

## RANCANG BANGUN BASIN SILINDER BERPENAMPANG LINGKARAN DENGAN DIAMETER 50 CM PADA GRAVITATION WATER VORTEX POWER PLANT (GWVPP)

1) Prodi Teknik Elektro  
Universitas Nurul Jadid  
Paiton Probolinggo,

2) Departemen Fisika  
Fakultas Sainctics  
Universitas Sepuluh  
November Surabaya

Corresponding email <sup>1\*)</sup> :

[Hasanmohammadbasri83@gmail.com](mailto:Hasanmohammadbasri83@gmail.com)

Received: 22-04-2020

Accepted: 24-11-2020

Published: 28-12-2020

©2020 Politala Press.

All Rights Reserved.

**Moh Abdus Syuhud <sup>1)</sup>, Muhammad Hasan Basri <sup>1\*)</sup>,  
Bachtera Indarto <sup>2)</sup>**

**Abstrak.** *Gravitational Water Vortex Power Plant adalah jenis green technology yang termasuk dalam kategori pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Basin adalah salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada kecepatan aliran vortex. Basin vortex merupakan tabung yang digunakan untuk melihat fenomena vortex yang terjadi pada fluida cair, dengan terjadinya fenomena vortex pada basin yang menggunakan pompa air untuk mengalirkan fluida cair ketabung vortex. Tujuan perancangan ini adalah merancang basin silinder dengan diameter 50 cm yang menentukan sistem kerja alat GWVPP agar bisa digunakan untuk mengamati debit air, torsi, daya turbin, dan daya listrik. Basin silinder dirancang dengan pengambilan data dalam 1 hari selama 5 jam, menghasilkan debit tertinggi 0,82 l/s, torsi tertinggi 0,000024 Nm, daya turbin 0,00081 watt, dan daya listrik 0,87 watt pengujian turbin model L 4 sudu, dan debit tertinggi 0,90 l/s, torsi tertinggi 0,000036 Nm, daya turbin 0,00096 watt, dan daya listrik 1,95 watt pengujian turbin model S 4 sudu.*

**Kata Kunci:** *Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP), Basin Silinder, Debit, Torsi, Daya Listrik.*

**Abstract.** *Gravitational Water Vortex Power Plant is a type of green technology that is included in the category of micro hydro power plants. Basin is one of the components that greatly affects the velocity of the vortex flow. The vortex basin is a tube used to see the vortex phenomenon that occurs in liquid fluid, with the occurrence of the vortex phenomenon in a basin that uses a water pump to drain liquid fluid to the vortex tube. The purpose of this design is to design a cylinder basin with a diameter of 50 cm which determines the working system of the GWVPP tool so that it can be used to observe water discharge, torque, turbine power and electric power. The cylinder basin is designed with data retrieval in 1 day for 5 hours, resulting in the highest discharge of 0.82 l / s, the highest torque of 0.000024 Nm, 0.00081 watts of turbine power, and 0.87 watts of electric power testing the 4-blade L model turbine. , and the highest discharge is 0.90 l / s, the highest torque is 0.000036 Nm, the turbine power is 0.00096 watts, and the electric power is 1.95 watts, the test for the 4-blade S model turbine.*

**Keywords:** *Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP), Cylinder Basin, Discharge, Torque, Electric Power..*

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.122>

### 1. Pendahuluan

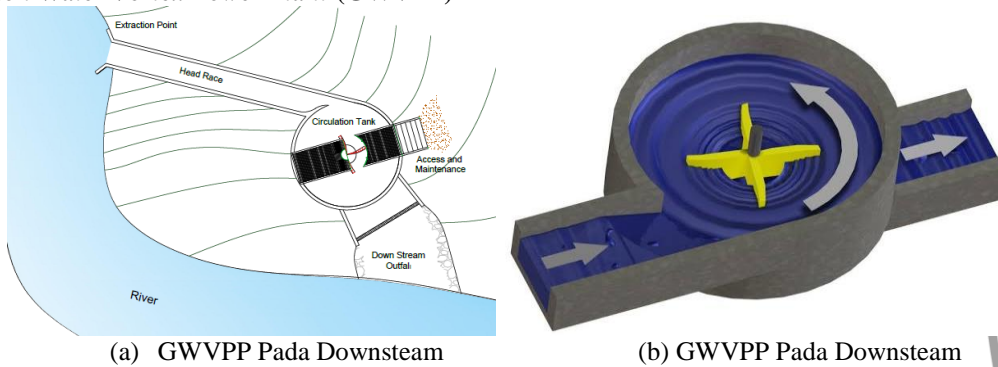
Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi pilihan untuk memanfaatkan energi alternatif. PLTMH dibuat berdasarkan seberapa besar *head* air yang ada dan seberapa besar energi listrik yang akan dihasilkan, pembangkit ini dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan *head* tinggi sedangkan untuk aliran sungai dengan *head* rendah belum termanfaatkan dengan optimal, maka didapatkan solusi yaitu menggunakan turbin air yang digerakkan dengan aliran *vortex* karena hanya membutuhkan *head* rendah. [1]. Gerakan *vortex* berputar

disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara 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 didalamnya [2].

Sumber energi untuk pembangkit listrik tingkat mikro ini melimpah tersedia di alam. Adapun contoh dari Dalam pembentukan fenomena *vortex*, tabung adalah salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada kecepatan aliran *vortex*. Tabung *vortex* merupakan tabung yang digunakan untuk melihat fenomena *vortex* yang terjadi pada fluida cair. Tabung *vortex* menggunakan pompa air untuk mengalirkan fluida cair ketabung *vortex*. Pada tabung *vortex* terdapat saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) yang berfungsi sebagai jalur masuk dan keluarnya air [3]. Bertolak dari latar belakang diatas penulis tertarik untuk merancang sebuah alat uji *vortex*, untuk merancang basin silinder berpenampang lingkaran dengan diameter 50 cm pada *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP).

## 2. Tinjauan Pustaka

### *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP)



(a) GWVPP Pada Downsteam

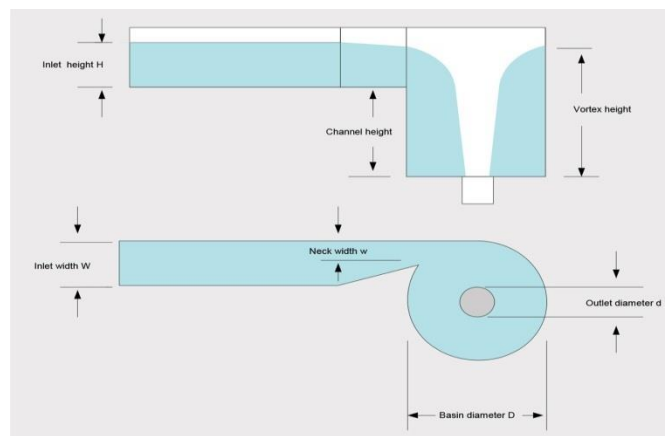
(b) GWVPP Pada Downsteam

**Gambar 1.** GWVPP pada *upsteam* dan *downstream* sungai (Power, 2016).

*Gravitational Water Vortex Power Plant* adalah jenis *green technology* yang termasuk dalam kategori pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Saat ini sedang dikategorikan sebagai tenaga mikrohidro karena pembangkit listrik maksimum yang dilaporkan tidak melebihi 100 kW. Keuntungan utama dari pembangkit listrik ini adalah persyaratan *head* air yang sangat rendah serta ramah lingkungan. Di pembangkit ini, air melewati lubang masuk (*Inlet*) yang besar dan lurus, yang kemudian mengalir secara tangensial ke cekungan bundar. Air kemudian akan membentuk pusaran yang kuat, yang keluar dari saluran keluar (*Outlet*) di bagian tengah bawah dari *basin* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1, karena persyaratan *head* air yang sangat rendah, pembangkit tidak bekerja pada perbedaan tekanan tetapi pada kekuatan dinamis yang dihasilkan oleh pusaran. Oleh karena itu, biaya pengembangan dan pembangkit listrik sangat rendah di GWVPP dibandingkan dengan teknologi tenaga air lainnya [4].

### Basin Silinder

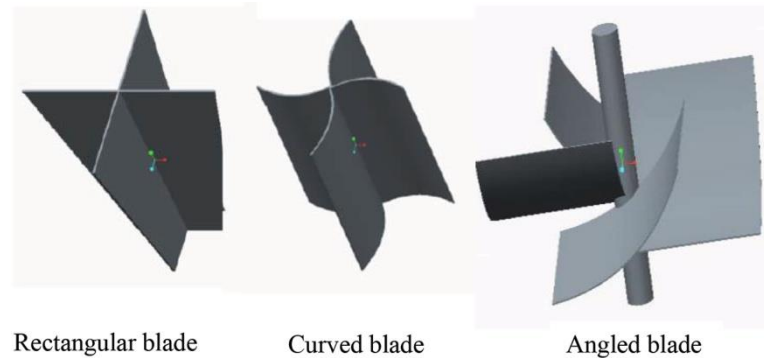
Wadah (*basin*) atau tempat penampungan air yang nantinya terjadi pembentukan fenomena *vortex*. *Basin* adalah salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada kecepatan aliran *vortex*. *Basin vortex* merupakan tabung yang digunakan untuk melihat fenomena *vortex* yang terjadi pada fluida cair, dengan terjadinya fenomena *vortex* pada *basin* yang menggunakan pompa air untuk mengalirkan fluida cair ketabung *vortex*. Pada tabung *vortex* terdapat saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) yang berfungsi sebagai jalur masuk dan keluarnya air [5].



**Gambar 2.** *Basin Vortex* Berbentuk Silinder (Dhakal, 2015)

### Turbin Vortex (Pusaran)

Pada pembangkit listrik tenaga air, turbin adalah bagian yang digunakan untuk menangkap energi mekanik dari air yang kemudian dihubungkan dengan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi listrik. contoh turbin seperti pada Gambar 3 [6].



Gambar 3. Tiga Tipe Turbin dengan 4 sudu (Dhakal, 2015)

Pada Gambar 3 adalah turbin dengan 4 sudu gerak (*blade*). Turbin sendiri adalah mesin penggerak yang memanfaatkan pergerakan fluida untuk memutar sudu turbin. Yang mana fluida berupa cair atau gas bisa digunakan. Untuk fluida cair yang biasanya berupa air, biasanya dianggap tak terkompresi. Yaitu, fluida yang masa jenisnya tidak berubah terhadap tekanan, mengikuti aliran fluida, dan juga stator yang tidak ikut berputar. Pada rotor terdiri dari poros yang bisa berupa tabung solid ataupun berongga, sudu gerak (*blade*) adalah baling-baling yang terpasang pada poros, dan bantalan (*bearing*) yang berfungsi untuk menahan turbin agar tetap pada posisinya. Kemudian pada stator terdiri dari *casing* atau wadah dari turbin, sudu tetap untuk mengarahkan fluida yang masuk menuju sudu gerak [6].

### Pengukuran Debit

Debit merupakan pengertian volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Pengertian lain debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu [7]. Debit dapat dihitung dengan Persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q = Debit ( $m^3/s$ )

V = Volume Wadah ( $m^3$ )

t = Waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah (s)

### Pengukuran Torsi

Torsi dihasilkan ketika gaya diterapkan untuk menghasilkan rotasi, seperti, misalnya, ketika kunci pas digunakan untuk memutar baut atau palu cakar digunakan untuk menarik paku dari kayu. Torsi adalah kecenderungan untuk menghasilkan perubahan dalam gerakan rotasi [8]. Torsi diukur dengan menggunakan mekanisme *rope brake* seperti pada Gambar berikut [10].

$$T = F \cdot r \quad (2)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

F = beban yang diberikan pada poros (N) = F<sub>2</sub> – F<sub>1</sub>

r = Jari-jari poros (m)

### Daya Turbin

Daya turbin merupakan daya keluaran yang dihasilkan oleh turbin setelah terjadinya pusaran air [9].

$$Pt = T \cdot \omega \quad (3)$$

Dimana : Pt = Daya turbin (watt)

T = Torsi (Nm)

$\omega$  = Kecepatan angular (rad/s)

### Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan

mengubahnya menjadi cahaya, sedangkan *Heater* mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi. Daya listrik pada Rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan Hukum Joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya [10], melalui Persamaan 2.4 berikut :

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Dimana : P = Daya Listrik (Watt)

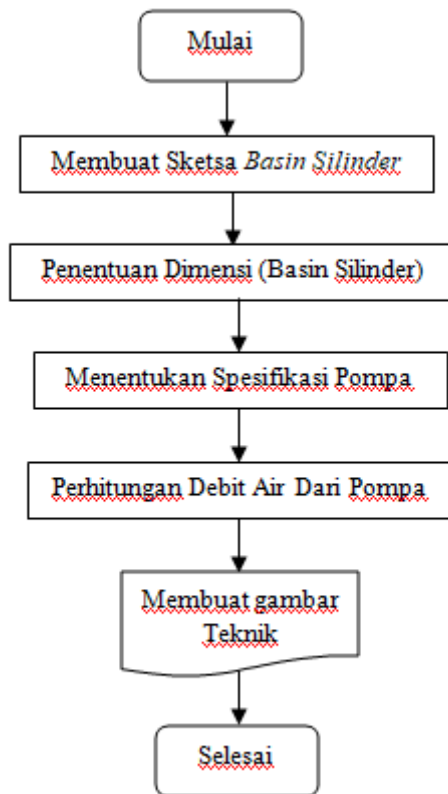
V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

### 3. Metodologi

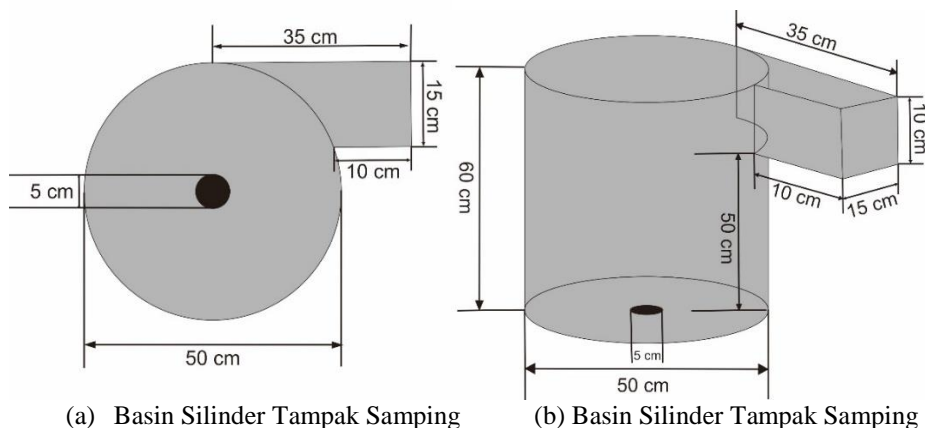
#### Diagram Alir Perancangan

Pada penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti tahap-tahap seperti pada diagram alir perancangan *basin silinder*, seperti berikut ini:



**Gambar 4.** Diagram Alir Perancangan

#### Sketsa Alat Uji Basin Silinder



(a) Basin Silinder Tampak Samping

(b) Basin Silinder Tampak Samping

**Gambar 5.** (a), (b) Sketsa Alat *Basin Silinder*

### Prinsip Kerja Basin Silinder

*Basin silinder* dirancang untuk digunakan pada alat GWVPP sebagai pengujian *fenomena vortex*. Untuk pengujian *fenomena vortex*, bak diisi air, air dialirkan ke tabung (*basin*) sampai volume yang diinginkan dan katup/*valve* yang terpasang di *basin* diatur bukaanya, maka *fenomena vortex* akan dapat diamati, serta besaran *fenomena vortex* yang terjadi juga dapat diukur. Adapun dalam penelitian ini yang diukur adalah debit air, torsi, daya turbin, dan daya listrik yang dihasilkan.

Sedangkan *basin* yang digunakan pada penelitian ini memakai *basin* yang berbentuk silinder. *Basin* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran tinggi 50 cm dan memiliki diameter 50 cm, untuk diameter *outlet* nya 5 cm. Untuk turbin yang digunakan pada penelitian ini menggunakan turbin model L dan turbin model S dengan 4 sudu.

- **Menentukan Dimensi Tabung (*Basin*)**

Untuk lebih mempermudah dalam proses perancangan ini, maka dalam penelitian ini ada beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan. Adapun dalam perancangan ini dimulai dari menentukan dimensi atau ukuran dari tabung *basin silinder* dan rangka instalasi, karena pada dimensi *basin silinder* dan rangka instalasi sangat berpengaruh terhadap proses terjadinya *fenomena vortex*. Dimensi *basin silinder* ditentukan dengan cara beberapa pertimbangan, yaitu :

1. *Basin* harus terbuat dari plat seng agar *fenomena vortex* dapat diamati, dan tidak ada kebocoran waktu *basin* di alirani oleh air. Material untuk *basin silinder* ini adalah plat almunium.
2. *Basin* yang terbuat dari plat seng lumayan murah, karenanya dipilih *basin* yang dimensinya yang tidak terlalu besar tetapi bisa digunakan untuk mengamati *fenomena vortex* tersebut.

- **Tabung *Basin Silinder***

*Basin silinder* yang dirancang pada alat GWVPP tujuannya untuk menguji aliran *vortex* yang terjadi pada tabung *basin silinder*. Untuk dimensi pada *basin silinder* juga sangat penting karena berpengaruh terhadap komponen-komponen pendukung seperti pompa yang akan digunakan. Sedangkan untuk *basin* yang digunakan pada penelitian ini memakai *basin* yang berbentuk *silinder* dengan ukuran tinggi 60 cm dan diameter 50 cm, untuk diameter *outlet* nya 5 cm.

- **Pipa Pvc**

Pipa yang digunakan pada alat uji ini adalah pipa PVC (*Polivynil Chloride*) yang banyak digunakan pada rumah tangga. Pipa PVC dipilih 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

- **Turbin**

Setelah proses perancangan *basin silinder*, maka langkah selanjutnya adalah perancangan turbin. Pada tahap ini turbin yang dirancang adalah turbin model L dan S dengan diameter 40 cm atau dengan jarak 5 cm terhadap dinding *basin silinder*. Maka turbin ini dirancang agar mudah di bongkar pasang sebagai variasi untuk menemukan daya turbin yang dihasilkan.

### Pemilihan Komponen Pendukung Alat Uji *Basin Silinder*

Pada pengujian *basin silinder* ini, terdapat komponen-komponen pendukung yaitu *valve/katup*, *avometer*, *tachometer*. Didalam memilih *valve/katup*, *avometer*, *tachometer* 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 *tachometer* sendiri melibatkan beberapa faktor. Sedikitnya ada beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan *tachometer* dan *avometer*.

1. Jenis besaran proses yang harus diukur serta jenis dari besaran proses.
2. Fungsi tambahan dari alat ukur yang akan dipakai, ada atau tidak.
3. Memperhatikan dengan baik apakah alat ukur yang nantinya dipakai memiliki ketelitian dan ketepatan pengukuran yang di butuhkan.

4. Selain itu kecepatan respon alat tersebut juga perlu dipertimbangkan dengan baik.
5. Disamping itu, *factor* terpenting yang perlu dipertimbangkan adalah *factor* kehandalan dan biaya perawatan alat ukur tersebut.

Begitu pentingnya mempertimbangkan *factor-faktor* pemilihan *avometer*, dan *tachometer*. Hal ini bertujuan agar *avometer*, dan *tachometer* tersebut dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan yang kita inginkan.

#### Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data mengikuti tahapan seperti dibawah ini:

1. Penelitian diawali dengan perakitan semua komponen kemudian memposisikan saluran tepat berada pada bak penampungan.
2. Memposisikan pompa air ke bak penampung, memastikan bahwa lubang buang yang dipakai sudah benar.
3. Memasang sudu dengan variasi jumlah sudu 3 buah.
4. Hidupkan pompa kemudian pastikan aliran air menuju ke saluran.
5. Mempertahankan tinggi level air.
6. Mengukur putaran poros dengan *tachometer*, kemudian mengukur torsi yang terjadi pada poros turbin dengan t.
7. Menghitung debit dengan menampung air dari keluaran *vortex basin*.
8. Memvariasikan jarak turbin dengan *outlet* buang, sebesar 8cm, 13cm, 18cm, 22cm, dan 28.
9. Ulangi langkah 3 dengan memvariasikan jumlah sudu sebesar 3 buah, 4 buah, dan 6 buah.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### Menentukan Dimensi *Basin* Dan Pipa

- *Basin Silinder*

*Basin Silinder* yang dipilih untuk melakukan pengujian pada alat GWVPP adalah *basin silinder* aluminium, tujuan dari memilih *basin* yang aluminium adalah agar ketika fenomena *vortex* terjadi dapat dilihat dan diamati dengan baik. Sedangkan dimensi dari *basin* aluminium ini adalah diameternya 50 cm dan tingginya 50 cm.

- *Outlet Basin Silinder*

Pada *basin silinder* ini menggunakan outlet 5 cm, tujuannya untuk menguji *basin silinder* dengan menggunakan turbin *vortex* pada air yang mengalir membentuk pusaran. Air akan mengalir melalui talang dan mengisi *basin* selanjutnya keluar melalui lubang buang sampai membentuk aliran *vortex* atau juga bisa disebut *outlet*. Keluaran pada *Gravitation Water Vortex Power Plant* ini untuk membuat saluran pembuangan berdiameter 5 cm sehingga membentuk aliran *vortex* yang maksimal.

- Turbin

Pada tahap ini semua alat dan bahan harus dipersiapkan secara lengkap, dan diperlukan pengukuran secara detail pada *blade* turbin sesuai kebutuhan penelitian yang sudah ditentukan. Yaitu *blade* berdiameter 40 cm, sehingga mendapatkan jarak 5 cm antara turbin dengan dinding *basin silinder*. Dan dengan tinggi sudu turbin 10 cm sehingga turbin model L dan S

##### Hasil Uji *Basin Silinder* Menggunakan Turbin Model L 4 sudu

Pada pengujian *basin silinder* menggunakan turbin model L 4 sudu pada alat GWVPP dapat menghasilkan debit air, torsi, daya turbin, dan daya listrik. Pengujian dilakukan dengan 10 percobaan dengan memvariasikan ketinggian turbin, yang selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), dan dapat diketahui hasil, seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Dari Turbin Model L 4 Sudu

Model Turbin	No Turbin model	Tinggi Turbin (cm)	Debit (l/s)	Torsi (Nm)	Tegangan (Watt)		Arus (A)	RPM	Daya Turbin (Watt)	Daya listrik (Watt)
					Tanpa beban	Berbeban				
L 4 sudu	1	10	0,63	0,00012	2,35	1,45	0,6	230	0,0029	0,87
	2	12	0,66	0,00006	2,28	1,41	0,6	227	0,0014	0,85
	3	14	0,58	0,00003	2,25	1,43	0,5	256	0,00081	0,72
	4	16	0,73	0,00003	2,18	1,54	0,4	255	0,00071	0,62

5	18	0,66	0,00003	2,13	1,53	0,5	256	0,00081	0,73
6	20	0,70	0,00003	2,09	1,55	0,4	252	0,00079	0,62
7	22	0,82	0,000018	2,05	1,49	0,3	247	0,00047	0,45
8	24	0,73	0,000018	1,95	1,51	0,3	245	0,00046	0,45
9	26	0,77	0,000024	1,85	1,48	0,2	232	0,00058	0,30
10	28	0,59	0,000012	1,81	1,46	0,2	220	0,00028	0,29

### Hasil Uji *Basin Silinder* Menggunakan Turbin Model S 4 sudu

Pada pengujian *basin silinder* menggunakan turbin model S 4 sudu pada alat GWVPP dapat menghasilkan debit air, torsi, daya turbin, dan daya listrik. Pengujian dilakukan dengan 10 percobaan dengan memvariasikan ketinggian turbin, yang selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), dan dapat diketahui hasil, seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Dari Turbin Model S 4 Sudu

Model Turbin	No Turbin model	Tinggi Turbin (cm)	Debit (l/s)	Torsi (Nm)	Tegangan (Watt)		Arus (A)	RPM	Daya Turbin (Watt)	Daya listrik (Watt)
					Tanpa beban	Berbaban				
Turbin model S 4 sudu	1	10	0,59	0,00012	2,31	1,54	0,9	261	0,0033	1,39
	2	12	0,76	0,00012	2,33	1,65	0,9	299	0,0038	1,49
	3	14	0,75	0,00006	2,32	1,63	0,8	294	0,0018	1,30
	4	16	0,78	0,00009	2,34	1,61	0,8	291	0,0027	1,29
	5	18	0,88	0,000036	2,60	2,44	0,8	319	0,0012	1,95
	6	20	0,64	0,000036	2,35	2,23	0,7	295	0,0011	1,56
	7	22	0,75	0,00003	2,42	2,12	0,6	297	0,00096	1,27
	8	24	0,60	0,000012	2,32	2,20	0,5	357	0,00045	1,1
	9	26	0,85	0,000012	2,33	2,21	0,4	283	0,00036	0,88
	10	28	0,90	0,00006	2,13	2,02	0,5	256	0,00017	1,04

### 5. Kesimpulan

Hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis penelitian dapat diperoleh kesimpulan, Perancangan *basin silinder* yang di buat mampu menghasilkan debit dan daya listrik pada alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* yang rendah, dibuktikan dengan pengambilan data dalam 1 hari selama 5 jam, menghasilkan debit tertinggi 0,82 l/s, torsi tertinggi 0,000024 Nm, daya turbin 0,00081 watt, dan daya listrik 0,87 watt pada pengujian turbin model L 4 sudu, sedangkan debit tertinggi 0,90 l/s, torsi tertinggi 0,000036 Nm, daya turbin 0,00096 watt, dan daya listrik 1,95 watt pada pengujian turbin model S 4 sudu.

### Ucapan Terima Kasih

Sampaikan ucapan terima kasih kepada pembimbing 1 dan pembimbing 2 Tugas Akhir dalam memberikan saran dan masukan sehingga bisa sampai selesai penulisan artikel ini. Serta tak lupa juga ucapan terima kasih kepada teman-teman Tim *vortex* yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

### Daftar Pustaka

- [1] Fajaruddin Akbar, 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Pengarah Berbentuk Spiral Basin Cone Terhadap Turbin Reaksi Aliran Vortex". JTM. Vol. 05 (02): hal 159-168..
- [2] V. Sihombing, Dkk, 2015. "Pengaruh Variasi Dimensi Sudu dan Luas Saluran Buang Terhadap Prestasi Turbin Vortex". JurnalDinamis. Vol. 03 (02).
- [3] Zainudin, Basuki Rahmat, 2017. "Pengujian Alat Uji Vortex Bebas Dan Vortex Paksa". Jurnal Zona Mesin. Vol. 08 (03).
- [4] Power C, dkk. 2016. "A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydro power (GVHP)". Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 2.
- [5] S. Dhakal, A. B. Timilsina, R. Dhakal, D. Fuyal, and T. R. Bajracharya, "Comparison of cylindrical and conical basins with optimum position of runner : Gravitational water vortex power plant \$," vol. 48, 2015.

- [6] Gibran. 2014. "Rancang bangun turbin vortex dengan casing berpenampang lingkaran yang menggunakan sudu diameter 46cm pada 3 variasi jarak antara sudu dan saluran keluar". Medan: USU.
- [7] Munson, Bruce, R., Young, Donald, F., Okiishi, Theodore, H. 2006. "Fundamentals Of Fluid Mechanics Fifth Edition". Jhon Wiley & Sons Inc.
- [8] D. Ewen, N. Schurter, And P. E. Gundersen, *Applied Physics 10th Edition*, 10th Editi. Amerika Serikat: Prentice Hall, 2012.
- [9] Pritchard, P.J. 2011. *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics*. Eighth Edition. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Alexander C K. 2009. *Fundamentals of Electric Circuits*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill.

