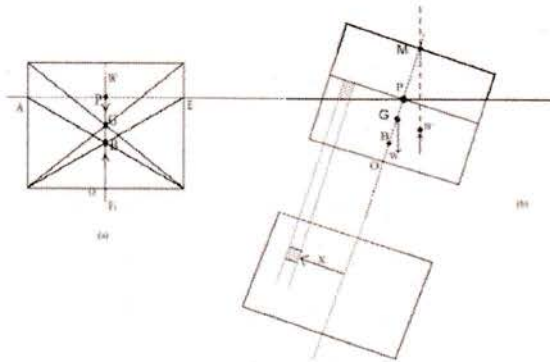
Tujuan percobaan ini adalah mengamati kestabilan benda yang mengapung dan menentukan tinggi metacentrum.

#### 2.2 Alat Yang Digunakan

1. Meja Hidrolik (f1-10)
2. Alat percobaan tinggi metacentrum (f1-14)  
(*Metacentric height apparatus*)
3. Pisau
4. Dawai
5. Beban
6. Timbangan
7. Penggaris
8. Bak Air

#### 2.3 Teori

Suatu benda terapung dalam keseimbangan stabil apabila pusat beratnya berada di bawah pusat apung. Namun benda terapung dapat pula dalam keseimbangan stabil meskipun pusat beratnya berada di atas pusat apung.



Gambar. menunjukkan tampak lintang suatu benda yang terapung diatas permukaan air. Pusat apung B adalah sama dengan pusat berat bagian benda yang berada di bawah permukaan zat cair, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1

(a). Pusat apung B tersebut berada vertical di bawah pusat berat G. Bidang AE adalah perpotongan permukaan zat cair dan benda. Perpotongan antara sumbu yang melewati titik B dan G dengan bidang permukaan zat cair dan dasar benda adalah titik P dan O (Gambar 2.1(a)).

Apabila benda digoyang (posisi miring) terhadap sumbu melalui P dari kedudukan seimbang, titik B akan berpindah pada posisi baru B', seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1 (b). Sudut kemiringan benda terhadap bidang permukaan zat cair adalah  $\alpha$ . Perpindahan pusat apung B ke B' terjadi karena volume zat cair yang dipindahkan mempunyai bentuk yang berbeda pada waktu posisi benda miring. Dalam Gambar 2.1 (b), titik metacentrum M adalah titik potong antara garis vertikal melalui B' dan perpanjangan garis BG. Titik ini digunakan sebagai dasar di dalam menentukan stabilitas benda terapung. Apabila titik M berada di atas G, gaya apung  $F_B$  dan gayaberat  $W$ , akan menimbulkan momen yang berusaha mengembalikan benda pada kedudukan semula, maka kondisi itu disebut stabil. Sebaliknya apabila titik M berada di bawah G, momen yang ditimbulkan  $F_B$  dan  $W$  akan menggulingkan benda sehingga benda tersebut dalam keadaan labil. Sedang jika M berimpit dengan G maka benda dalam keseimbangan netral. Dengan demikian jarak MG dapat digunakan untuk mengetahui kondisi stabilitas. Apabila MG Positif (M di atas G) maka benda akan stabil. Semakin besar nilai MG, semakin besar pula nilai kestabilan benda terapung. Sebaliknya jika MG negatif (M dibawah G) maka benda adalah tidak stabil (atau disebut labil). Jarak MG disebut dengan tinggi metasentrum.

Pada Gambar 2.1 (b), setelah benda digoyang, di sebelah kanan sumbu simetris terjadi penambahan gaya apung sebesar  $dF_B$  dan di sebelah kiri terjadi pengurangan sebesar  $dF_B$ . Pada keadaan tersebut berlaku bahwa besar momen terhadap B sesudah benda digoyang adalah sama dengan besar momen terhadap B sebelum digoyang ditambah momen kopel akibat perubahan bentuk benda yang terendam dalam zat cair. Apabila di tinjau suatu elemen dengan luas tampang  $dA$  dan terletak pada jarak dari sumbu simetris, maka :

$$\text{Momen di B sesudah digoyang} = \text{Momen di B sebelum digoyang} + \text{Momen kopel}$$

$$V_{zc} \cdot \gamma_{zc} \cdot BM \sin \alpha = 0 + \int \gamma_{zc} \cdot x \cdot \tan \alpha \cdot dA \cdot 2 \cdot x \cdot \cos \alpha \quad (2.1)$$

$$V_{zc} \cdot BM = 2 \int_0^{(\frac{1}{2})A} x^2 \cdot dA$$



$$= 2 \cdot (1/2) \cdot I_0$$

$$BM = \frac{I_0}{V_{zc}} \quad (2.2)$$

Momen inersia penampang benda yang diiris permukaan zat cair diambil yang minimum. Tinggi Metacentrum dinyatakan dengan (MG).

$$MG = MB \pm BG$$

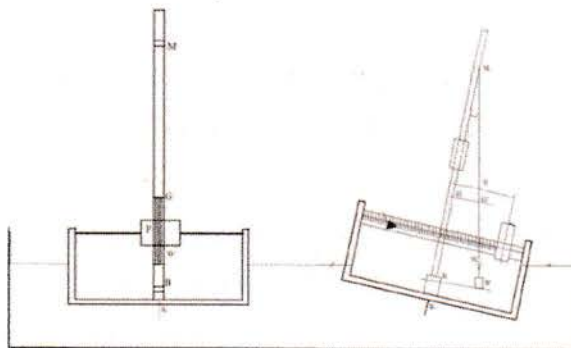
$$MG = \frac{I_{0min}}{V_{zc}} \pm BG$$

(2.3)

Keterangan : + jika G di bawah B

- jika G di atas B

Selanjutnya dasar teori pada percobaan tinggi metasentrum dengan menggunakan alat *Metacentric height apparatus*, adalah sebagai berikut : Untuk keseimbangan statis benda apung, total berat  $W$  (yang bekerja melalui titik berat  $G$ ) harus sepadan dengan gaya apung. Untuk keseimbangan stabil,  $M$  harus terletak di atas  $G$ .



Ponton sampai kondisi mengapung

Ketika beban bergerak dipindah kesatu sisi, titik berat,  $G$ , bergeser ke suatu posisi baru,  $G'$ , dan pusat daya apung,  $B$ , juga bergeser kesuatu posisi baru,  $B'$ .

Sejak titik pusat gaya berat digeser, yang disebabkan oleh Bergeraknya beban  $P$  melalui suatu jarak  $x$ , dapat ditulis:

$$Px = W(GG') \quad (2.4)$$

dari gambar 2 diatas, dapat dilihat bahwa:

$$GG' = MG \tan \theta \quad (2.5)$$

Karenanya

$$MG = \frac{Px}{W} \cot \theta \quad (2.6)$$

Catatan bahwa persamaan ini tidak bias digunakan ketika  $\theta = 0$

#### 2.4 Jalannya Percobaan

1. Timbang beban bergerak ( $=P$ , Newton), yang digunakan sepanjang lebar ponton. Pasangkan benda apung (ponton), tiang vertikal dan massa keduanya dan menentukan total berat/beban ( $W$ ).
2. Pada saat mulai eksperimen, posisikan beban bergerak vertikal ditengah tiang vertikal untuk menempatkan titik berat ( $G$ ) sampai nantinya pada puncak tiang benda apung. Posisi  $G$  dapat ditentukan dengan menggunakan mata pisau ikatkan dawai dengan erat di sekitar tiang kapal dan secara hati-hati biarkan keseluruhan perakitan untuk seperti itu. Sesuaikan posisi menunjukkan sampai arah tiang kapal menjadi horizontal
3. Ukur jarak  $G$  dari dasar pontoon dan catat jarak ini,  $Y$ .
4. Isi tangki volumeter meja hidrolis dengan air, kemudian pindahkan pengisian ke tabung cadangan dari tangki (untuk mencegah tumpahan ke tangki yang utama).
5. Apungkan ponton di dalam tangki dan ukur kedalaman yang terbenam, untuk dibandingkan dengan nilai yang dihitung (secara teori).
6. Pindahkan beban bergerak ke posisi tengah benda apung. Kemudian lakukan penyesuaian kemiringan tiang vertikal yang terpasang (dengan mengendurkan sekrup pengaman) untuk member nilai  $\theta = 0$
7. Pindahkan beban bergerak horizontal kesebelah kanan kenaikan setiap jarak 10 mm dan catat jarak dan besar sudut yang terjadi ( $\theta$ ) terhadap tali bandul untuk masing-masing posisi.
8. Ulangi prosedur melintasi massa di sebelah kiri pusat.
9. Ubah posisi titik berat benda apung dengan menaikkan benda bergerak yang berada di tiang vertikal. Posisi yang disarankan adalah pada tinggi maksimum dan kemudian ditempatkan di tengah digunakan pada percobaan pertama. Untuk masing-masing posisi yang baru  $G$ , Ulangi kembali percobaan diatas untuk menguji dan menentukan tinggi metasentrum  $MG$ . Karenanya, penempatan posisi metasentrum  $M (= Y + MG)$  dari dasar ponton, gunkan hasil dari tiga percobaan tersebut di atas.

Persamaan untuk perhitungan MG tidak bisa diterapkan ketika  $\theta = 0$ , maka harus ditentukan dengan grafik sebagai diuraikan dibawah.

10. Rencanakan sebuah grafik tentang tinggi metacentrum MG terhadap sudut kemiringan  $\theta$ . Dari grafik ini, dapat ditentukan kemungkinan posisi MG ketika  $\theta = 0$ . (Dan hasil MG ketika  $\theta = 0$  inilah yang disebut MG percobaan).

## 2.5 Perhitungan

Diketahui:

Panjang ponton ( $l$ )	= 0,35 m
Lebar ponton ( $B$ )	= 0,2 m
Tinggi ponton ( $d$ )	= 0,075 m
Beban bergerak vertikal	= 0.235 kg
Beban bergerak horizontal	= 0,353 kg
Berat total	= 1,549 kg
Kedalaman terbenam ( $di$ )	= 0,025 m

### 2.5.1 Tinggi Metacentrum Teoritis

#### 1. Tinggi Metacentrum MG Teoritis

- a. Percobaan 1 dengan kondisi penggerak vertikal ( $V$ ) = 0 dan titik berat ( $Y$ ) = 0,059 m

$$MG_1 = \frac{I_0}{V_{zat\ cair}} - (BG)$$

$$MG_1 = \frac{\frac{1}{12} \cdot (0,2)^3 \cdot 0,35}{0,2 \cdot 0,35 \cdot 0,025} - \left(0,059 - \frac{0,025}{2}\right) = 0,0866 \text{ m}$$

- b. Percobaan 2 dengan kondisi penggerak vertikal ( $V$ ) = 0,05 m dan titik berat ( $Y$ ) = 0,07 m

$$MG_2 = \frac{I_0}{V_{zat\ cair}} - (BG)$$

$$MG_2 = \frac{\frac{1}{12} \cdot (0,2)^3 \cdot 0,35}{0,2 \cdot 0,35 \cdot 0,025} - \left(0,07 - \frac{0,025}{2}\right) = 0,0756 \text{ m}$$

- c. Percobaan 3 dengan kondisi penggerak vertikal ( $V$ ) = 0,13 m dan titik berat ( $Y$ ) = 0,085 m

$$MG_3 = \frac{I_0}{V_{zat\ cair}} - (BG)$$

$$MG_3 = \frac{\frac{1}{12} \cdot (0,2)^3 \cdot 0,35}{0,2 \cdot 0,35 \cdot 0,025} - \left(0,085 - \frac{0,025}{2}\right) = 0,0606 \text{ m}$$

## 2. Tinggi Metacentrum MG Percobaan

a. Percobaan 1 dengan beban vertikal pada ketinggian 0 m

1) Kondisi  $X_h = 0,02$  m,  $\theta = 3^\circ$

$$\begin{aligned}MG_1 &= \frac{P_h \times X_h}{w} \cot \theta \\ &= \frac{0,353 \times 0,02}{1,549} \cdot \cot 3^\circ \\ &= 0,0869 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Percobaan 2 dengan beban vertikal pada ketinggian 0,1m

1) Kondisi  $X_h = 0,04$  m,  $\theta = 5^\circ$

$$\begin{aligned}MG_2 &= \frac{P_h \times X_h}{w} \cot \theta \\ &= \frac{0,353 \times 0,03}{1,549} \cdot \cot 5^\circ \\ &= 0,0781 \text{ m}\end{aligned}$$

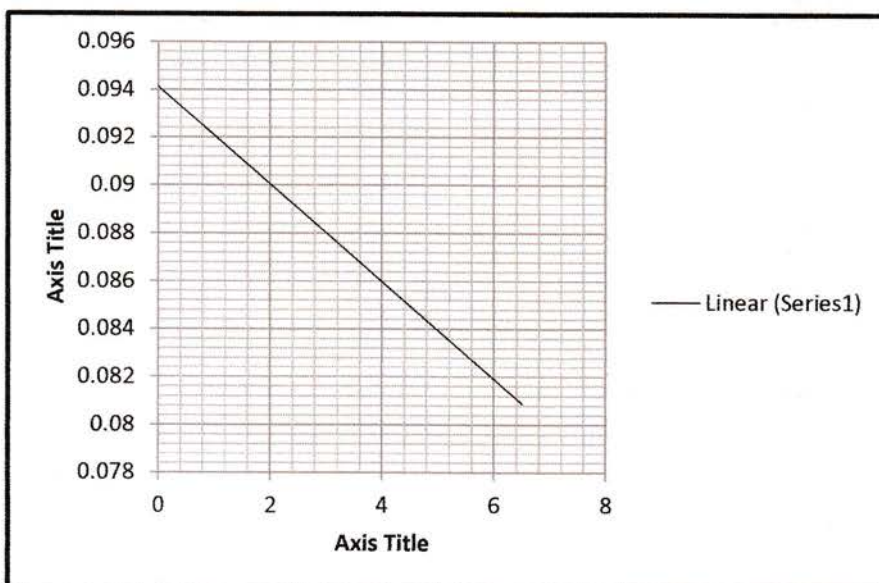
c. Percobaan ke 3 dengan beban vertikal pada ketinggian 0,2 m

1) Kondisi  $X_h = 0,06$  m,  $\theta = 7^\circ$

$$\begin{aligned}MG_3 &= \frac{P_h \times X_h}{w} \cot \theta \\ &= \frac{0,353 \times 0,04}{1,549} \cdot \cot 7^\circ \\ &= 0,0742 \text{ m}\end{aligned}$$

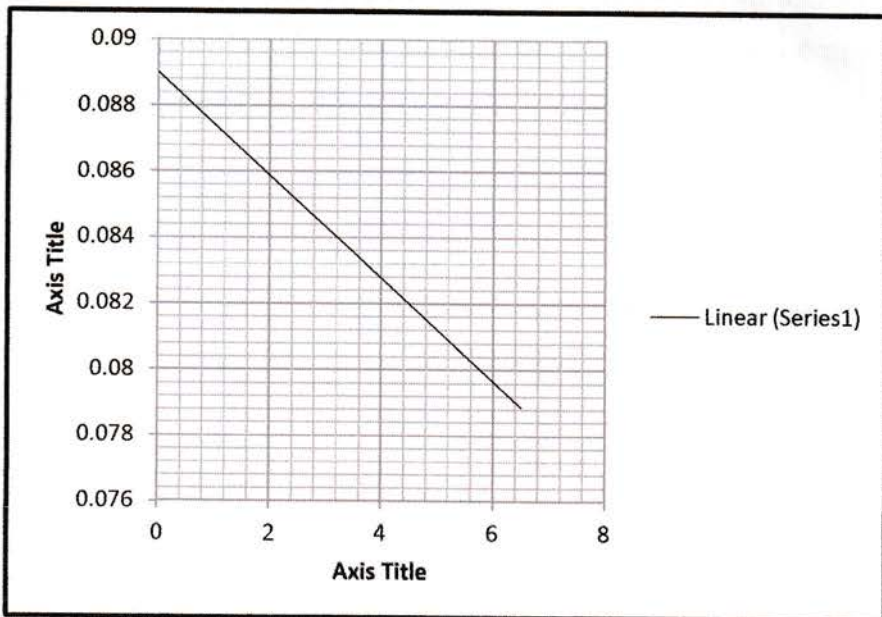
## 3. Tinggi Metasenstrum untuk Kondisi $\Theta = 0^\circ$ dengan Grafik

a. Percobaan 1 dengan beban vertikal pada ketinggian 0 m



Grafik MG Percobaan pada sudut  $0^\circ$  di Ketinggian 0 m

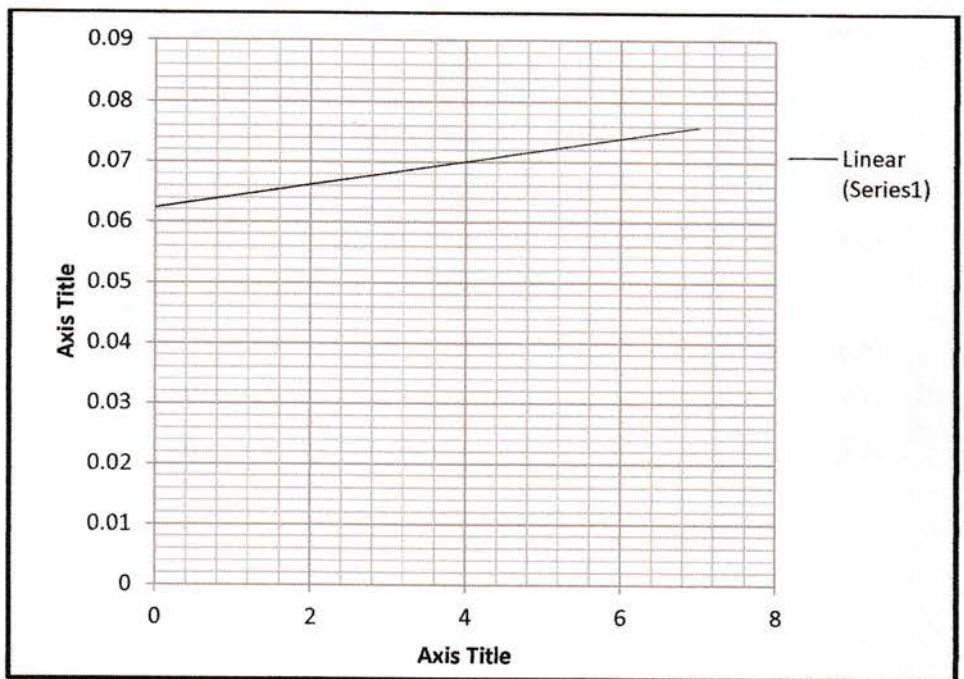
b. Percobaan 2 dengan beban vertikal pada ketinggian 0,1 m



Gra  
fik  
M

G Percobaan pada sudut  $0^\circ$  di Ketinggian 0,1 m

c. Percobaan 3 dengan beban vertikal pada ketinggian 0,2 m



Grafik MG Percobaan pada sudut  $0^\circ$  di Ketinggian 0,2 m

## 2.6 Pembahasan

Dari data yang telah dihitung dengan metode percobaan dan metode teoritis. Ditemukan percobaan yang memiliki tinggi MG teoritis dengan MG percobaan hampir sama. Dan ada pula yang memiliki besar tekanan teoritis dengan besar tekanan percobaan berbeda jauh. Seperti tabel berikut.

**Tabel 2.2** Selisih MG Teoritis dan MG Percobaan

Percobaan	Jarak Beban x Vertikal (m)	Tinggi Metasentrum MG Teoritis (m)	Percobaan (m)	Selisih (m)
1	0	0,08683	0,0941	0,00727
2	0,1	0,07583	0,0883	0,01247
3	0,2	0,06083	0,0627	0,00187

Dari hasil pengamatan efek dari perubahan posisi G pada tinggi metasentrum akan mengakibatkan kestabilan benda pada zat cair. Selain itu menunjukkan bahwa sudut kemiringan mempengaruhi besarnya tinggi metasentrum. Semakin besar sudut kemiringan yang digunakan semakin besar tinggi metasentrum yang didapat.

1. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa tinggi metasentrum yang diperoleh semua bernilai positif. Ini menunjukkan bahwa benda terapung itu mengalami keseimbangan stabil. Apabila tinggi metasentrum yang diperoleh kurang dari 0, maka benda terapung mengalami keseimbangan labil.
2. Dari hasil pengamatan bahwa tinggi metasentrum sangat berkaitan dengan kestabilan benda keseimbangan labil akan terjadi jika apabila titik G berada diatas titik metasentrum sedangkan keseimbangan stabil akan terjadi jika apabila titik metasentrum berada diatas titik G.

## 2.7 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan, perhitungan, dan uraian pembahasan ada selisih antara tinggi metasentrum teoritis dengan tinggi metasentrum percobaan yang tidak terlalu besar. Selisih tinggi metasentrum percobaan dengan tinggi metasentrum teoritis tertinggi terjadi di percobaan kedua sebesar 0,01247 m dengan jarak beban vertikal 0,1 m. Sedangkan selisih terendah, tinggi metasentrum percobaan dengan tinggi metasentrum terjadi di percobaan ketiga sebesar 0,00187 m dengan jarak beban vertikal 0,2 m. Faktor yang mempengaruhi selisih tinggi metasentrum percobaan dengan tinggi metasentrum teoritis adalah kesalahan dalam pembacaan kedalaman air, kesalahan dalam pembacaan sudut, dan kesalahan dalam penentuan titik berat.

**BAB III**  
**PERCOBAAN IMPACT OF JET**  
*(DAMPAK ALIRAN JET)*

**3. 1 Tujuan Percobaan**

1. Mempelajari perilaku tumbukan pancaran fluida pada piringan permukaan yang dapat menghasilkan energi mekanis.
2. Mengukur dan menghitung besarnya gaya yang dihasilkan pancaran tumbukan fluida pada piringan datar dan lengkung.
3. Menentukan besarnya efisiensi masing-masing piringan.
4. Mempelajari hubungan antara besarnya debit yang keluar dengan gaya yang dihasilkan dari perhitungan

**3. 2 Alat-Alat Percobaan**

1. Jet impact apparatus
2. Bangku hidrolik dengan beban
3. Stopwatch

**3. 3 Data-data alat**

- |                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 1. Diameter nozzle                  | : 10 mm    |
| 2. Luas penampang nozzle            | : 78.5 mm  |
| 3. Massa beban pemberat             | : 0.610 kg |
| 4. Jarak as piringan ke engsel ruas | : 0.1525 m |
| 5. Jarak nozzle ke piringan         | : 37 mm    |



**Gambar : Impact of Jet**



### 3. 4 Landasan Teori

Dampak aliran jet didasarkan pada peristiwa tumbukan, dalam hal ini tumbukan pancaran fluida dengan suatu permukaan. Momentum adalah besaran yang merupakan ukuran mudah atau sukarnya suatu benda mengubah keadaan geraknya ( mengubah kecepatannya, diperlambat atau dipercepat ).

Bentuk umum teori momentum fluida :

$$F \cdot t = m \cdot \Delta v$$

$$F \cdot t = m \cdot (V_{\text{awal}} - V_{\text{akhir}})$$

$$F = \frac{m}{t} (V_{\text{awal}} - V_{\text{akhir}})$$

### 3. 5 Penurunan Rumus

Aliran fluida diukur dengan satuan  $W \text{ kg/s}$  yang mewakili satuan debit

$$L \times Wa = 3L \times Wb$$

$$ma \times g = 3mb \times g$$

$$ma = 3 \times mb$$

$$\rho \times Va = 3 \times mb$$

$$Va = \frac{3mb}{\rho}$$

$$Q \times t = \frac{3mb}{\rho}$$

$$Q = \frac{3mb}{\rho \times t} (\text{m}^3 \text{s}^{-1}) \text{ atau } W = \frac{3mb}{t} (\text{kgs}^{-1})$$

Kecepatan saat meninggalkan nozzle

#### Gaya Ukur ( $F_{\text{ukur}}$ )

Gaya ukur atau  $F_{\text{ukur}}$  adalah gaya tekan fluida yang membumbuk piringan dan dapat diperoleh dengan meninjau hubungan gaya yang terjadi pada sistem batang. Pada keadaan awal  $\sum M_A$  seimbang karena tidak terjadi tumbukan. Batang hanya memiliki momen per dan momen benda.

Pada kondisi awal, beban masih berada pada posisi awal (o) sehingga berlaku

$$\sum M_A = 0$$

$$-Kx + m \cdot g \cdot L = 0$$

Pada kondisi kedua, beban berpindah sejauh  $y$  (pergeseran beban) sehingga berlaku

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -Kx - F.L + m.g(L + y) &= 0 \\ F \times 152.5\text{mm} &= 0.61\text{kg} \times g \times y \\ F &= 4gy(N)\end{aligned}$$

dengan :      K : Gaya pegas  
                   F : Gaya yang terjadi oleh nozzle  
                   m : Massa benda  
                   L : Jarak antara titik Adan piringan  
                   g : percepatan gravitasi (  $9,8 \text{ m/s}^2$  )

### Gaya hitung ( $F_{\text{hitung}}$ )

Tumbukan fluida pada piringan

$$\begin{aligned}F \int dt &= m \int dv \\ F\Delta t &= m\Delta v \\ F\Delta t &= m(V_o - V_1 \cos\beta) \\ F_{\text{piringan}} &= W(V_o - V_1 \cos\beta)\end{aligned}$$

Pada piringan datar, nilai  $\beta = 90^\circ$  maka  $\cos\beta = 0$

berlaku  $F_{\text{datar}} = WV_o$

Pada piringan cekung,  $\beta = 180^\circ$  maka  $\cos\beta = -1$

berlaku  $F_{\text{cekung}} = W(V_o + V_1)$

$$F_{\text{cekung}} = 2WV_o$$

Besar pancaran fluida saat meninggalkan nozzle dan mengenai piringan lebih besar. Hal ini disebabkan pengaruh gravitasi. Besar kecepatan dapat dihitung sebagai berikut dengan :

EK : energi kinetik

EP : energi potensial

$v_0$  : Kecepatan ketika menumbuk piringan

$v$  : Kecepatan pada saat dipancarkan nozzle

$g$  : percepatan gravitasi

$s$  : jarak nozzle dengan piringan

### 3. 6Prosedur Percobaan

1. Mengatur kedudukan alat jet impact agar jalur pancaran tegak lurus terhadap bidang datar permukaan, dengan cara memutar alat pada kaki yang berbentuk bola.
2. Memasang piringan datar pada alat jet impact.
3. Mengkalibrasikan neraca pengukur gaya, dengan cara menggeser beban pemberat ke titik nol, lalu sekrup pegas diputar hingga lengan neraca dalam keadaan mendatar.
4. Pompa dihidupkan sehingga air memancar melalui nozzle dengan debit maksimum.
5. Posisi beban pemberat diatur hingga neraca seimbang kembali.
6. Posisi simpangan pemberat terhadap posisi semula dicatat.
7. Mengukur debit air berdasarkan prinsip bangku hidrolik.
8. Melakukan percobaan yang sama untuk macam posisi pemberat lainnya.
9. Mengganti piringan datar dengan piringan cekung dengan mengulangi prosedur yang sebelumnya.
- 10.

Data yang diperoleh :

1. Debit air ( $Q$ ) (kg/s)
2. Waktu ( $t$ ) (s)
3. Berat beban (kg)
4. Pergeseran beban ( $y$ ) (mm)

#### Contoh perhitungan

Menggunakan data percobaan nomor 1

$$m = 2.5 \text{ kg}$$

$$m = 0,61 \text{ kg}$$

$$D = 0,01 \text{ m}$$

$$y = 0.066 \text{ mm}$$

$$r = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$L = 0,1525 \text{ m}$$

$$t = 18.004 \text{ s}$$

Menghitung debit

$$Q = \frac{3m}{t} = \frac{3 \times 2.5}{18.004} = 0.4165740946 \text{ kg/s}$$

Menghitung kecepatan air yang keluar dari *nozzle* (V)

$$V = 12.73 \times W = 5.3029882248 \text{ m/s}$$

Menghitung kecepatan air saat menumbuk piringan ( $V_o$ )

$$V_o^2 = V^2 - 0.726 = 5.2340886612 \text{ m/s}$$

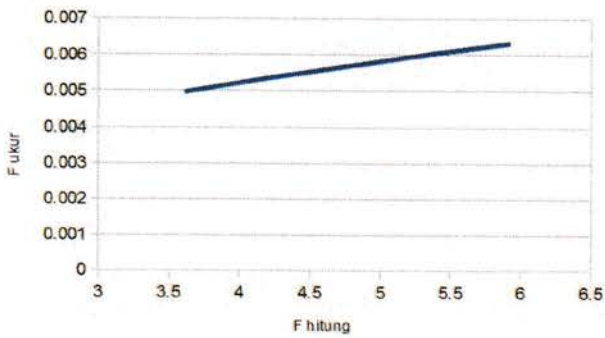
Menghitung  $F_{ukur}$

$$F = 4gy = 2.58984N$$

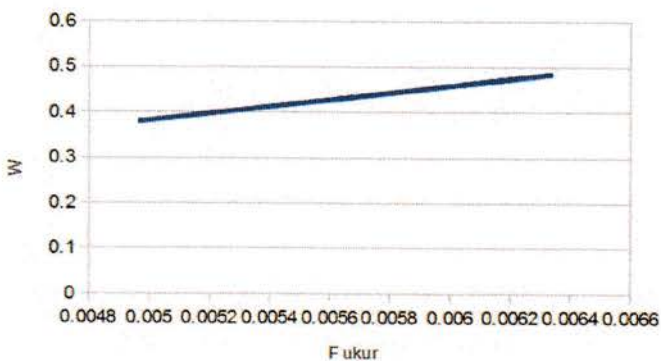
Menghitung  $F_{hitung}$

$$F_{datar} = WV_o = 2.1803857453N$$

F hitung & F ukur



F ukur & W



### 3. 7Analisa

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa hubungan linear terjadi pada hampir seluruh grafik terkecuali grafik fukur dan fhitung serta  $w$  dan fukur pada berat benda 2.5kg . Grafik linear menyatakan bahwa piringan tersebut dapat bekerja lebih baik. Maka piringan cekung dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan piringan datar.

### 3. 8Kesimpulan

1. Keadaan  $F$  yang baik adalah  $F$  yang ideal dimana dapat mendekati efisiensi 100%
2.  $F_{\text{ukur}}$  didapat dengan rumus 4.g.y untuk kedua macam piringan
3.  $F_{\text{hitung}}$  didapat saat pancaran fluida mengalami tumbukan dengan piringan. Dari hal tersebut didapatkan dua rumus yaitu untuk  $F_{\text{cekung}} = 2 W V_o$  sedangkan untuk  $F_{\text{datar}} = W V_o$
4. Dari grafik dapat ditarik kesimpulan bahwa piringan cekung bekerja lebih baik dibandingkan piringan datar.

## **BAB IV**

### **PERCOBAAN OSBORNE REYNOLDS**

#### **4. 1 Maksud dan tujuan**

1. Mengamati jenis-jenis aliran fluida
2. Menentukan bilangan Reynolds berdasarkan debit
3. Mencari hubungan antara bilangan Reynolds dengan jenis aliran
4. Mengamati profil parabolik dari aliran laminar

#### **4. 2 Alat yang Digunakan**

1. Pesawat Osborne Reynolds
2. Tinta
3. Gelas ukur
4. Stopwatch
5. Termometer

#### **4. 3 Teori Dasar**

Alat ini merupakan rancangan Prof. Osborne Reynold (ahli Fisika Inggris 1842-1912) untuk mengamati sifat-sifat aliran fluida di dalam pipa yang bisa dibedakan menjadi :

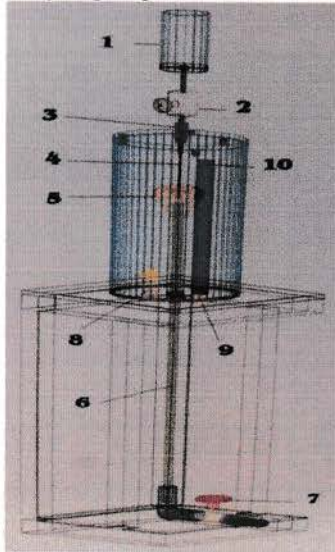
- a. Aliran laminar
- b. Aliran turbulen
- c. Aliran transisi

Aliran laminar adalah kondisi aliran dengan garis-garis aliran mengikuti jalur yang sejajar, sehingga tidak terjadi pencampuran antara bidang-bidang geser didalam fluida, sedangkan aliran turbulen merupakan kondisi aliran dengan garis-garis aliran yang saling bersilang sehingga terjadi pencampuran antara bidang-bidang geser di dalam fluida. Salah satu kriteria yang menunjukkan tingkat turbulensi aliran adalah bilangan Reynolds ( $Re$ ) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan aliran rata-rata ( $U$ ), diameter karakteristik pipa ( $D$ ), dan viskositas kinetik fluida ( $\nu$ ).

Rumusnya :

$$Re = U \cdot D / \nu \text{ atau: } Re = 4 \cdot Q / \nu \cdot \pi \cdot D$$

Bila bilangan Reynolds dari aliran fluida tertentu dalam suatu pipa nilainya kurang dari  $\pm 2000$ , maka aliran yang terjadi adalah aliran laminar, sedangkan bila lebih dari  $\pm 4000$ , maka aliran yang terjadi adalah aliran turbulen.



Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya perlambatan kecepatan partikel fluida pada permukaan batas, sehingga akan membentuk suatu profil kecepatan pada aliran laminar yang berbentuk parabola bisa melalui percobaan ini.

Keterangan :

1. Tabung tinta
2. Katup pengatur tinta
3. Skrup
4. Jarum
5. Inlet
6. Tabung visualisasi aliran
7. Katup pengatur
8. Pipa inlet
9. Pipa pembuangan
10. Over flow

#### 4. 4 Prosedur Percobaan

1. Alat diatur hingga kedudukan mendatar, semua pipa pemberi dan pembuang dihubungkan.
2. Reservoir diisi dengan zat warna (tinta), dan turunkan injektor berwarna hingga ujungnya mencapai mulut inlet bagian atas.
3. Bukalah katup pemasukan dan biarkan memasuki tangki penenang. Usahakan tercapainya muka air yang konstan dengan membuang kelebihan air lewat pipa pembuang sebelah atas.
4. Diamkan air selama 5 menit dan ukur temperatur air dengan memasukkan termometer kedalamnya.
5. Bukalah katup pengontrol aliran sedikit demi sedikit dan aturlah katup jarum pengontrol zat warna sampai tercapai aliran lambat dengan zat warna terlihat jelas.
6. Tentukan besarnya debit yang lewat dengan menampung aliran yang lewat pipa pembuang selama selang waktu tertentu ke dalam gelas ukur.
7. Ulangi prosedur di atas untuk debit  $Q$  yang berubah-ubah dari kecil kebesar hingga tercapai aliran kritik dan aliran turbulen.
8. Kerjakan kebalikan dari proses tersebut diatas untuk debit yang berubah-ubah dari besar ke kecil hingga tercapai aliran kritik dan aliran laminar.
9. Untuk mengamati profil kecepatan, turunkan injektor zat warna kedalam mulut inlet, dan dalam keadaan tidak ada aliran bukalah katup jarum dari reservoir zat warna dan teteskan zat warna dalam air. Bukalah katup pengontrol aliran dan amati tetesan zat
10. Pada setiap akhir percobaan temperatur diukur kembali.
11. Gambarlah grafik hubungan antara kecepatan aliran ( $v$ ) dan bilangan Reynolds ( $Re$ ).



## ANALISA DATA

### 1.2 Tabel Pengamatan

#### 1.2.2 Data Pengamatan Pada Volume Tetap

**Tabel 4.1** Data Pengamatan Pada Volume Tetap

No	Volume	Waktu (s)	Visualisasi
1	0,0005	523	Turbulen
		523	Turbulen
		525	Turbulen
2	0,0005	1356	Laminer
		1355	Laminer
		1354	Laminer

#### 1.2.3 Data Hasil Pengamatan Pada Waktu Tetap

**Tabel 4.2** Data Pengamatan Pada Waktu Tetap

No	Waktu (s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Visualisasi
1	60	0,00012	Transisi
		0,00028	Laminer
		0,0001	Laminer
2	60	0,0001	Laminer
		0,0006	Turbulen
		0,00013	Transisi

## 1.2.4 Menentukan waktu rata rata

1. Untuk data 1

Dik:  $t_1=523$  s

$$t_2=523$$
 s

$$t_3=525$$
 s

dit:  $t_{\text{rata-rata}} = \dots\dots ?$

penye:

$$\begin{aligned} t_{\text{rata-rata}} &= \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \\ &= \frac{523+523+525}{3} \\ &= 523,667 \text{ s} \end{aligned}$$

2. Untuk data 2

Dik:  $t_1=1356$  s

$$t_2=1355$$
 s

$$t_3=1354$$
 s

dit:  $t_{\text{rata-rata}} = \dots\dots ?$

$$\begin{aligned} &= \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \\ &= \frac{1356+1355+1354}{3} \\ &= 1355 \text{ s} \\ &= 1237,567 \text{ s} \end{aligned}$$

## 4.2 Perhitungan Pada Volume Tetap

### 4.2.1 Untuk Volume $0.0005 \text{ m}^3$

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v=0.0005 \text{ m}^3$

$$t=523,667 \text{ s}$$

dit:  $Q = \dots\dots ?$

penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,0005}{523,776} \\ &= 9,548.10^{-7} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q=9,548 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$

$$d=0,01 \text{ m}$$

dit:  $v=\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{d} \\ &= \frac{0,0005}{523,776} \\ &= 1,216 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \end{aligned}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v=1,216 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$$d=0,01 \text{ m}$$

$$T=30,3^\circ\text{C}$$

Dit:  $Re=\dots\dots?$

Penye:

$$\begin{array}{l} T (^{\circ}\text{C}) \quad \quad V (\text{m}^2/\text{s}) \\ \frac{30,3 - 30}{35 - 30} = \frac{x - 0,798 \cdot 10^{-6}}{0,719 \cdot 10^{-6} - 0,798 \cdot 10^{-6}} \\ \frac{0,3}{5} = \frac{x - 0,798 \cdot 10^{-6}}{-0,079 \cdot 10^{-6}} \quad 0,719 \cdot 10^{-6} \\ 0,3 (-0,079 \cdot 10^{-6}) = 5 (x - 0,798 \cdot 10^{-6}) \\ -2,37 \cdot 10^{-8} = 5x - 3,99 \cdot 10^{-6} \\ 5x = 3,99 \cdot 10^{-6} - 2,37 \cdot 10^{-8} \\ 5x = 3,9663 \cdot 10^{-6} \\ x = \frac{3,9663 \cdot 10^{-6}}{5} \\ x = 7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \\ Re = \frac{v \cdot d}{m} \\ \frac{1,216 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}} \\ = 153,331 \end{array}$$

$Re < 2,300$  maka aliran ini adalah aliran laminar

d. menentukan koefisien gesek (f)

dik:  $Re=153,331$

dit:  $f = \dots?$

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$
$$= \frac{64}{153,331}$$
$$= 0,417$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $F=0,417$

$v=1,216 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$T=30,3^\circ\text{C}$

Dit:  $\tau = \dots?$

Penye:

$T (^{\circ}\text{C})$	$\rho(\text{kg/m}^3)$
30	995,68
30,3	x
35	994,06

$$\frac{30,3-30}{35-30} = \frac{x-995,68}{994,06-995,68}$$

$$\frac{0,3}{5} = \frac{x-995,68}{-1,62}$$

$$0,3 (-1,62) = 5 (x-995,68)$$

$$-0,486 = 5x - 4978,4$$

$$5x = 4978,4 - 0,486$$

$$5x = 4977,914$$

$$x = \frac{4977,914}{5}$$

$$x = 995,583 \text{ kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{1}{8} \cdot F \cdot \rho \cdot v^2$$

$$\frac{1}{8} \cdot 0,417 \cdot 995,583 \cdot (1,216 \cdot 10^{-2})^2$$

$$7,685 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^2$$

2. untuk data 2

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v=0,0005 \text{ m}^3$

$$t_{\text{rata-rata}}=1355 \text{ s}$$

dit:  $Q=\dots\dots?$

penye:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$= \frac{0,0005}{1355}$$

$$3,690 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q=3,690 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$

$$d=0,01 \text{ m}$$

dit:  $v=\dots\dots?$

penye:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{3,690 \cdot 10^{-7}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2}$$

$$=4,701 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v=4,701 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

$$d=0,01 \text{ m}$$

$$\rho=7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

dit:  $Re=\dots\dots?$

penye:

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$$= \frac{4,933 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}}$$

$$=59,258$$

$Re < 2000$  maka aliran ini adalah aliran laminar

d. menentukan koefisien geser (f)

dik:  $Re=59,258$

dit:  $f=.....?$

penye:

$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{Re} \\ &= \frac{64}{59,258} \\ &= 1,080 \end{aligned}$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $f=1,080$

$v=4,701 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

$\rho=995,583 \text{ kg/m}^3$

dit:  $\tau=.....?$

penye:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1,080 \cdot 995,583 \cdot (4,701 \cdot 10^{-3})^2 \\ &= 2,970 \cdot 10 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

### 4.3 Perhitungan Pada Waktu Tetap

#### 4.3.1 Untuk Waktu 60 detik

1. untuk data 1

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v=0,00012 \text{ m}^3$

$t_{\text{rata-rata}}=60 \text{ s}$

dit:  $Q=.....?$

penye:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,00012}{60} \\ &= 2000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. menentukan kecepatan ( $v$ )

dik:  $Q=2,000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$d=0,01 \text{ m}$

dit:  $v=\dots\dots?$

penye:

$$v = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{4,667 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2}$$
$$= 0,025 \text{ m/s}$$

c. menentukan bilangan Reynold ( $Re$ )

dik:  $v=0,025 \text{ m/s}$

$d=0,01 \text{ m}$

$\mu=7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

dit:  $Re=\dots\dots?$

penye:

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$
$$= \frac{0,025 \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}}$$
$$= 321,177$$

d. menentukan koefisien geser ( $f$ )

dik:  $Re=324,177$

dit:  $f=\dots\dots?$

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$
$$= \frac{64}{324,177}$$
$$= 0,199$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $f=0.199$

$v=0,548 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$\rho=995,583 \text{ kg/m}^3$

dit:  $\tau=\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 0,199.995,583 (0,548.10^{-2})^2 \\ &= 1,610.10^{-2} \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

2. untuk data 2

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v=0,00028 \text{ m}^3$

$t_{\text{rata-rata}}=60 \text{ s}$

dit:  $Q=\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,00028}{60} \\ &= 4,667.10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q=4,667.10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$d=0,01 \text{ m}$

dit:  $v=\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{4,667.10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2} \\ &= 0,059 \text{ m/s}\end{aligned}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v=0,059 \text{ m/s}$

$d=0,01 \text{ m}$

$\mu=7,933.10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

dit:  $Re=\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}Re &= \frac{vd}{\mu} \\ &= \frac{0,059 \cdot 0,01}{7,933.10^{-7}}\end{aligned}$$



$$=749,414$$

d. menentukan koefisien geser (f)

dik:  $Re=749,414$

dit:  $f=.....?$

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$
$$= \frac{64}{749,414}$$
$$=0,065$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $f=0.085$

$$v=5,945 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\rho=995,583 \text{ kg/m}^3$$

dit:  $\tau=.....?$

penye:

$$\tau = \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2$$
$$= \frac{1}{8} \cdot 0,085 \cdot 995,583 (5,945 \cdot 10^{-2})^2$$
$$=5,756 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$$

#### 4.3.2 untuk waktu 60 detik

1. untuk data 1

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v=0,0001 \text{ m}^3$

$$t_{\text{rata-rata}}=60 \text{ s}$$

dit:  $Q=.....?$

penye:

$$Q = \frac{v}{t}$$
$$= \frac{0,0001}{60}$$
$$=1,667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q=1,667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$$d=0,01 \text{ m}$$

$$\text{dit: } v=\dots\dots?$$

penye:

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,667 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2} \\ &= 2,123 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \end{aligned}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

$$\text{dik: } v=2,123 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$d=0,01 \text{ m}$$

$$\mu=7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{dit: } Re=\dots\dots?$$

penye:

$$\begin{aligned} Re &= \frac{vd}{\mu} \\ &= \frac{2,123 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}} \\ &= 267,648 \end{aligned}$$

Re < 2300 maka aliran ini adalah aliran laminar

d. menentukan koefisien geser (f)

$$\text{dik: } Re=267,648$$

$$\text{dit: } f=\dots\dots?$$

penye:

$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{Re} \\ &= \frac{64}{267,648} \\ &= 0,239 \end{aligned}$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

$$\text{dik: } f=0,239$$

$$v=2,123 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\rho=995,583 \text{ kg/m}^3$$

dit:  $\tau = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 0.239.99,583 (2,123 \cdot 10^{-2})^2 \\ &= 1,341 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

2. untuk data 2

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v = 0,0006 \text{ m}^3$

$t_{\text{rata-rata}} = 60 \text{ s}$

dit:  $Q = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,0006}{60} \\ &= 1,000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q = 1,000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$d = 0,01 \text{ m}$

dit:  $v = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,000 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2} \\ &= 1,274 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}\end{aligned}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v = 1,274 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$d = 0,01 \text{ m}$

$\mu = 7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

dit:  $Re = \dots\dots\dots?$

penye:

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$$\frac{1,274 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}}$$

$$=160,509$$

Re < 2300 maka aliran ini dalam aliran laminar

d. menentukan koefisien geser (f)

dik: Re=160,509

dit: f=.....?

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{160,509}$$

$$=0,399$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik: f=0,399

v=0,0127 m/s

$\rho=995,583 \text{ kg/m}^3$

dit:  $\tau=.....?$

penye:

$$\tau = \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 0,399 \cdot 995,583 \cdot (0,0127)^2$$

$$=8,048 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^2$$

### 4.3.3 untuk waktu 60 detik

1. untuk data 1

a. menentukan debit (Q)

dik: v=0,00013 m<sup>3</sup>

t<sub>rata-rata</sub>=60 s

dit: Q=.....?

penye:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$\frac{0,00013}{60}$$

$$=2,167 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q=2,167 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$d=0,01 \text{ m}$

dit:  $v=\dots\dots?$

penye:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{2,167 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2}$$

$$=2,760 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v=0,028 \text{ m/s}$

$d=0,01 \text{ m}$

$\mu=7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

dit:  $Re=\dots\dots?$

penye:

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$$= \frac{0,028 \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}}$$

$$=347,942$$

$Re < 2300$  maka aliran ini dalah aliran laminer

d. menentukan koefisien geser (f)

dik:  $Re=347,942$

dit:  $f=\dots\dots?$

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{347,942}$$

$$=0,184$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $f=0,184$

$v=2,76 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$$\rho = 995,583 \text{ kg/m}^3$$

dit:  $\tau = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 0,184 \cdot 995,583 (2,76 \cdot 10^{-2})^2 \\ &= 1,744 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

2. untuk data 2

a. menentukan debit (Q)

dik:  $v = 0,0001 \text{ m}^3$

$$t_{\text{rata-rata}} = 60 \text{ s}$$

dit:  $Q = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,0001}{60} \\ &= 1,667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. menentukan kecepatan (v)

dik:  $Q = 1,667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

dit:  $v = \dots\dots\dots?$

penye:

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,667 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,01^2} \\ &= 2,123 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}\end{aligned}$$

c. menentukan bilangan Reynold (Re)

dik:  $v = 2,123 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$\mu = 7,933 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

dit:  $Re = \dots\dots\dots?$

penye:

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$$= \frac{2,123 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01}{7,933 \cdot 10^{-7}}$$

$$= 267,648$$

$Re < 2300$  maka aliran ini adalah aliran laminar

d. menentukan koefisien geser ( $f$ )

dik:  $Re = 267,648$

dit:  $f = \dots\dots?$

penye:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{267,648}$$

$$= 0,239$$

e. menentukan tegangan geser ( $\tau$ )

dik:  $f = 0,239$

$v = 2,123 \cdot 10^{-2}$  m/s

$\rho = 995,583$  kg/m<sup>3</sup>

dit:  $\tau = \dots\dots?$

penye:

$$\tau = \frac{1}{8} \cdot f \cdot \rho \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 0,239 \cdot 995,583 \cdot (2,123 \cdot 10^{-2})^2$$

$$= 1,341 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$$

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Untuk Volume Tetap

No	Volume (m <sup>3</sup> )	Waktu (s)		Q (m <sup>3</sup> )	V (m/s)	Re	F	τ (N/m <sup>2</sup> )	visualisasi
		t	T <sub>rata-rata</sub>						
1	0,0005	523		9,548.10 <sup>-7</sup>	1,126.10 <sup>-2</sup>	135,331	0,417	7,685.10 <sup>-3</sup>	Laminer
		523	523,667						
		1356							
2	0,0005	1354	1355	3,690.10 <sup>-7</sup>	4,701.10 <sup>-3</sup>	59,258	1,080	2,970.10 <sup>-3</sup>	Laminer
		1236							

Sumber: hasil perhitungan analisa data.



Tabel 4.4 Reapitulasi Hasil Perhitungan Untuk Waktu Tetap

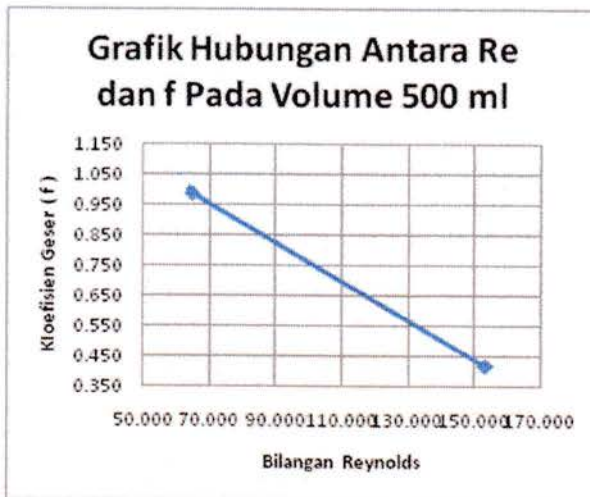
No	Waktu (s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Re	F	$\tau$ (N/m <sup>2</sup> )	visual
1	60	0,00012	$2,000 \cdot 10^{-6}$	$2,540 \cdot 10^{-2}$	321,177	0,199	$1,610 \cdot 10^{-2}$	Laminar
		0,00028	$4,667 \cdot 10^{-6}$	$2,945 \cdot 10^{-2}$	749,414	0,085	$3,756 \cdot 10^{-2}$	Laminar
		0,00010	$1,667 \cdot 10^{-6}$	$2,123 \cdot 10^{-2}$	267,648	0,239	$1,341 \cdot 10^{-2}$	Laminar
2	60	0,00010	$1,667 \cdot 10^{-6}$	$2,123 \cdot 10^{-2}$	160,589	0,239	$1,341 \cdot 10^{-2}$	Laminar
		0,0006	$1000 \cdot 10^{-6}$	$1,274 \cdot 10^{-2}$	347,942	0,399	$8,048 \cdot 10^{-2}$	Laminar
		0,00013	$2,167 \cdot 10^{-6}$	$2,760 \cdot 10^{-2}$	347,942	0,184	$1,744 \cdot 10^{-2}$	Laminar

(Sumber: Hasil perhitungan analisa data)

## Grafik Hubungan Re dan f

### 4.4.1 Grafik Hubungan Re dan f Pada Volume Tetap 500 ml

Re	F
153,331	0,417
59,258	1,000

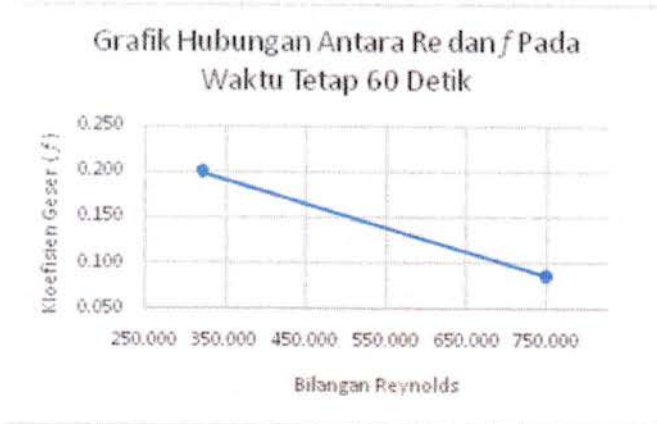


Grafik hubungan Re dan f pada volume tetap 500 ml

Grafik tersebut menjelaskan hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dan Koefisien geser (f). Bilangan Reynolds berada pada sumbu x dan koefisien geser berada pada sumbu y. Pada grafik terlihat bahwa grafik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena bilangan Reynolds (re) dan koefisien geser (f) berbanding terbalik. Semakin besar nilai Re, maka nilai f akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya apabila nilai Re kecil maka nilai f akan semakin besar. Pada nilai Re = 153,331 memiliki nilai f = 0,417. Pada nilai Re = 59,258 memiliki nilai f = 1,000. Pada nilai

#### 4.4.2 Grafik Hubungan Antara Re dan f Pada Waktu Tetap 60 detik

Re	F
321,177	0,199
749,414	0,085

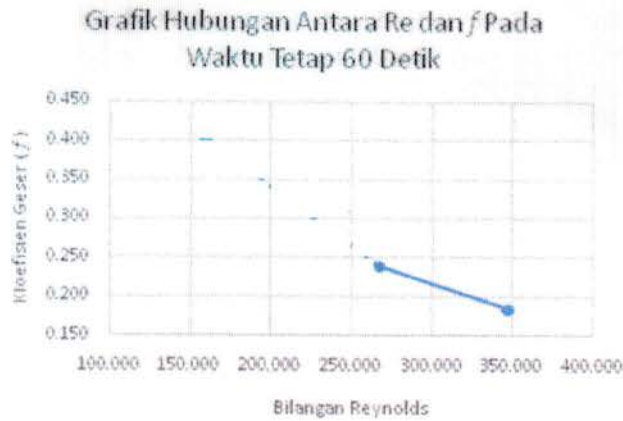


Grafik hubungan Re dan f pada waktu tetap 60 detik

Grafik tersebut menjelaskan hubungan antara bilangan Reynolds ( $Re$ ) dan Koefisien geser ( $f$ ). Bilangan Reynolds berada pada sumbu x dan koefisien geser berada pada sumbu y. Pada grafik terlihat bahwa grafik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena bilangan Reynolds ( $re$ ) dan koefisien geser ( $f$ ) berbanding terbalik. Semakin besar nilai  $Re$ , maka nilai  $f$  akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya apabila nilai  $Re$  kecil maka nilai  $f$  akan semakin besar. Pada nilai  $Re = 321,177$  memiliki nilai  $f = 0,199$ . Pada nilai  $Re = 749,414$  memiliki nilai  $f = 0,085$ .

#### 4.4.3 Grafik Hubungan Antara Re dan f Pada Waktu Tetap 60detik

Re	F
267,648	0,239
160,589	0,399

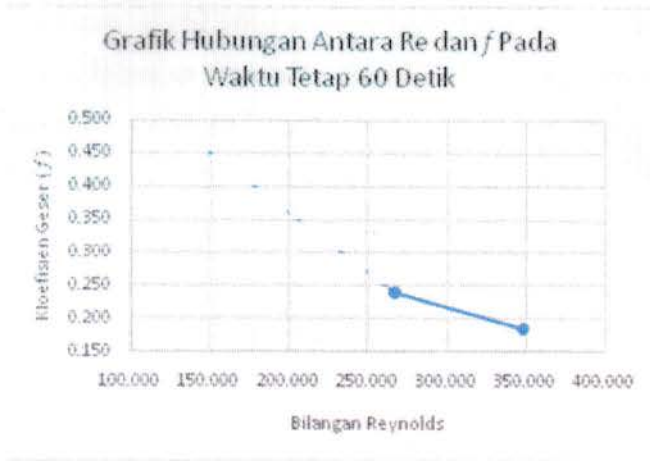


**Grafik hubungan Re dan f pada waktu tetap 60 detik**

Grafik tersebut menjelaskan hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dan Koefisien geser (f). Bilangan Reynolds berada pada sumbu x dan koefisien geser berada pada sumbu y. Pada grafik terlihat bahwa grafik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena bilangan Reynolds (re) dan koefisien geser (f) berbanding terbalik. Semakin besar nilai Re, maka nilai f akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya apabila nilai Re kecil maka nilai f akan semakin besar. Pada nilai  $Re = 267,648$  memiliki nilai  $f = 0,239$ . Pada nilai  $Re = 160,589$  memiliki nilai  $f = 0,399$ .

#### **4.4.4 Grafik Hubungan Antara Re dan f Pada Waktu Tetap 60 detik**

<b>Re</b>	<b>F</b>
<b>347,942</b>	<b>0,184</b>
<b>267,648</b>	<b>0,239</b>



**Gambar 4.4.**

Grafik hubungan Re dan f pada waktu tetap 60 detik

Grafik tersebut menjelaskan hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dan Koefisien geser (f). Bilangan Reynolds berada pada sumbu x dan koefisien geser berada pada sumbu y. Pada grafik terlihat bahwa grafik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena bilangan Reynolds (re) dan koefisien geser (f) berbanding terbalik. Semakin besar nilai Re, maka nilai f akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya apabila nilai Re kecil maka nilai f akan semakin besar. Pada nilai  $Re = 347,942$  memiliki nilai  $f = 0,184$ . Pada nilai  $Re = 267,648$  memiliki nilai  $f = 0,239$ .

#### 4. 5 Pembahasan

Percobaan kali ini berjudul Osborne Reynold . osborne reynold adalah alat yang menentukan karakteristik aliran yang sangat bergantung pada zat cair atau sifat it sendiri. Bilangan Reynolds adalah suatu kriteria tertentu yang digunakan dalam menentukan aliran fluida yang parameternya yaitu.

(1)Kecepatan aliran rata-rata , (2) Diameter pipa, (3) Kekentalan kinematik fluida. Dan ada tiga jenis aliran fluida yang dapat mempengaruhi bilangan Reynold yaitu aliran laminar, aliran Turbulen, dan aliran Transisi.

Dari percobaan ini kami dari kelompok I melakukan percobaan dengan volume tetap dan waktu tetap yang menjadi tujuan kami. Dalam volume tetap sebesar 500 ml dan waktu yang di dapatkan  $t_1=523,667$  s,  $t_2=1356$  s,  $t_3=1237,667$  s

untuk data 1 dimana  $t_1=523,667$  s diperoleh  $Q=9,548.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s, kecepatan  $(v)=1,216.10^{-2}$  m/s, bilangan Reynolds  $(Re)=153,331$ , koefisien gesek  $(f)=0,417$  dan tegangan geser  $(\tau)=7,685.10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>.

Untuk data 2 dimana  $t=1355$  diperoleh debit  $(a)=3,690.10^{-7}$  m<sup>3</sup>/s kecepatan  $(v)=4,70.10^{-3}$  m/s<sup>2</sup> bilangan  $(Re)=59,258$ , koefisien gesek  $(f)=1,000$  dan twgangan geser  $(\tau)=2,970.10^{-3}$  N/m<sup>2</sup>

Untuk waktu tetap  $(t)=60$  s, dimana volume  $(v_1)$  120 ml,  $v_2=280$  ml,  $v_3=100$  ml di peroleh hasil pada waktu 60 s.

Untuk data 1 dimana volume 120 ml. Debit  $(Q)=2,00.10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s. Kecepatan  $v=2,590.10^{-3}$  m/s, bilangan Reynold  $(Re)=321,117$ , koefisien gesek  $(f)=0,09$  dan tegangan geser  $(\tau)=1,610.10^{-2}$  m/s<sup>2</sup>

untuk data 2 dimana volume  $(v)=280$  ml, besar debit  $(Q)=4,667.10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s, kecepatan  $(v)=280$  ml, bilangan Reynold  $(Re)=749,414$ , koefisien gesek  $(f)=0,085$ , dan tegangan geser  $(\tau)=3,756.10^{-2}$  N/m<sup>2</sup>

Untuk waktu tetap  $=60$  s, dimana  $v_1=100$  ml,  $v_2=6$ ml, dan  $v_3=130$  ml, diperoleh hasil pada 60 s

untuk data 1 diaman volume 100 ml, debit  $(Q)=1,667.10^{-3}$ , kecepatan  $(v)=2,123$  m/s, Bilangan Reynold  $(Re)=267,648$ , koefisien geser  $(f)=0,239$  dan tegangan geser  $(\tau)=1,341.10^{-3}$  N/m<sup>3</sup>.

Untuk data 2 diaman volume 60 ml, debit  $(Q)=1,000.10^{-3}$ , kecepatan  $(v)=1,274.10^{-2}$  m/s, Bilangan Reynold  $(Re)=160,589$ , koefisien geser  $(f)=0,399$  dan tegangan geser  $(\tau)=8,240.10^{-3}$  N/m<sup>3</sup>.

Untuk 60 s diman volume  $V_1=130$  ml,  $V_2=100$  ml,  $V_3=50$  ml diperoleh hasil untuk 60 s.

untuk data 1 diaman volume 130 ml, debit  $(Q)=2,167.10^{-6}$ , kecepatan  $(v)=2,760$  m/s, Bilangan Reynold  $(Re)=347,942$ , koefisien geser  $(f)=1667.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s dan tegangan geser  $(\tau)=1,341.10^{-3}$  N/m<sup>3</sup>.

untuk data 2 diaman volume 100 ml, debit  $(Q)=8,333.10^{-3}$ , kecepatan  $(v)=2,123$  m/s, Bilangan Reynold  $(Re)=267,648$ , koefisien geser  $(f)=0,239$  dan tegangan geser  $(\tau)=1,341.10^{-3}$  N/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan hasil analisa data, secara pembahasan yang telah dilakukan nilai debit  $(Q)$  sangat bergantung pada volume aliran  $(V)$  dan waktu  $(t)$ . Selain besar

volumenya maka debit yang dihasilkan juga akan bertambah besar. Semakin besar waktu yang dihasilkan maka nilai debit aliran tersebut akan bertambah kecil. Kecepatan aliran ditentukan oleh nilai dari debit ( $Q$ ) dan luas penampang pipa, maka nilai kecepatan dari aliran tersebut akan semakin kecil, adapun bilangan Reynold ditentukan oleh besar kecilnya nilai kecepatan aliran ( $V$ ) diameter pipa ( $d$ ) dan viskositas kinematik dari aliran tersebut semakin besar nilai kecepatan aliran dan diameter pipa, maka nilai bilangan Reynold akan semakin besar dan viskositas kinematik berbanding terbalik dengan bilangan Reynold. Selain itu bilangan Reynold juga mempengaruhi besar kecilnya koefisien geser ( $f$ ) dan tegangan geser ( $\tau$ ) aliran. Semakin besar nilai bilangan Reynolds, maka nilai  $f$  dan  $\tau$  akan semakin kecil begitu juga sebaliknya.

## BAB V

### DEAD WEIGHT PRESSURE GAUGE CALIBRATOR

#### 5. 1 Tujuan

Setelah mengikuti praktikum materi Kalibrasi Tekanan, peserta pelatihan mampu:

- a. Mengetahui range kerja alat ukur tekanan
- b. Melakukan instalasi pemasangan alat ukur tekanan
- c. Melaksanakan kalibrasi tekanan
- d. Menghitung eror alat ukur tekanan
- e. Mengetahui baik dan tidaknya alat ukur
- f. Membedakan antara tekanan atmosphere, tekanan absolute, dan tekanan vacuum
- g. Bahan / Reagen

Kebutuhan bahan untuk satu kali praktikum (5 orang praktikan) yaitu sebagai berikut:

#### 5. 2 Peralatan

- a. Dead Weight Tester (DWT)
- b. Beban Dead Weight Tester (DWT)
- c. Pressure Gauge
- d. Meja kerja untuk menempatkan DWT
- e. Kombinasi konektor
- f. Pipet / botol untuk tuang oli

#### 5. 3 Dasar Teori

Ada tiga (3) macam skala untuk pengukuran tekanan, yaitu:

- a. Gauge pressure scale
- b. Absolute pressure gauge
- c. Vacuum pressure scale

Perbedaan antara gauge pressure scale dengan absolute pressure scale adalah terletak pada lokasi titik nolnya. Pada gauge pressure scale titik nolnya adalah pada tekanan atmosfer, pada absolute pressure scale titik nolnya pada

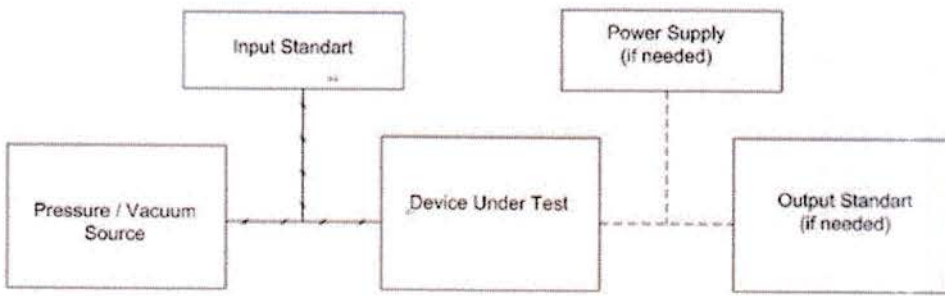


absolute zero pressure point. Vacuum scale mempunyai titik nol pada tekanan atmosphere dan titik maksimumnya berada pada absolute zero pressure point. Jadi dengan demikian skalaskala digunakan untuk menunjukkan tekanan gauge negative. Tekanan atmosphere adalah tekanan yang ada dipermukaan bumi dan bervariasi karena ketinggian dari permukaan air laut.

Gauge pressure adalah tekanan yang terbaca pada alat ukur. Absolute pressure adalah tekanan yang diukur mulai dari titik nol absolute. Jika tekanan ini melebihi tekanan atmosphere local maka tekanan ini dapat dinyatakan sebagai jumlah dari tekanan atmosphere local dengan tekanan gauge.

Tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya berat persatuan luas.  $P = F/A$

#### 5. 4 Langkah Kerja



- Input standart (test gauge/master), yaitu beban DWT yang telah dikalibrasi oleh lembaga kalibrasi (lembaga yang telah terakreditasi oleh KAN)
- Pressure / vacuum source, yaitu sumber tenaga yang digunakan untuk menaikkan tekanan, mengurangi tekanan (dalam hal Dead Weight Tester / DWT)
- Device under test (UUT / Unit Under Test), yaitu pressure gauge (alat ukur) yang akan dikalibrasi.

#### 5. 5 Perhitungan

Untuk perhitungan yang dilakukan pada saat pekerjaan kalibrasi pressure gauge biasanya berupa konversi dari psi ke  $\text{kg/cm}^2$ , atau dari bar ke  $\text{kg/cm}^2$ . Dan menghitung selisih antara alat ukur standart dengan alat ukur yang dikalibrasi, yaitu  $\text{error} = \text{alat ukur standart} - \text{penunjukkan alat ukur yang dikalibrasi}$ .

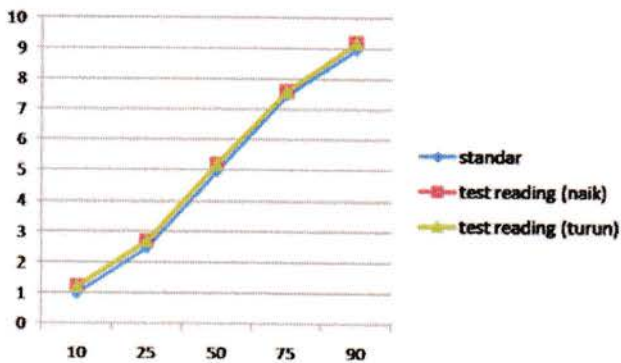
## Tugas

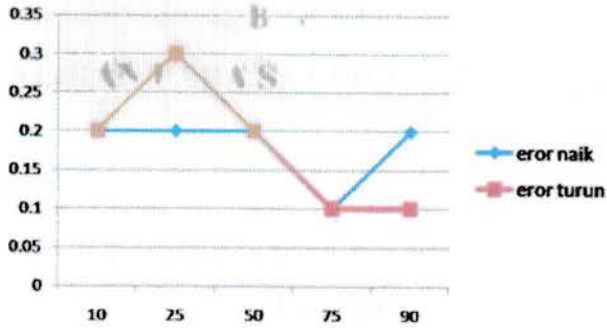
- Menghitung ulang hasil percobaan supaya didapat hasil yang baik
- Membuat laporan hasil pekerjaan kalibrasi pressure gauge.

### 5. 6 Data Hasil Praktikum

Kalibrasi pressure gauge akan menghasilkan data dan laporan hasil pekerjaan pressure gauge. Data dapat berupa data mentah yang memerlukan konversi yang benar, dan data dari masing-masing titik percobaan serta masing-masing pengulangan.

Test Point (%)	As-found data					
	Test Standar Reading (psi)	Unit Under Test Reading (Naik)	Error (naik)	Unit Under Test Readig (Turun)	Error (turun)	Hysteresis Error (% psi)
10	1	1.2	0.2	1.2	0.2	0
25	2.5	2.7	0.2	2.7	0.3	0.5
50	5	5.2	0.2	5.2	0.2	0
75	7.5	7.6	0.1	7.6	0.1	0
90	9	9.2	0.2	9.2	0.1	0.5





## 5. 7 Pembahasan dan Kesimpulan

Pada percobaan pressure gauge ini didapatkan data bahwa antara pressure gauge yang akan dikalibrasi dengan pressure gauge yang sudah standar nilainya memiliki perbedaan yang kecil, yaitu antara 0,1 sampai 0,3 psi. Dengan pengambilan data dengan diberikan tekanan dari kecil ke besar dan sebaliknya, sehingga didapatkan data perbedaan dari keduanya. Didapatkan data hysteresis eror yang cukup besar yaitu sekitar 0 – 0,5 %. Untuk menentukan pressure gauge tersebut dapat dikalibrasi atau tidak adalah dengan memberikan tekanan yang melebihi dari nilai pressure gauge tersebut dan apakah terdapat perbedaan yang besar atau tidak. Dengan cara manual yaitu melepas jarum pointer pada pressure gauge yang akan dikalibrasi dan dipasang kembali sesuai dengan besar pressure gauge yang sudah standar.

## **ALIRAN PADA SALURAN TERBUKA**

### **6. 1 Maksud dan Tujuan**

Maksud dan tujuan praktikum aliran pada saluran terbuka adalah:

- Membuktikan cara perhitungan debit aliran saluran terbuka.
- Membandingkan gaya hasil percobaan dengan teori penentuan alat ukur debit.

### **6. 2 Dasar Teori**

Besarnya aliran air di saluran bersifat *uniform stedy flow* dirumuskan dengan persamaan :  $Q = A \times v \dots\dots\dots(7.1)$

- dimana :
- $Q =$  debit aliran ( $m^3/detik$ )
  - $v =$  kecepatan aliran ( $m/detik$ )
  - $A =$  luas penampang basah ( $m^2$ )

Nilai putaran :

- $n < 1,65 \quad \rightarrow \quad v = 0,061.n + 0,0128$
- $1,65 < n < 3,66 \quad \rightarrow \quad v = 0,0599.n + 0,0146$
- $n > 3,66 \quad \rightarrow \quad v = 0,0523.n + 0,0425$

- dimana :
- $n =$  jumlah rerata putaran baling-baling per detik
  - $v =$  kecepatan aliran ( $m/detik$ )

*Sumber : (Bambang Triatmojo, Hidraulika I, 1993, hal. 135)*

Besarnya aliran dipengaruhi oleh kekasaran dinding media/saluran yang disebut manning ( $n$ ) atau strikler ( $k = \frac{1}{n}$ ). Penentuan besarnya koefisien kekasaran manning biasanya dilakukan dengan mengasumsi sesuai hasil penyelidikan secara empiris.

**Tabel 7.1** Harga koefisien manning

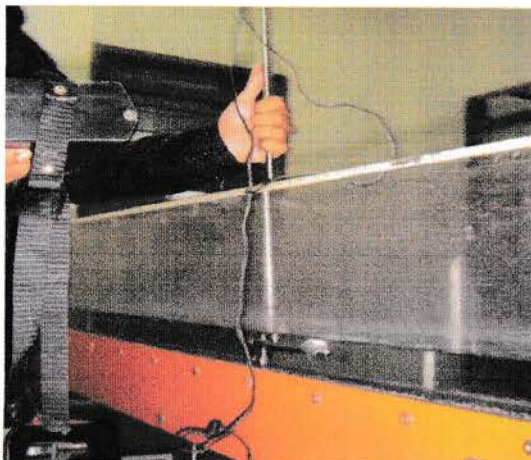
Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tulangan dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada batu padas	0,040

Sumber : (Bambang Triatmojo, Hidraulika II, 1993, hal.113)

**a. Alat yang digunakan**

Alat yang digunakan pada praktikum aliran pada saluran terbuka adalah sebagai berikut :

- a. Ruas saluran terbuka
- b. Pengukur kecepatan aliran (*current meter*)
- c. Pengukur waktu (*stop watch*)
- d. *Point gauge*
- e. Alat ukur debit (AUD)



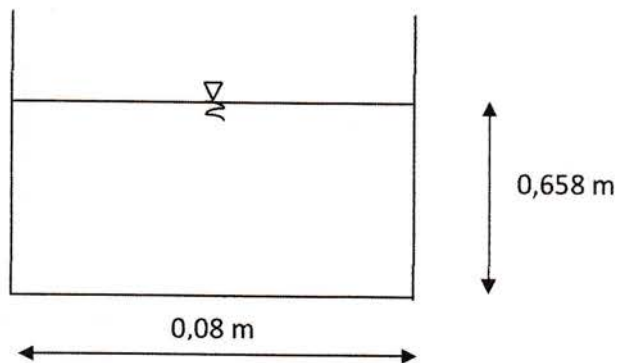
### b. Cara Kerja

Cara melakukan praktikum adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan ruas saluran pada suatu segmen dengan panjang sekitar 0,5-1 m untuk dioperasikan.
2. Menyiapkan alat ukur untuk menginventarisasi ruas saluran (panjang dan trase saluran).
3. Membuat sket ruas saluran dan menggambar pada kertas ukuran A4.
4. Dengan *current meter* dilaksanakan pada tiga titik yaitu : di tengah saluran, samping kiri, dan samping kanan saluran. Masing-masing titik diukur dengan tiga kedalaman yang berbeda yaitu : di bagian atas, dan bagian bawah aliran untuk memperoleh data  $n_1$  dan  $n_2$
5. Menentukan waktu pengukuran sesuai petunjuk asisten.
6. Inventori penampang basah saluran pada lokasi yang diukur kecepatannya.
7. Jika memungkinkan ulangi prosedur diatas untuk variasi debit yang lain dengan mengatur pintu aliran air.

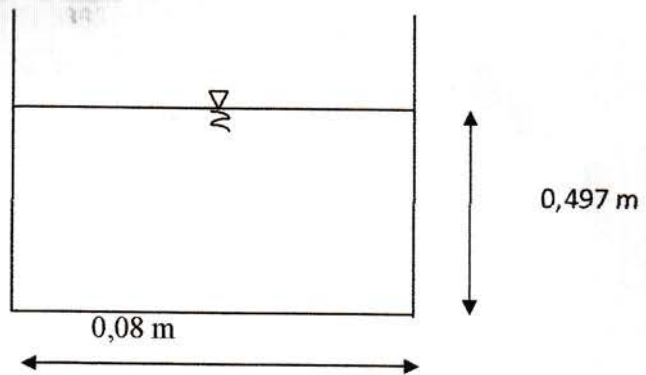
### c. Data Hasil Percobaan

Hasil pengamatan percobaan koefisien limpasan bangunan ukur debit adalah sebagai berikut :



Gambar 7.2 Potongan Melintang Ruas Saluran Hulu

Kiri 27  
25  
30



**Gambar 7.3 Potongan Melintang Ruas Saluran Hilir**

**Tabel 7.2 Pengamatan di Ruas Bagian Hulu**

Lokasi	Bacaan	Pulse	Interval Waktu (detik)
Kanan	n <sub>1</sub>	120	10
	n <sub>2</sub>	74	10
Tengah	n <sub>1</sub>	150	10
	n <sub>2</sub>	134	10
Kiri	n <sub>1</sub>	116	10
	n <sub>2</sub>	98	10
Rata-rata	n <sub>1</sub>	128,6667	10
	n <sub>2</sub>	102	10

**Tabel 7.3 Pengamatan di Ruas Bagian Hilir**

Lokasi	Bacaan	Pulse	Interval Waktu (detik)
Kanan	n <sub>1</sub>	28	10
	n <sub>2</sub>	27	10
Tengah	n <sub>1</sub>	27	10
	n <sub>2</sub>	27	10

Kiri	$n_1$	27	10
	$n_2$	25	10
Rata-rata	$n_1$	27,3333	10
	$n_2$	26,3333	10

Lebar saluran (B) : 0,08 m

Tinggi hulu ( $y_1$ ) : 0,658 m

Tinggi hilir ( $y_2$ ) : 0,497 m

Volume (V) :  $10^{-3} m^3$

Waktu (t) : 10 dt

#### d. Analisis Data

##### 1. Luas saluran bagian hulu

A = lebar hulu x tinggi hulu

$$= 0,078 \text{ m} \times 0,658 \text{ m}$$

$$= 0,0513 \text{ m}^2$$

Q = A x v

$$= 0,0513v$$

Rata-rata

$$n_1 = \frac{\text{kanan} + \text{tengah} + \text{kiri}}{3}$$

$$n_1 = \frac{120 + 150 + 116}{3}$$

$$n_1 = 128,6667$$

$$n_2 = \frac{\text{kanan} + \text{tengah} + \text{kiri}}{3}$$

$$n_2 = \frac{74 + 134 + 98}{3}$$

$$n_2 = 102$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{n_1 + n_2}{2}$$



$$\frac{\text{kanan} + \text{tengah} + \text{kiri}}{3} = \frac{128,6667 + 102}{3}$$

$$= 115,334$$

Sehingga putaran per detik =  $\frac{\text{Rata - rata}}{\text{Waktu}}$

$$= \frac{115,3334}{10}$$

$$= 11,5334 \text{ putaran/detik}$$

Kecepatan aliran

Karena  $n = 11,5334$

Maka

$$v = 0,0523 \cdot n + 0,0425$$

$$v = 0,0523(11,5334) + 0,0425$$

$$v = 0,6457 \text{ m/detik}$$

Debit Aliran

$$Q = 0,0513v$$

$$Q = 0,0513 \times 0,6457$$

$$Q = 0,0331 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Luas saluran bagian hilir

$A = \text{lebar hilir} \times \text{tinggi hilir}$

$$= 0,08 \text{ m} \times 0,49 \text{ m}$$

$$= 0,0392 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v$$

$$= 0,0392v$$

Rata-rata

$$n_1 = \frac{\text{kanan} + \text{tengah} + \text{kiri}}{3}$$

$$n_1 = \frac{28 + 27 + 27}{3}$$

$$n_1 = 27,3333$$

$$n_2 = \frac{W_{kanan} + \text{tengah} + \text{kiri}}{3}$$

$$n_2 = \frac{27 + 27 + 25}{3}$$

$$n_2 = 26,3333$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{n_1 + n_2}{2} \\ &= \frac{27,3333 + 26,3333}{2} \\ &= 26,8333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga putaran per detik} &= \frac{\text{Rata-rata}}{\text{Waktu}} \\ &= \frac{26,8333}{10} \\ &= 2,6833 \text{ putaran/detik} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran

Karena  $n = 2,6833$

Maka

$$v = 0,0599 \cdot n + 0,0146$$

$$v = 0,0599(2,6833) + 0,0146$$

$$v = 0,1753 \text{ m/detik}$$

Debit Aliran

$$Q = 0,0392v$$

$$Q = 0,0392 \times 0,1753$$

$$Q = 0,0069 \text{ m}^3/\text{detik}$$

3. Nilai  $Q_{\text{current rata-rata}}$

$$\begin{aligned} Q_{\text{current rata-rata}} &= \frac{Q_{\text{hulu}} - Q_{\text{hilir}}}{2} \\ &= \frac{0,0331 - 0,0069}{2} \\ &= 0,02 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4. Dari Alat Ukur Debit (AUD) didapat :

$$\text{Volume} = 10 \text{ liter}$$

$$= 0,01 \text{ m}^3$$

Waktu = 10 detik

$$Q_{AUD} = \frac{Volume}{Waktu}$$

$$= \frac{0,01}{10}$$

$$= 0,001 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perbandingan debit *current meter* dengan debit AUD

$$= \frac{Q_{\text{current rata-rata}}}{Q_{AUD}}$$

$$= \frac{0,02}{0,001}$$

$$= 20$$

### e. Pembahasan

**Tabel 7.4** Hasil perhitungan ruas saluran

No	Bagian Ruas Saluran	A (m <sup>2</sup> )	n (putaran/dt)	v (m/detik)	Q current m <sup>3</sup> /detik
1.	Hulu	0,0513	11,5334	0,6457	0,0331
2.	Hilir	0,0392	2,6833	0,1753	0,0069

Dari hasil percobaan, didapat perbandingan antara  $Q_{\text{Current rata-rata}}$  dengan  $Q_{AUD}$  adalah 20. Perhitungan ini kurang tepat, hal tersebut terjadi karena beberapa faktor antara lain :

1. Debit pompa tidak stabil.
2. Ketidaktepatan praktikan saat menghentikan waktu dengan *stop watch* saat perhitungan debit dengan AUD

### f. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kecepatan di saluran bagian hilir akan lebih besar jika dibandingkan dengan di bagian hulu.
2. Besarnya aliran dipengaruhi oleh dinding saluran yang dilewatkan, semakin kasar dinding saluran alirannya semakin kecil.
3. Aliran paling besar terjadi di bagian kanan saluran.

## PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat kami peroleh dari percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Bilangan Reynolds yang kami dapat dalam percobaan ini adalah data volume tetap 500 ml yaitu  $Re_1 = 153,331$ ,  $Re_2 = 59,258$ , dan waktu tetap 60 detik pertama yaitu  $Re_1 = 321,177$ ,  $Re_2 = 749,414$ . Untuk waktu tetap 60 detik kedua yaitu  $Re_1 = 267,648$ ,  $Re_2 = 160,589$ . Untuk waktu tetap 60 detik ketiga yaitu  $Re_1 = 347,942$ ,  $Re_2 = 267,648$ ,
2. Koefisien geser yang kami dapat dari percobaan ini adalah data volume tetap 500 ml yaitu  $f_1 = 0,417$ ,  $f_2 = 1,080$  dan. Untuk waktu tetap 60 detik pertama  $f_1 = 0,199$ ,  $f_2 = 0,082$  dan. Untuk waktu tetap 60 detik kedua  $f_1 = 0,0239$ ,  $f_2 = 0,399$  dan. Untuk waktu tetap 60 detik kedua  $f_1 = 0,184$ ,  $f_2 = 0,239$  dan Berdasarkan grafik hubungan antara bilangan Reynolds dengan koefisien geser terlihat berbanding lurus
3. Perbandingan kecocokan atau kesesuaian sifat aliran fluida antara pengamatan secara langsung dengan pengklasifikasian secara perhitungan teoritis adalah tidak cocok. Ini dikarenakan viskositas dari zat warna. Jika zat warna terlalu besar viskositasnya maka zat tersebut akan sulit melalui pipa saluran zat warna dan jika zat pewarnanya terlalu kecil viskositasnya maka alirannya yang akan keluar semakin kecil pula. Selain itu factor lain adalah efisiensi dari kinerja alat tersebut.

### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat saya berikan yaitu hendaknya alat untuk percobaan Osborne Reynolds ini perlu dilakukan perbaikan dan maintenance secara rutin agar efektifitas kerjanya tidak berkurang.