

PERANCANGAN ALAT UJI *VORTEX* BEBAS DAN *VORTEX* PAKSA

Fajar Sumantri¹, Muhamad Fitri²

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

ABSTRAK

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. Aliran *vortex* berupa aliran *free vortex* atau *forced vortex*. Tujuan dari perancangan ini adalah merancang suatu alat uji *vortex* yang menentukan sistem kerja alat agar bisa digunakan untuk mengamati *vortex* bebas dan *vortex* paksa pada air. Alat uji *vortex* ini dirancang dengan kecepatan air keluar tangki 2,425 m/detik dan debit aliran air yang keluar tangki 73,8 liter/menit. Pompa harus disiapkan untuk bisa mengganti fluida yang keluar, karena itu harus dipilih pompa yang memiliki *head* jauh di atas debit hasil perhitungan tersebut dipilih pompa dengan debit 100 liter/menit, maka dipilih pompa pertama adalah *speroni* model SP 175 dengan spesifikasi: debit 100 liter/menit, *head* 36 meter dan pompa kedua adalah *shimizu* model PS-116 BIT dengan spesifikasi: debit 10-24 liter/menit, *head* 22-9 meter Menggunakan casing berpenampang lingkaran yang terbuat dari akrilik sebagai tempat terjadinya fenomena *vortex*, dan pipa *pvc* dengan dimensi 1 *inchi* yang mengaliri air ke tabung akrilik.

Kata Kunci : Aliran, *Vortex* bebas, *Vortex* paksa, Kecepatan, Perancangan.

ABSTRACT

Vortex is the fluid particles move with the line rotating flow (streamline) form concentric circles. The movement of the rotating vortex caused by the difference in speed between adjacent fluid layer. Can be defined also as the fluid motion is caused by the velocity and pressure parameters. The vortex is a vortex as the effects of the round where both rotational viscosity effect in it. Vortex flow in the form of free vortex flow or forced vortex. The purpose of this design is to design a test that determines the vortex system working tool to be used to observe the free vortex and forced vortex in the water. Test tool vortex was designed with the speed of the water out of the tank 2,425 m/second and discharge water flow out of the tank 73,8 liters/minute. The pump must be prepared to replace the fluid that comes out, the pump should be selected because of the it that has a head well above the selected calculation results discharge pump with discharge 100 liters/minute, then selected the first pump is model SP 175 speroni with specifications : discharge 100 liters/minute, head 36 meters and the second pump is shimizu model PS-124 BIT with specifications : discharge 10-24 litre/min, head 22-9 meters. Using casing circle made of acrylics a place of occurrence of the phenomenon of vortex, and pvc pipe with dimensions 1 inches that drains water to acrylic tube.

Keywords: Flow, Free Vortex, Forced Vortex, Velocity, Design.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aliran *vortex* yang juga dikenal sebagai aliran *pulsating* atau pusaran dapat terjadi pada berbagai macam fluida seperti pada air, minyak, udara. Contohnya suatu fluida yang mengalir di dalam pipa yang mengalami perubahan mendadak. Aliran *vortex* dianggap suatu kerugian dalam suatu aliran fluida meskipun sebenarnya ada yang menguntungkan.

Belakangan ini prinsip aliran *vortex* sangat banyak digunakan untuk mengembangkan pada pengeboran minyak, memisahkan air dan minyak, industri kimia dan lain-lain.

Pada jaman saat ini prinsip aliran *vortex* banyak digunakan dan dipelajari baik di Perusahaan dan Universitas karena aliran *vortex* ini merupakan suatu fenomena yang unik yang dapat memberikan manfaat dan kerugian. Oleh sebab itu teori yang dipelajari pada aliran *vortex* ini harus dilanjutkan dengan praktek

percobaan dikarenakan *vortex* yang sesungguhnya terjadi di alam sulit untuk diteliti, disebabkan keterbatasan berbagai hal.

Fenomena *vortex* yang sesungguhnya sulit diteliti karena fenomena ini tidak dapat berlangsung lama atau resiko yang besar, Oleh karena itu perlunya alat uji untuk bisa memahami dan mempelajari fenomena *vortex* lebih lanjut.

Sebelum membuat dan menguji alat uji *vortex* ini sangat diperlukan perancangan agar memudahkan proses pembuatan dan pengujian sehingga pada saat proses pembuatan tidak dengan cara coba-coba (*trial and error*) yang tentunya akan menghabiskan banyak biaya dan waktu.

Dari penjelasan di atas maka penulis tertarik untuk merancang sebuah alat uji *vortex*, karenanya penulis member judul skripsi ini: “PERANCANGAN ALAT UJI *VORTEX* BEBAS DAN *VORTEX* PAKSA “.

1.2. Batasan Masalah

Agar permasalahan pada perancangan ini tidak terlalu melebar dari tujuan yang ingin dicapai, maka perlu ditentukan batasan masalah, adapun batasan permasalahan pada skripsi ini :

1. Fenomena *vortex* tidak hanya terjadi pada air, tapi juga di udara seperti pada saat terjadinya turbulensi pesawat pada baling baling kipas tersebut, oleh karena itu fluida yang digunakan pada alat yang dirancang ini dibatasi hanya untuk air.
2. Lubang keluaran air (*discharge*) hanya pada satu posisi, yaitu terletak di dasar tangki, tepat di bagian tengahnya, hal ini dengan tujuan untuk kemudahan mengamati dan menyaksikan fenomena *vortex* yang terjadi pada alat uji.

1.3 Perumusan Masalah

Bertolak dari latar belakang maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu ;

1. Bagaimana sistem kerja alat agar bisa digunakan untuk mengamati *vortex* bebas dan *vortex* paksa pada air.
2. Berapa dimensi dari tabung transparan dan pipa instalasi dari alat uji *vortex* ini.
3. Seberapa besar spesifikasi pompa (*head total*) yang diperlukan pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa agar fenomena *vortex* benar-benar bisa terjadi dan bisa diamati.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari perancangan ini adalah :

1. Menentukan sistem kerja alat agar bisa digunakan untuk mengamati *vortex* bebas dan *vortex* paksa pada air.
2. Menentukan dimensi dari tabung transparan dan pipa instalasi alat uji *vortex* ini.

3. Menentukan spesifikasi pompa yang diperlukan pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa.

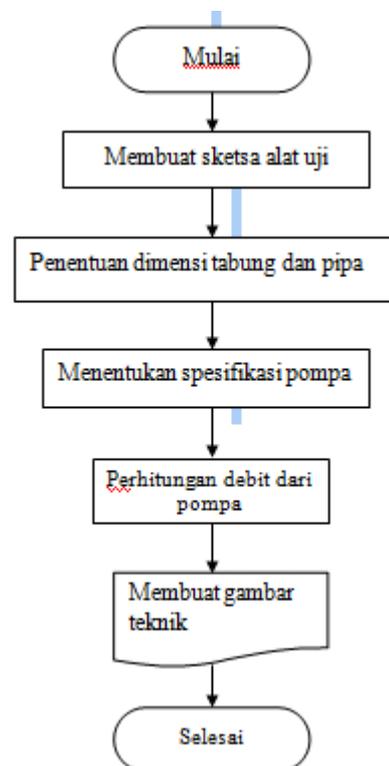
1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan setelah melakukan perancangan adalah:

1. Memudahkan proses pembuatan.
2. Mencegah atau memperkecil kemungkinan pengerjaan ulang karena apabila pembuatan yang dilakukan tanpa perancangan, besar kemungkinan akan terjadi kesalahan sehingga terjadi pengerjaan ulang.
3. Sebagai referensi atau ide dalam pengembangan aliran *vortex* agar bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

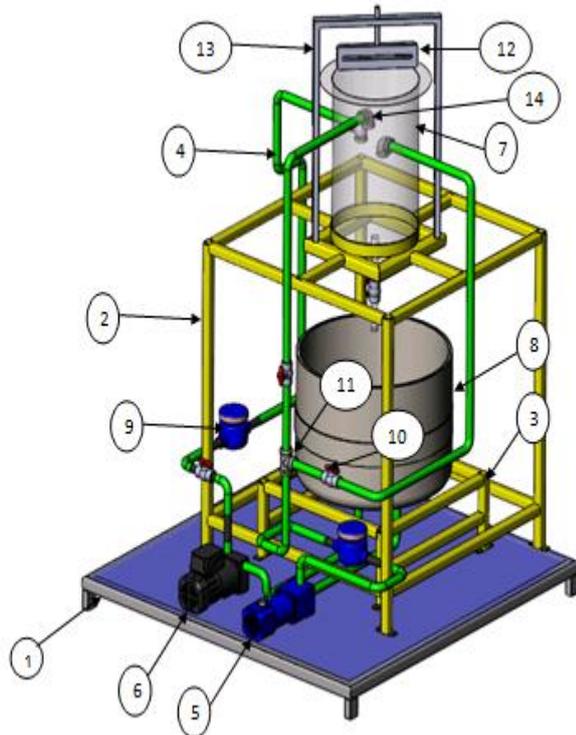
2. METODE PERANCANGAN

2.1 Diagram Alir Perancangan



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

2.2 Sketsa Alat Uji



Gambar 2 Sketsa Alat Uji

2.3 Prinsip Kerja Alat

Alat uji *vortex* ini dirancang untuk bisa digunakan untuk dua macam pengujian, yaitu untuk pengujian fenomena *vortex* bebas (*free vortex*) dan yang kedua fenomena *vortex* paksa (*force vortex*). Untuk pengujian fenomena *vortex* bebas, setelah bak diisi air, air dialirkan ke tabung transparan sampai volume yang diinginkan dan katup/*valve* yang terpasang di pipa diatur bukannya, maka fenomena *vortex* bebas akan dapat diamati. Besaran *vortex* yang terjadi juga dapat diukur.

Sedangkan untuk fenomena *vortex* paksa tidak jauh berbeda dengan *vortex* bebas. Hanya pada *vortex* paksa air masuk ke dalam tabung akrilik melalui lubang yang posisinya miring. Tujuannya agar memberikan daya putar sehingga pusaran terjadi akibat dari daya putar tersebut.

2.4 Menentukan Dimensi Tabung Dan Pipa

Untuk mempermudah dalam perancangan maka kita harus mengetahui langkah-langkah yang harus dilewati. Dalam perancangan ini dimulai dari menentukan dimensi atau ukuran dari tabung transparan dan pipa instalasi, karena dimensi tabung transparan dan pipa instalasi sangat berpengaruh terhadap proses

terjadinya fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa. Dimensi tabung ditentukan dengan cara dipilih berdasarkan pertimbangan:

1. Tabung harus transparan agar fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa dapat diamati, karenanya material untuk tabung ini adalah akrilik atau kaca.
2. Tabung yang terbuat dari akrilik atau kaca harganya cukup mahal, karenanya dipilih tabung yang dimensinya yang tidak terlalu besar tetapi bisa digunakan untuk mengamati fenomena *vortex* tersebut.

2.4.1 Tabung Transparan

Alat uji *vortex* ini dirancang untuk menguji aliran *vortex* yang terjadi pada tabung. Tabung yang dipilih adalah tabung transparan yang terbuat dari akrilik, tujuan memilih tabung yang transparan adalah agar ketika fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa terjadi dapat dilihat dan diamati dengan baik. Dimensi pada tabung juga penting, dimensi pada tabung dipilih karena berpengaruh terhadap komponen-komponen pendukung seperti pompa yang akan digunakan.

2.4.2 Pipa Pvc

Pipa yang digunakan pada alat uji ini adalah pipa *PVC* (*polivynil chloride*) yang banyak digunakan pada rumah tangga. Dipilih pipa *PVC* karena selain harganya yang terjangkau juga pada saat proses pemasangannya cukup mudah. Dimensi pada pipa juga sangat penting karena pompa yang akan digunakan bergantung pada dimensi dari pipa yang dipilih.

2.5 Menentukan Spesifikasi Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk suatu maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa.

Selain dari pada itu, agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, perlu ditaksir beberapa tekanan maksimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya. Atas dasar tekanan isap ini maka putaran pompa dapat ditentukan.

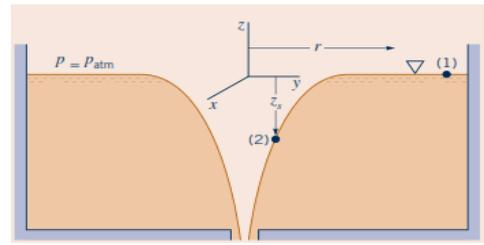
Kapasitas aliran, *head*, dan putaran pompa dapat ditentukan seperti tersebut diatas tetapi apabila perubahan kondisi operasi sangat besar (khususnya perubahan kapasitas). Di bawah ini adalah data yang diperlukan untuk pemilihan pompa. (Sularso, Haruo Tahara, 2004.

Tabel 1. Kriteria Pemilihan Pompa

NO	Data yang diperlukan	Keterangan
1	Kapasitas	Diperlukan juga keterangan mengenai kapasitas maksimum dan minimum.
2	Kondisi isap	Tinggi isap dari permukaan air isap ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air isap. Tekanan yang bekerja pada permukaan air isap. Kondisi pipa isap.
3	Kondisi keluar	Tinggi permukaan air keluar ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air keluar. Besarnya tekanan pada permukaan air keluar. Kondisi pipa keluar.
4	Head total pompa	Harus ditentukan berdasarkan kondisi-kondisi di atas
5	Jenis zat cair	Air tawar, air laut, minyak, zat cair khusus (zat kimia), temperatur, berat jenis, viskositas, kandungan zat padat, dan lain-lain
6	Jumlah pompa	
7	Kondisi kerja	Kerja terus menerus, terputus-putus, jumlah jam kerjaseluruhnya dalam setahun
8	Penggerak	Motor listrik, motor bakar torak, turbin uap
9	Poros tegak atau mendatar	Hal ini kadang-kadang ditentukan oleh pabrik pompa yang bersangkutan berdasarkan instalasinya
10	Tempat instalasi	Pembatasan-pembatasan pada ruang instalasi, ketinggian di atas permukaan laut, di luar atau di dalam gedung, fluktuasi temperatur.
11	Lain-lain	

Data-data di atas merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan ketika memilih sebuah pompa, dari beberapa data yang diperlukan dalam memilih sebuah pompa, ada beberapa kriteria yang sangat berpengaruh terhadap alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa. Di bawah ini adalah beberapa kriteria pemilihan pompa yang harus diperhatikan terhadap alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa.

1. Kapasitas /debit aliran Kapasitas/ debit aliran adalah kriteria utama yang akan menentukan fenomena *vortex* dapat terjadi sesuai yang diinginkan. Kapasitas/ debit aliran itu sendiri ditentukan berdasarkan debit aliran yang keluar dari tangki. Karna fungsi pompa disini untuk menyeimbangkan fluida agar volume air yang keluar melalui lubang bawah tangki sama dengan volume air yang dipompa.



Gambar 3 Fenomena *Vortex* (Theodore H. Okishii, 2007)

Persamaan Bernoulli

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (1)$$

$$p_1 = p_2 = p \text{ atmosfer}$$

$$z_1 = 0 \text{ (titik acuan)}$$

Sehingga persamaan Bernoulli di atas menjadi

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (2)$$

Atau

$$z_2 = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \quad (3)$$

$$z_2 = z_s$$

$$v_1 = 0$$

Sehingga

$$z_s = -\frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

(Tanda minus hanya menandakan bahwa titik z_s berada di bawah titik acuan)

$$z_s = \frac{v_2^2}{2g} \text{ atau } v_2^2 = 2g \cdot z_s \quad (5)$$

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot z_s} \quad (6)$$

Atau

$$v = \sqrt{2g \cdot z_s} \quad (7)$$

Di mana

v = kecepatan air keluar tangki (m/detik)

z_s = ketinggian permukaan (m)

g = gravitasi (m/detik²)

Debit air yang keluar dari tangki dihitung

sebagai berikut:

$$Q = A \cdot V \quad (8)$$

$$Q = A \cdot \sqrt{2g \cdot z_s} \quad (9)$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g \cdot z_s} \quad (10)$$

Di mana

Q = debit air (m³)

A = luas permukaan (m²)

g = gravitasi (m/detik²)

z_s = ketinggian permukaan (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan air (m/detik)

2. Head total pompa

Head total pompa juga termasuk kriteria yang berpengaruh terhadap alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa. Tinggi tabung akrilik adalah 35 cm dan tinggi alat uji *vortex* adalah 95 cm. Pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa tinggi kenaikan airnya tidak lebih dari 2 meter sehingga head bisa dipilih di atas 2 meter. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan head total pompa dan rugi-rugi aliran.

Hazen William formula

$$h_f = \frac{10,666 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.85}} \times L$$

Dimana :

- Q : Debit aliran (m³/detik)
- C : Harga bahan pipa
- D : Diameter pipa (m)
- L : Panjang pipa (m)

Dengan menggunakan rumus *Hazen William* akan didapatkan head total pompa yang hasilnya akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan pompa.

3. Jumlah pompa

Jumlah pompa termasuk kriteria yang penting terhadap alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa. Jumlah pompa yang digunakan adalah 2 buah, kedua pompa berfungsi sebagai penyeimbang fluida ke dalam tangki agar volumenya tetap ketika fenomena *vortex* paksa terjadi.

4. Kondisi isap

Kondisi pipa isap berada di bawah permukaan *reservoir* bawah sehingga tinggi sisi isap (*head suction*) menjadi minus. Artinya kondisi isap pompa pada alat ini tidak menjadi masalah pada saat penempatannya.

2.6 Pemilihan Komponen Pendukung Alat Uji Vortex

Pada alat uji ini, terdapat komponen-komponen pendukung yaitu *valve*/katup, *flowmeter*. Didalam memilih *valve*/katup dan *flowmeter* ada hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan sebelum memilihnya.

Pemilihan *Valve* melibatkan beberapa faktor. Sedikitnya ada beberapa dasar pertimbangan yang harus dilakukan:

1. Tipe *Valve* akan tergantung dari fungsinya untuk dikerjakan, apakah aliran penutup, katup pemadam atau aliran pembalik.

2. Bahan Konstruksi yang digunakan *valve* bisa berupa *stainless steel*, *carbon steel*, *alloy steel*, *inconell steel*, *pvc* dan lain-lain
3. *Pressure*/Tekanan merupakan hal yang penting dalam faktor-faktor pertimbangan dalam pemilihan *valve*. *Pressure* yang digunakan bisa tekanan yang tinggi (*high pressure*) atau tekanan yang rendah (*low pressure*) tergantung pada alat uji yang akan diuji nantinya.
4. *Cost* merupakan salah satu faktor-faktor pertimbangan penting, karena jika *cost* yang tinggi atau mahal akan bisa menjadi masalah yang cukup besar.
5. Kegunaan *valve* juga diperhatikan karena banyak tipe *valve*, jadi kita harus menyesuaikan tipe *valve* yang akan digunakan pada alat uji tersebut.

Sedangkan *flowmeter* sendiri melibatkan beberapa faktor. Sedikitnya ada beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan *flowmeter*.

1. Jenis Fluida yang akan digunakan pada *Flowmeter*, jenis Fluida yang diukur oleh Flow Meter dapat berupa : *Steam*, *air*, *water*, *wet gas*, *liquid gas*, *chemical*, *oil*, *solid*, *sludge*, *powder* and *cement*.
2. *Viscosity* dari fluida, kebersihan dan kekotoran dari fluida (lumpur, banyak kotoran atau bersih) yang mengalir ke *flowmeter*.
3. Body Material yang digunakan *flowmeter* bisa berupa *Carbon Steel*, *Stainless Steel* (310, 304, atau 316), *PVC*, *Aluminium*, *Brass* dan yang lainnya tergantung pada aplikasinya.
4. Perlunya tidaknya *display* pada *flowmeter* (*local display* atau *remote display*).
5. Sistem instalasi *flowmeter*: vertikal atau horizontal, atau bisa juga mengikuti arah aliran.

Begitu pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan *flowmeter*. Hal ini bertujuan agar *flowmeter* tersebut dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan yang kita inginkan.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 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 5 Pusaran Air

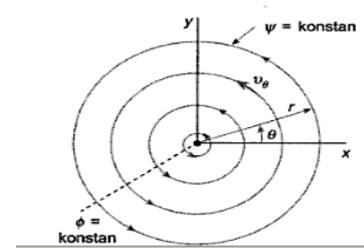
Sifat-sifat dari pusaran air:

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 6 Pola Arus Garis Untuk Sebuah Vortex (Munson, 2003)

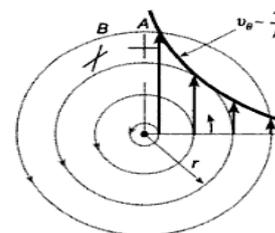
3.1.1 Aliran Vortex Bebas

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:

$$V = \frac{\tau}{2\pi r} \tag{10}$$

Dimana:

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



Gambar 7 Gerakan Elemen Fluida Dari A Ke B: Vortex Bebas (Munson, 2003)

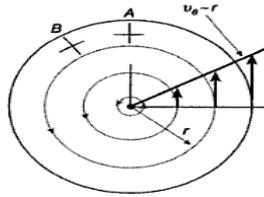
3.1.2 Aliran Vortex Paksa

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:

$$v = r \cdot \omega \tag{2-16}$$

Dimana:

- ω = kecepatan sudut (rad/s)
- r = jari-jari putaran (m)
- v = kecepatan aliran air (m/s)



Gambar 8 Gerakan Elemen Fluida Dari A Ke B: Vortex Paksa (Munson, 2003)

3.1.3 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)

$$v_{\theta} = \omega r \tag{2-17}$$

Dimana K dan ω adalah konstanta dan $\gamma\theta$ 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 terbentuk pada benda-benda yang terendam dalam fluida yang bergerak.

4. HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Dimensi Tabung Dan Pipa

- Tabung transparan
Tabung yang dipilih untuk melakukan pengujian alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa adalah tabung transparan, tujuan dari memilih tabung yang transparan adalah agar ketika fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa terjadi dapat dilihat dan diamati dengan baik. Sedangkan dimensi dari tabung transparan ini adalah diameternya 30 cm dan tingginya 35 cm.
- Pipa PVC
Pipa yang digunakan pada alat uji ini adalah pipa PVC (*polivynil chloride*),

tujuan dari memilih pipa PVC adalah karena harganya yang terjangkau, selain itu pemasangannya cukup mudah. Pipa yang digunakan adalah pipa yang berdiameter 1 *inchi*.

4.2 Menentukan Spesifikasi Pompa

- Kapasitas /debit aliran
Diameter tangki dipilih 30 cm sedangkan ketinggian tangki 35 cm. Misalkan ketinggian air dalam tangki adalah 30 cm maka z_s maksimum adalah tepat di tengah-tengah tangki adalah 30 cm = 0,3 m.
1. Kecepatan air keluar tangki masuk ke pipa pembuangan adalah:

$$v = \sqrt{2g \cdot z_s}$$

Di mana $z_s = 0,3$ m

$$\text{Maka : } v = \sqrt{2 \cdot (9,8)(0,3)} \\ v = 2,425 \text{ m/detik}$$

2. Debit aliran air yang keluar tangki

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g \cdot z_s}$$

Pipa buangan air keluar tangki dipilih sebesar 1 *inchi* = 2,54 cm = 0,0254 m atau D = 0,0254m.

Sehingga

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g \cdot z_s} \\ = 3,14 \frac{(0,0254)^2}{4} \sqrt{2 \cdot (9,8)(0,3)} \\ Q = 0,00122 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q = 0,00122 \times 1000 \times 60 \\ Q = 73,8 \text{ liter/menit}$$

Pompa harus disiapkan untuk bisa mengganti fluida yang keluar, karena itu harus dipilih pompa yang memiliki *head* jauh di atas debit hasil perhitungan tersebut dipilih pompa dengan debit 100 liter/menit.

- *Head* total pompa
Pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa ini tinggi kenaikan airnya tidak lebih dari 2 meter. berikut perhitungan untuk *head* minimum dan rugi-rugi alirannya.

$$h_f = \frac{10,666 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.85}} \times L$$

Dengan : Q = 0,00122 m³/menit

C diambil = 140 (untuk pipa pvc)
 D = 1 " = 25,4 mm = 0,0254 m
 L = 548 cm = 5,5 m

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00122^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,0254^{4,85}} \times 5,5$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

$$f = \left(0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5}\right) \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan R/D = 1

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,00122}{\frac{3,14}{4}(0,0254)^2} = 2,41 \text{ m/detik}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$f = \left(0,131 + 1,847 \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5}\right) \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294$$

Sehingga kerugian *head* untuk satu belokan adalah :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} = 0,294 \frac{2,41^2}{2(9,8)}$$

$$= 0,0871 \text{ m}$$

- Kerugian katup putar

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} = 0,09 \frac{2,41^2}{2(9,8)} = 0,0266 \text{ m}$$

- Kerugian reducer

$$h_f = \left(\frac{1}{c} - 1\right)^2 \cdot \frac{v_2^2}{2g} =$$

$$\left(\frac{1}{0,681} - 1\right)^2 \cdot \frac{2,41^2}{19,62} = 0,0648$$

- *Head* kecepatan keluar

$$\frac{vd^2}{2g} = \frac{2,41^2}{2(9,8)} = 0,296 \text{ m}$$

- *Head* total pompa (H)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_{f \text{ total}} + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$H = 25 + 0 + 1,4 + 20(0,0871) +$$

$$4(0,0266 + 4(0,0648)) +$$

$$0,296$$

$$H = 28,8 \text{ m}$$

- Jumlah pompa

Pompa yang digunakan adalah 2 buah, yang fungsinya sebagai penyeimbang fluida agar volumenya tetap ketika fenomena *vortex* paksa terjadi. Pompa harus disiapkan untuk bisa mengganti fluida yang keluar, karena itu harus dipilih pompa yang memiliki *head* jauh di atas debit hasil perhitungan tersebut dipilih pompa dengan debit 100 liter/menit. Pompa sentrifugal yang digunakan adalah

pompa sentrifugal yang spesifikasinya sebagai berikut.

- **Spesifikasi pompa**

Pompa 1 dengan model SP 175 mampu menghasilkan debit sebesar 100 liter/menit dan head total 36 meter, sedangkan pompa 2 dengan model PS-116 BIT mampu menghasilkan debit sebesar 10-24 liter/menit dan head totalnya 22-9 meter.

- Kondisi isap

Kondisi isap pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa ini tidak menjadi masalah pada saat penempatannya, karena kondisi pipa isap (*head suction*) berada di bawah permukaan tangki *reservoir*.

4.3 Pemilihan Komponen Pendukung Alat Uji

- *Valve* /katup

Dari beberapa faktor-faktor pemilihan *valve*/katup yang telah dijelaskan, maka dipilih *ball valve* yang berbahan *pvc*, karena *ball valve* termasuk jenis *type valve* yang fungsinya untuk membuka atau menutup ketika aliran air melewati *ball valve* tersebut, selain itu karena mudah mencarinya di pasaran dan harga yang terjangkau.

- *Flowmeter*

Dari beberapa faktor-faktor pemilihan *flowmeter* yang telah dijelaskan, maka dipilih *flowmeter* yang jenisnya *multi-jet*, karena sesuai dengan alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa, yang nantinya *flowmeter* tersebut fungsinya sebagai parameter yang mengukur debit air yang telah dihasilkan oleh pompa.

5. KESIMPULAN

1. Sistem kerja alat uji agar bisa digunakan untuk mengamati *vortex* bebas dan *vortex* paksa adalah sebagai berikut :

Alat uji ini dirancang untuk bisa digunakan untuk pengujian fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa, untuk pengujian fenomena *vortex* bebas, setelah bak diisi air, air dialirkan ke tabung transparan sampai volume yang diinginkan dan katup/*valve* yang terpasang di pipa diatur bukaannya, maka fenomena *vortex* bebas akan dapat diamati. Besaran *vortex* yang terjadi juga dapat diukur.

Sedangkan untuk fenomena *vortex* paksa tidak jauh berbeda dengan *vortex* bebas. Hanya

pada *vortex* paksa air masuk ke dalam tabung akrilik melalui lubang yang posisinya miring. Tujuannya agar memberikan daya putar sehingga pusaran terjadi akibat dari daya putar tersebut.

2. Penentuan dimensi tabung dan pipa harus dijelaskan sebagai berikut:

- Tabung transparan
Tabung yang dipilih untuk melakukan pengujian alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa adalah tabung transparan, tujuan dari memilih tabung yang transparan adalah agar ketika fenomena *vortex* bebas dan *vortex* paksa terjadi dapat dilihat dan diamati
- Pipa PVC
Pipa yang digunakan pada alat uji ini adalah pipa PVC (*polivynil chloride*), tujuan dari memilih pipa PVC adalah karena harganya yang terjangkau, selain itu pemasangannya cukup mudah. Pipa yang digunakan adalah pipa yang berdiameter 1 *inchi*.

3. Penentuan spesifikasi pompa yang diperlukan pada alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa adalah sebagai berikut:

- Kapasitas /debit aliran
Diameter tangki dipilih 30 cm sedangkan ketinggian tangki 35 cm. Misalkan ketinggian air dalam tangki adalah 30 cm maka z_s maksimum adalah tepat di tengah-tengah tangki adalah 30 cm = 0,3 m.
- a. Kecepatan air keluar tangki masuk ke pipa pembuangan adalah:
 $v = 2,425$ m/detik
- b. Debit aliran air yang keluar tangki
 $Q = 73,8$ liter/menit

5. SARAN

1. Alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa ini dibuat untuk membuktikan fenomena yg terjadi di alam dan di lingkungan, dengan tujuan dapat diamati secara langsung dengan media tabung dan air, namun apabila ingin menggunakan media selain air diharapkan untuk menghitung ulang rumus perancangannya.

2. Kedepannya alat uji *vortex* bebas dan *vortex* paksa ini dapat ditingkatkan dengan menggunakan tabung akrilik yang berdiameter lebih besar dari tabung saat ini agar fenomena tersebut dapat dilihat dan diamati lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Batchelor, G. K, 1967, *An Introduction to Fluid Dynamics*, Cambridge University.
- Chuch, A.H, 1996, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Daugherty.L.R., and J.B. Franzini, *FLUID MECHANICS*, 6th edition, Mc Graw Hill, Newyork, 1965.
- Dietzel, F, 1990, *Turbin pompa dan Kompresor*, Penerbit Erlangga, 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.
- Posdam J Sihombing, Ray dan Gultom Syahril, 2014, *Analisa Efisiensi Vortex Dengan Casing Bernampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar*.
- Satmoko, Ari, Santoso, Puji dan Tukiman, 2013, *Laporan Teknis Desain Rinci Irradiator Gamma Kapasitas 200 Kci untuk Irradiasi Bahan Pangan Hasil Pertanian*, PRPN – BATAN, Serpong.
- Sularso, Haruo Tahara, 1994, *Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Streeter.V.L., Wylie Benyamin.E., diterjemahkan Arko Priyono, *MEKANIKA FLUIDA*, Edisi Kedelapan, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1999.
- U. P. J. Praing, Heryanto, 2010, *Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Flowmeter pada Proses Custody Transfer Aliran Fluktuatif di Laboratorium INDI TF, Institut Teknologi Bandung, Bandung*.