

## PENGUJIAN ALAT UJI *VORTEX* BEBAS DAN *VORTEX* PAKSA

Zainudin<sup>1</sup>, Basuki Rahmat<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Jl. Kampus Abulyatama No. 5  
Batam Center, Batam, 29464, Indonesia

### ABSTRAK

*Vortex* (Posdam, 2014) adalah massa fluida yang partikel bergerak berputar dengan garis arus (*streamline*) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan *vortex* berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antar lapisan fluida yang berdekatan. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa dapat terjadi, dapat diamati dan Menghitung kecepatan fenomena *vortex* yang terjadi pada alat. Pada pengujian *vortex* bebas prosedur pengujiannya adalah, Hidupkan pompa1 (P1), buka katup3 (K3) 30°-45° agar tabung *vortex* terisi air, bila air mencapai 30 cm buka katup2 sebesar 180°, pastikan volume air (konstan), amati fenomena *vortex* yang terjadi, lakukan pengukuran jari-jari pada fenomena *vortex*, catat hasil dari pengukuran  $r_1$ , lakukan pengukuran jari-jari *vortex* pada ketinggian 29cm catat hasil pengukuran ( $r_2$ ). Sedangkan untuk *vortex* paksa prosedurnya adalah, Hidupkan pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2), buka katup 3 dan 4 (K3&K4) 30°-45° agar tabung *vortex* terisi air, bila air sudah mencapai 30 cm buka katup2 sebesar 180° (buka penuh), pastikan volume air konstan, amati fenomena *vortex* yang terjadi, lakukan pengukuran jari-jari pada fenomena *vortex*, catat hasil dari pengukuran  $r_1$ , lakukan pengukuran jari-jari *vortex* pada ketinggian 29cm catat hasil pengukuran ( $r_2$ ). Hasil dari perhitungan jari-jari *vortex* adalah 0,0256205 m, sedangkan hasil dari koefisiennya adalah 0.070899 m<sup>2</sup>/detik dan hasil kecepataannya adalah 0,3613661 m/detik. Kesimpulan dalam pengujian alat uji *vortex*, hubungan antara jari-jari *vortex* dan kecepatan *vortex* adalah apabila jari-jari *vortex* semakin besar, maka kecepatan *vortex* semakin kecil, begitu juga dengan sebaliknya apabila jari-jari *vortex* semakin kecil, maka kecepatan fenomena *vortex* semakin besar.

Kata kunci : Aliran, *Vortex* bebas, *Vortex* paksa, kecepatan, pengujian.

### ABSTRACT

*Vortex* (Posdam, 2014) is the mass of a fluid particle moves with a rotating flow (*streamline*) form concentric circles. The movement of the rotating *vortex* caused by the difference in speed between adjacent fluid layer. The purpose of this test is to ensure that the phenomenon of free *vortex* and forced *vortex* can occur, can be observed and calculated the speed of the *vortex* phenomena that occur at the appliance. Testing procedure free *vortex* is turn on pump 1 (P1), open valve 3 (K3) 30° - 45° *vortex* tube in order for water, when the water reaches 30 cm open valve 2 of 180°, ensure a constant volume of water, observe the phenomenon of *vortex* happens, perform measurements of the RADIUS on the *vortex* phenomenon, record the results of the measurements of the  $r_1$ , do the measurement of the radius of the *vortex* at the height of the 29cm make a note of the results of measurements ( $r_2$ ). As for the procedure is forced *vortex*, turn on pump 1 (P1) and pump 2 (P2), open valve 3 and 4 (K3 K4 40 &) 30° - 45° *vortex* tube in order for water, when the water has reached 30 cm open katup2 of 180° (full open), ensure a constant volume of water, observe the phenomenon of *vortex* happens, perform measurements of the radius on the *vortex* phenomenon, record the results of the measurements of the  $r_1$ , perform measurements of the radius of the *vortex* at the height of the 29cm make a note of the results of measurements ( $r_2$ ). The result of the calculation of the radius of the *vortex* is 0,0256205 m, while the result of the coefficient is 0.070899 m<sup>2</sup>/s and the results of its velocity is 0,3613661 m/s. Conclusion in testing tools test the *vortex*, the relationship between the RADIUS and the speed of the *vortex* is a *vortex* when the radius of the *vortex* gets larger, then the speed of the *vortex* is getting smaller, so does the opposite when the radius of the *vortex* is getting smaller, then the speed of the *vortex* phenomenon is getting bigger.

Keywords :Flow, Free *vortex*, Force *vortex*, Testing.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Fenomena aliran *vortex* (*pulsating*) sering kali kita temukan pada pemodelan sayap pesawat dan bendungan air, Keuntungan Fenomena *vortex* salah satunya adalah turbin *vortex*. Kerugian yang ditimbulkan oleh Fenomena *vortex* salah satunya adalah pada pengoperasian turbin pelton, dimana turbin pelton sangat tergantung pada laju aliran fluida dari bendungan

Fenomena *vortex* yang terjadi memang sangat sulit untuk diamati karena pada saat terjadinya fenomena *vortex* yang relatif singkat, perlu alat uji *vortex* untuk mahasiswa teknik mesin agar bisa mempelajari fenomena *vortex* yang terjadi dan membandingkan dengan teori yang dipelajari. Dari itu penulis mengangkat judul Pengujian alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa.

### Batasan Masalah

Dalam penelitian agar terfokus dalam pembahasan yang terarah maka dibuat batasan masalah yaitu melakukan pengujian *vortex* bebas dan *vortex* paksa pada alat uji *vortex* dengan fluida kerjanya air.

### Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang di atas maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah fenomena *vortex* dapat terjadi pada alat ?
2. Berapakah besar kecepatan *vortex* yang terjadi?

### Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

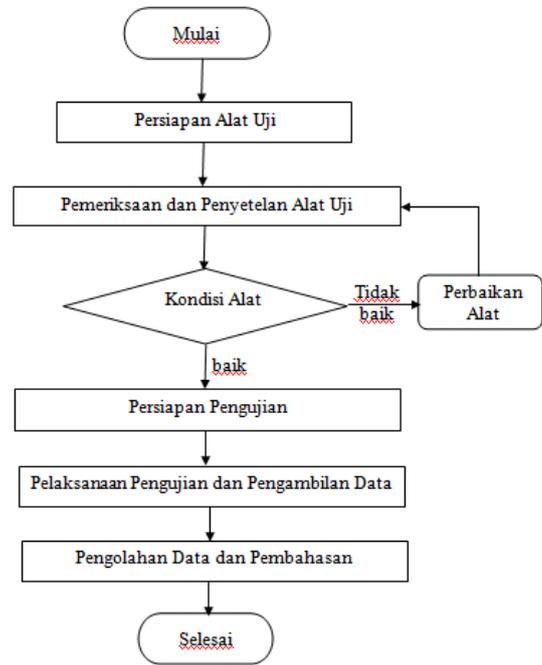
1. Memastikan bahwa fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa dapat terjadi dan dapat diamati pada alat.
2. Mampu mengetahui berapa besar kecepatan fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa yang terjadi.

### Manfaat

Dengan adanya pengujian ini dapat memastikan bahwa alat uji *vortex* ini dapat beroperasi sesuai dengan rancangan, dapat digunakan untuk pengujian di laboratorium dan sebagai referensi atau ide dalam pengembangan aliran *vortex* agar bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

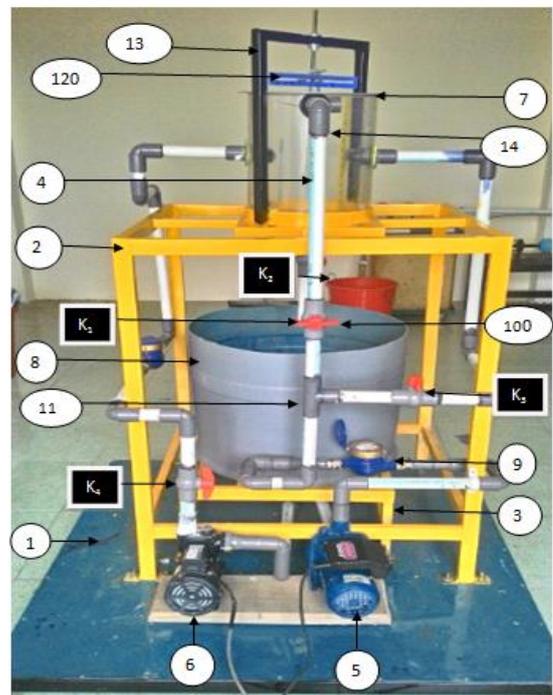
## 2. METODE PENGUJIAN

### Diagram Alir Pengujian



Gambar 1 Diagram Alir Pengujian

### Alat dan Bahan



**Gambar 2 Foto Alat Uji Vortex**

**Tabung Vortex**

Tabung *vortex* merupakan tabung yang digunakan untuk melihat fenomena *vortex* yang terjadi pada fluida cair. Tabung *vortex* disalurkan dengan pompa. Pada tabung *vortex* terdapat saluran masuk, saluran keluar, katup yang berfungsi sebagai pengatur debit fluida dan tempat kedudukan alat ukur.



**Gambar 3 Tabung Vortex**

**Measuring Gauge**

*Measuring gauge* merupakan alat ukur permukaan yang digunakan untuk mengukur diameter dari *vortex*. Untuk memperoleh hasil yang teliti. *Measuring gauge* ini harus diletakkan pada posisi yang tepat, yakni pada pertengahan atau garis diameter tabung *vortex* dan harus menyentuh bagian ujung dari diameter *vortex*.



**Gambar 4 Measuring Gauge**

**Pompa**

Pompa yang dipilih adalah pompa sentrifugal, berfungsi untuk mengalirkan fluida cair ke tabung *vortex*. Pompa sentrifugal ini dipakai karena memiliki banyak kelebihan dari pompa yang lainnya, antara lain tidak banyak bagian-bagian yang bergerak, lebih sedikit memerlukan tempat, jalannya tenang, dan aliran fluida cair yang tidak terputus-putus/kontinyu



**Gambar 5 Pompa**

**Flowmeter**

*Flowmeter* berfungsi untuk mengetahui volume fluida yang mengalir. Dengan mengetahui volume fluida yang mengalir selanjutnya bisa dihitung debit aliran maupun kecepatan aliran.



**Gambar 6 Flowmeter**

**Katup**

Berfungsi untuk mengatur fluida cair yang masuk ke dalam tabung *vortex*. Selain untuk mengatur fluida cair yang masuk ke dalam tabung *vortex*, katup (*valve*) berfungsi sebagai pengatur besaran lubang/*drain* yang keluar dari tabung *vortex*. Katup pada lubang buang tabung *vortex* akan diset sesuai dengan yang

diinginkan agar dapat mengamati fenomena *vortex* dengan karakteristik yang berbeda-beda.



**Gambar 7 Katup (valve)**

Di dalam merancang alat uji *vortex* memilih untuk menggunakan tabung yang transparan agar ketika fenomena *vortex* terjadi dapat dilihat dengan jelas, sehingga ketika pengukuran diameter dan tinggi *vortex* dapat diukur sepresisi mungkin.

Alat uji ini menggunakan media berupa air. Alat uji ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan sirkulasi yang terjadi pada *vortex* bebas dan *vortex* paksa.

### Prosedur Pengujian

Dalam pengujian alat uji *vortex* ini dilakukan dengan 2 prosedur pengujian yaitu:

1. Pengujian *vortex* bebas
2. Pengujian *vortex* paksa



**Gambar 8 Alat Uji**

### Prosedur Pengujian *Vortex* Bebas

1. Persiapkan alat uji sebelum melakukan pengujian
2. Lakukan pemeriksaan terhadap instalasi listrik pada pompa (arus listrik yang digunakan untuk pompa adalah arus listrik PLN)
3. Hidupkan pompa1 lalu buka katup1 30° - 45° agar tabung *vortex* terisi fluida air
4. Bila air sudah mencapai 30 cm buka katup2 sebesar 90° (buka penuh), pastikan bahwa volume air tidak berkurang (konstan)
5. Amati fenomena *vortex* yang terjadi, lakukan pengukuran jari-jari pada fenomena *vortex* (lakukan pengukuran pada permukaan *vortex* / pada ketinggian 30 cm) catat hasil dari pengukuran  $r_1$
6. Lakukan pengukuran jari-jari *vortex* pada ketinggian 29cm
7. Ulangi langkah 3 sampai 6, dngan menutup katup2 (K2) sebesar 60°, 30° (pastikan bahwa kondisi air konstan pada ketinggian 30 cm dan pastikan katup K3, K4 tertutup)

### Prosedur Pengujian *Vortex* paksa

1. Persiapkan alat uji sebelum melakukan pengujian
2. Lakukan pemeriksaan terhadap instalasi listrik pada pompa (arus listrik yang digunakan untuk pompa adalah arus listrik PLN)
3. Hidupkan pompa 1 (P1) dan pompa 2 (P2), buka katup 3 dan 4 (K3&K4) 30° - 45° agar tabung *vortex* terisi fluida air
4. Bila air sudah mencapai 30 cm buka katup2 sebesar 180° (buka penuh), pastikan bahwa volume air tidak berkurang (konstan)
5. Amati fenomena *vortex* yang terjadi, lakukan pengukuran jari-jari pada fenomena *vortex* (lakukan pengukuran pada permukaan *vortex* / pada ketinggian 30 cm) catat hasil dari pengukuran  $r_1$
6. Lakukan pengukuran jari-jari *vortex* pada ketinggian 29cm catat hasil pengukuran ( $r_2$ )
7. Ulangi langkah 3 sampai 6, dngan menutup katup2 (K2) sebesar 60°, 30° (pastikan bahwa kondisi air konstan pada ketinggian 30 cm dan pastikan katup K1)

## 3. TINJAUAN PUSTAKA

### Aliran *Vortex*

*Vortex* adalah massa fluida yang partikel-partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (*streamline*) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan *vortex* berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antar lapisan fluida yang

berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh di dalamnya.



**Gambar 9 Pusaran Air**

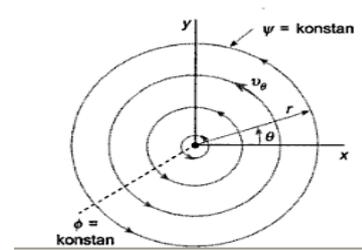
Sifat-sifat dari pusaran air:

1. Tekanan air di dalam pusaran yang paling kecil adalah di pusat pusaran dan semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya jarak pusaran dari pusat. Hal ini sesuai dengan prinsip Bernoulli, dimana tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan.
2. Pusat dari setiap pusaran dapat dianggap mengandung garis pusaran dan setiap partikel air dalam pusaran dapat dianggap berotasi digaris pusaran.
3. Dua atau lebih pusaran yang kira-kira sejajar dan berotasi/berputar dalam arah yang sama akan bergabung untuk membentuk sebuah pusaran tunggal.
4. Gerakan rotasi pada pusaran menimbulkan energi yang cukup besar. Apabila suatu benda diletakkan di sekitar pusaran, maka pusaran air seolah-olah menyedot benda tersebut, berputar-putar menuju inti.

Pergerakan aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Translasi murni atau translasi irrotasional
2. Rotasi murni atau translasi rotasional.
3. Distorsi atau deformasi murni, baik angular maupun linier.

Aliran irrotasional terjadi apabila elemen fluida di setiap titik tidak mempunyai kecepatan sudut netto terhadap titik tersebut. Sebaliknya aliran rotasional terjadi apabila elemen fluida mempunyai kecepatan sudut netto. Gerak *vortex* dapat dikategorikan sebagai dalam aliran rotasional. *Vortex* digambarkan sebagai aliran yang bergerak dan berputar terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya



**Gambar 10 Pola Arus Garis Untuk Sebuah Vortex (Munson, 2003)**

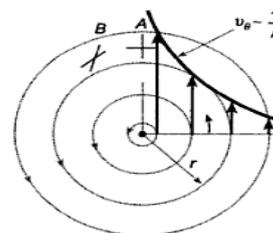
**Aliran Vortex Bebas**

Aliran *vortex* terjadi walaupun tidak adanya gaya yang dilakukan pada fluida tersebut. Karakteristik dari *vortex* bebas adalah kecepatan tangensial dari partikel fluida yang berputar pada jarak tertentu dari pusat *vortex*. Hubungan kecepatan partikel fluida *v* terhadap jaraknya dari pusat putaran *r* (Munson, 2003) dapat dilihat pada persamaan ini:

$$V = \frac{\tau}{2\pi r} \tag{1}$$

Dimana:

- V= kecepatan tangensial fluida(m/s)
- r = jari-jari putaran partikel fluida dari titik pusat(m)
- $\tau$  = Sirkulasi



**Gambar 11 Gerakan Elemen Fluida Dari A Ke B: Vortex Bebas (Munson, 2003)**

**Aliran Vortex Paksa**

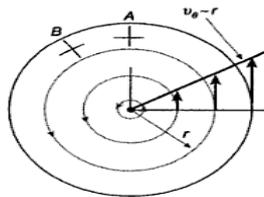
Apabila suatu gaya diberikan pada suatu fluida dengan maksud membuat aliran fluida berputar. Hubungan kecepatan partikel fluida *v* terhadap jaraknya dari pusat putaran *r* (Munson, 2003) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$v = r \cdot \omega \tag{2}$$

Dimana:  $\omega$  = kecepatan sudut ( rad/s )

R = jari-jari putaran (m)

v = kecepatan aliran air (m/s)



**Gambar 12 Gerakan Elemen Fluida Dari A Ke B: Vortex Paksa (Munson, 2003)**

**Aliran Vortex Kombinasi**

Aliran *Vortex* Kombinasi adalah *vortex* bebas dengan *vortex* paksa pada inti pusatnya dan distribusi kecepatan yang sesuai dengan *vortex* bebas pada luar intinya. Jadi untuk sebuah *vortex* kombinasi dapat dilihat pada persamaan berikut: (Munson,2003)

$$v_{\theta} = \omega r$$

Dimana  $\omega$  dan  $K$  adalah konstanta dan  $r$  adalah jari-jari inti pusat.

Sebuah konsep matematika yang biasanya berhubungan dengan gerakan *vortex* adalah sirkulasi. Sirkulasi didefinisikan sebagai sebuah integral garis dari komponen tangensial kecepatan yang diambil dari sekeliling kurva tertutup di medan aliran. Konsep sirkulasi sering digunakan untuk mengevaluasi gaya-gaya pada terendam dalam fluida yang bergerak.

**4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

**Data Dan Hasil Pengujian**

**Hasil Pengujian Vortex Bebas**



**Gambar 13 Katup Buang Buka Penuh (90°) vortex bebas**



**Gambar 14 Katup Buang Buka (60°) Vortex Bebas**



**Gambar 15 Katup Buang Buka (30°) Vortex Bebas**

Tabel 1 Tabel Hasil Pengujian *Vortex* bebas

Pengukuran	K1 (°)	X1 (mm)	Γ1 (mm)	X2 (mm)	Γ2 (mm)
1	Penuh (90°)	300	40	290	25
2	60°	300	30	290	22,5
3	30°	300	20	290	13

**Hasil Pengujian Vortex Paksa**



**Gambar 16 Katup Buang Buka Penuh (90°) Vortex Paksa**



Gambar 17 Katup Buang Buka (60°) Vortex Paksa



Gambar 18 Katup Buang Buka (30°) Vortex Paksa

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Vortex Paksa

Pengukuran	K1 (°)	X1 (mm)	r1 (mm)	X2 (mm)	r2 (mm)
1	Penuh (90°)	300	50	290	40
2	60°	300	35	290	15
3	30°	300	18	290	12

**Prosedur dan Contoh Pengolahan Data**

Adapun cara penyelesaian rumus teori untuk mengetahui kecepatan vortex yaitu :

1. Menghitung jari-jari vortex

$$r = \frac{r_1 \cdot r_2}{\sqrt{r_1^2 - r_2^2}}$$

$$r = \frac{0.04 \times 0.025}{\sqrt{0.04^2 - 0.025^2}}$$

$$r = \frac{0.0008}{\sqrt{0.0016 - 0.000625}}$$

$$r = \frac{0.0008}{\sqrt{0.000975}}$$

$$r = \frac{0.0008}{0.03122499}$$

$$r = 0.0256205 \text{ m}$$

2. Menghitung nilai k

$$k = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h \cdot r}$$

$$k = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0.010 \times 0.0256205}$$

$$k = \sqrt{0.0050267421}$$

$$k = 0.070899 \text{ m}^2/\text{s}$$

3. Menghitung nilai v

$$v = \frac{k}{r}$$

$$v = \frac{0.0256205}{0.070899}$$

$$v = 0.3613661 \text{ m/s}$$

Tabel 3 Tabel Hasil Perhitungan Vortex bebas

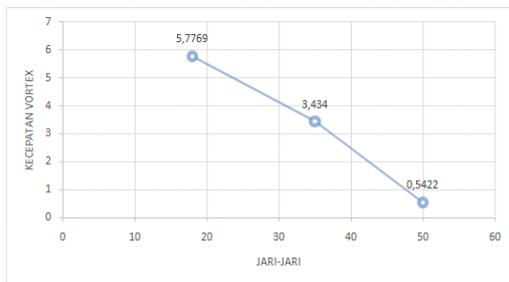
Percobaan	K1	X1 (mm)	r1 (mm)	X2 (mm)	r2 (mm)	Δx/Δh (mm)	R (m)	K (m <sup>2</sup> /s)	V (m/s)
1	Penuh (90°)	300	40	290	25	10	0.0256	0.070899	0.3613661
2	60°	300	30	290	22.5	10	0.0073	0.03789	5.176
3	30°	300	20	290	13	10	0.00171	0.01832	10.703

Tabel 4 Tabel Hasil Perhitungan Vortex Paksa

Percobaan	K1	X1 (mm)	r1 (mm)	X2 (mm)	r2 (mm)	Δx/Δh (mm)	R (m)	K (m <sup>2</sup> /s)	V (m/s)
1	Penuh (90°)	300	50	290	40	10	0.667	0.3617	0.5422
2	60°	300	35	290	15	10	0.0366	0.057	3.434
3	30°	300	18	290	12	10	0.02545	0.0706	5.7769

### Grafik Hasil Pengujian

Grafik Hubungan Antara jari-jari dengan kecepatan *Vortex*



Gambar 19 Grafik  $v$  vs  $r$

### Analisa dan Pembahasan

Percobaan dengan buka katup buang sebesar 90 kita dapatkan nilai jari-jari *vortex* paling besar diantara pengujian dengan bukaan katup 60 dan 30, pada pengujian yang dilakukan fenomena *vortex* yang terjadi berbentuk spiral. Dari pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan data seperti pada tabel dan grafik diatas, terlihat bahwa hubungan antara jari dan kecepatan *vortex* saling berlawanan, apabila jari-jari kecil fenomena *vortex* kecil, maka kecepatan fenomena *vortex* besar, begitu juga dengan sebaliknya, apabila jari-jari fenomena *vortex* semakin besar maka kecepatan *vortex* menurun. Hubungan antara ( $r$ ) jari-jari dan  $k$ , semakin besar jari-jari *vortex*, semakin besar pula nilai dari  $k$ .

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat uji *vortex* yang telah dilakukan penulis menyimpulkan bahwa :

1. Alat uji *vortex* yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang dirancang.
2. *Vortex* yang terjadi di pengaruhi oleh kecepatan, luas penampang dan saluran keluar dari tabung *vortex*.
3. Dalam pengujian alat uji *vortex*, hubungan antara jari-jari *vortex* dan kecepatan *vortex* adalah apabila jari-jari *vortex* semakin besar, maka kecepatan *vortex* semakin kecil, begitu juga dengan sebaliknya apabila jari-jari *vortex* semakin kecil, maka kecepatan fenomena *vortex* semakin besar.

### Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan alat uji *vortex*, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pahami teori dan prosedur pelaksanaan pengujian alat uji *vortex* sebelum dilakukan pengujian.
2. Perlunya penggunaan alat ukur jari-jari *vortex* bebas dan *vortex* paksa yang lebih presisi.
3. Agar lebih memudahkan dalam pengamatan fenomena *vortex* yang terjadi, penulis menyarankan agar tabung yang digunakan berdiameter yang lebih besar dari pada tabung yang digunakan pada saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Lobanoff, V.S. dan Ross, R.R, 1992, *Centrifugal Pumps Design And Application*, Massachusetts, Butterworth-Heinemann.
- HK Versteeg dan Malalasekera, *An Introduction To Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method*, Penerbit Logman Malaysia, TPC 1995.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, 2002, *Mekanika Fluida Jilid I*, PT. Erlangga Jakarta.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, 2003, *Mekanika Fluida Jilid I*, PT. Erlangga Jakarta.
- Sularso, Haruo Tahara, 1994, *Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Olson.M.Reuben., Wright.J.Steven., diterjemahkan Alex Tri Kanjtono Widodo, *DASAR – DASAR MEKANIKA FLUIDA TEKNIK*, Edisi Kelima, Cetakan 1, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993.
- Viktor L. Steeter, Arjo Prijono, 1992, *Mekanika Fluida Jilid I Dan Jilid II Edisi Delapan*, PT. Erlangga Jakarta.
- Hicks, Tyler G Dan T.W Edward, 1998, *Teknologi Pemakean Pompa*, PT. Erlangga Jakarta.
- Philip M. Gerhart Dan Richard J. Grols, 1985, *Fundamental Of Fluid Mechanics*, Addison-Weshley Publisih Co, California.
- Ranald V. Giles, Ir Herman Widodo Soemitro, 1996, *Teori Dan Soal-Soal Mekanika Fluida Dan Hidrolik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

