

## Dengaruh Eksentrisitas dan Jarak Antar Lubang Saluran Keluar Basin Terhadap Dimensi *Vortex*

*(The Effect of Eccentricity and Distance Between Basin Outlets Due to Vortex Dimensions)*

Putri Rukmana Dewi<sup>1</sup>, Gatut Rubiono<sup>2,\*</sup>, Ikhwanul Qiram<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Universitas PGRI Banyuwangi

\*Email korespondensi: g.rubiono@unibabwi.ac.id

### Abstract

*Vortex generation is one of the fluid flow phenomena. This study aims to determine the effect of eccentricity and the distance between the basin outlet holes on the vortex dimensions. The basin uses a transparent plastic container with a slightly smaller bottom diameter so that a cone effect occurs. The water flow discharge is varied by setting the valve opening. The output holes are varied into one and two output holes. For one output hole, the center position is varied and shifted left and right. The two output holes are varied with eccentricities of 3, 4 and 4 cm. Two cameras positioned at the top and side of the basin recorded the vortex for 20 seconds. The height and diameter of the vortex were measured using the Kinovea application for processing graphic data every 5 seconds of video recording. The results showed that the eccentricity and the distance between the output holes had effect due to vortex dimensions. The vortex height increased up to 43.10%, the inner diameter increased up to 98.33% and the outer diameter increased up to 197.62%.*

**Keywords:** *Vortex, Diameter, Height, Basin.*

### Abstrak

Pembangkitan *vortex* merupakan salah satu fenomena aliran fluida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh eksentrisitas dan jarak antar lubang saluran keluar basin terhadap dimensi *vortex*. Basin menggunakan wadah plastik transparan dengan ukuran diameter bawah sedikit lebih kecil sehingga terjadi efek kerucut. Debit aliran air divariasikan dengan pengaturan bukaan katup. Lubang *output* divariasikan menjadi satu dan dua lubang *output*. Untuk satu lubang *output* divariasikan posisi tengah dan digeser ke kiri dan ke kanan. Untuk dua lubang *output* divariasikan dengan eksentrisitas 3, 4 dan 4 cm. Dua kamera diposisikan di bagian atas dan samping basin yang merekam *vortex* selama 20 detik. Tinggi dan diameter *vortex* diukur menggunakan aplikasi Kinovea untuk pengolahan data grafis setiap selang 5 detik rekaman video. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eksentrisitas dan jarak antar lubang *output* berpengaruh terhadap dimensi *vortex*. Tinggi *vortex* meningkat sampai dengan 43,10%, diameter dalam meningkat sampai dengan 98,33% dan diameter luar meningkat sampai dengan 197,62%.

**Kata kunci:** *Vortex, Diameter, Tinggi, Basin*

## I. Pendahuluan

Air memiliki sebuah sifat dalam laju aliran yang dimilikinya [1]. Salah satu sifat aliran yang dimiliki air adalah eksentrisitas, dimana eksentrisitas merupakan suatu gerak melingkari suatu poros. Jika dalam suatu laju aliran air, gerak eksentrik dapat membentuk

suatu pusaran atau dapat disebut dengan aliran *vortex* [2]. *Water vortex* atau bisa disebut juga dengan istilah *pulsating* yang pada laju alirannya mengandalkan sebuah pusaran mengalir [3]. Pusaran air adalah fenomena dimana air mengalir dengan gerakan berputar dan digambarkan dengan koordinat silinder, dengan sumbu tangensial, radial, dan aksial [4].

Pusaran air dapat terjadi apabila suatu fluida mengalir pada saluran dan mengalami perubahan secara mendadak. Terdapat basin atau tampungan fluida yang akan digunakan untuk menciptakan suatu laju aliran *vortex* [5]. Basin adalah sebuah bangun ruang berbentuk prisma tegak beraturan yang alas dan tutupnya berbentuk lingkaran [6]. Basin memiliki dua lubang yaitu *input* dan *output*, dimana lubang *input* untuk aliran masuk sedangkan *output* untuk aliran keluar fluida [5]. Dasar konsep penggunaan basin adalah untuk mengarahkan air yang mengalir secara tangensial ke dalam ruang pusaran, mengalir melalui lubang tengah di bagian bawah. Geometri ruang memaksa cairan untuk mengembangkan pusaran tanpa sudu pengarah [7]. Aliran diarahkan ke wadah berbentuk kerucut melalui saluran masuk tangensial yang cukup lebar [8].

Studi pusaran air sampai saat ini dapat dikategorikan menjadi dua aspek yaitu studi analitis pola aliran, dilengkapi dengan simulasi dan eksperimen, dan studi eksperimen laboratorium untuk ekstraksi daya [9]. Aliran pusaran dianggap kuat ketika inti udara yang stabil berkembang di bagian sumbu pusaran. *Vortex* yang *steady* akan meningkatkan rotasi dan kecepatannya, yang berguna untuk pembangkitan energi [10]. Basin berdiameter 1 meter dan tinggi 1 meter dapat menghasilkan *vortex* dengan kekuatan maksimum dengan kemiringan kerucut tabung sebesar  $14^\circ$  [8]. Sedangkan basin dengan tinggi kerucut 20 mm dan sudut kerucut  $60^\circ$  menghasilkan pembentukan *vortex* yang maksimum [11].

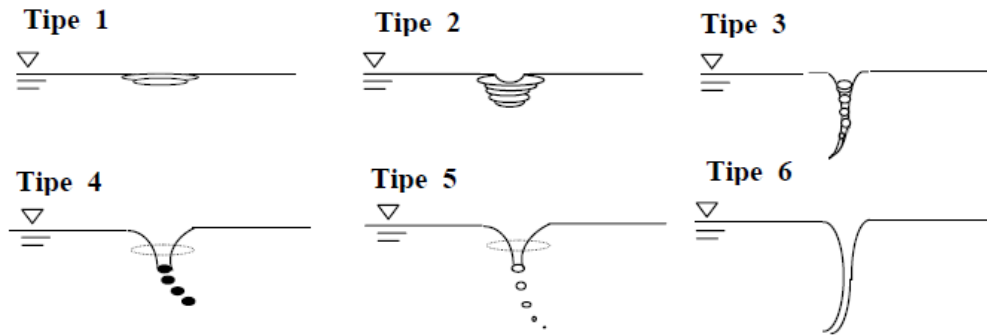
Debit air *input* juga mempengaruhi dalam pembentukan aliran *vortex* terbaik [12]. Dalam suatu penciptaan aliran *vortex* diperlukan debit air yang tepat untuk mendorong pusaran air agar membentuk sebuah pusaran yang presisi [3]. Dimana ketinggian suatu pusaran serta diameter atas pusaran akan mempengaruhi terhadap laju aliran *output* yang dihasilkan [13]. Pusaran *vortex* ini merupakan salah satu alternatif pembangkit energi listrik tenaga air yang laju aliran *vortex* dapat dilihat secara langsung dan jelas [14]. Pergerakan pusaran yang dihasilkan oleh laju aliran *vortex* tersebut sangat tampak mempunyai aliran yang kencang dengan mengandalkan debit dan *head* yang rendah [15]. Fenomena *vortex* merupakan fenomena pusaran aliran yang terjadi akibat lubang pada penampang bawah aliran/tampungan [16].

Metode yang banyak dikembangkan untuk pemanfaatan energi air dengan *head* yang sangat rendah adalah dengan menggunakan *gravitational water vortex* atau dikenal juga dengan istilah *free energy* [17]. Fenomena *vortex* atau pusaran aliran air tersebut mengakibatkan percepatan dari kecepatan rendah menjadi kecepatan tinggi sehingga meningkatkan sejumlah energi kinetik yang terkandung di dalam aliran air [15]. Aliran *vortex* memiliki peranan penting dalam pengembangan ke depannya sebagai pembangkit listrik *free energy* berdasarkan laju *vortex* terbaik yang telah diciptakan sebelumnya serta menggunakan laju aliran *output vortex* yang notabene aliran kencang untuk menggerakkan suatu kincir pembangkit listrik. Dengan adanya aliran *vortex*, aliran dapat berputar dan menciptakan percepatan laju aliran, sehingga aliran yang semula memiliki hambatan pada hulu, akan lebih cepat menuju hilir dengan adanya *water vortex* [16].

*Vortex* yang terbentuk dalam sebuah aliran fluida memiliki beberapa tipe yaitu [17]:

1. Tipe 1, merupakan awal aliran air berputar di permukaan.
2. Tipe 2, putaran air mulai menunjukkan adanya cekungan ke dalam di bagian tengah pusaran.

3. Tipe 3, pusaran air mulai membentuk kolom udara (*vortex*) yang bergerak menuju *inlet*.
4. Tipe 4, kekuatan *vortex* mampu menarik material apung masuk ke dalam pusaran.
5. Tipe 5, adalah *vortex* dimana gelembung-gelembung udara pecah di ujung pusat pusaran yang masuk bangunan *intake*.
6. Tipe 6, *vortex* dengan lubang udara penuh menuju *intake*.



Gambar 1. Tipe-tipe *vortex* [17]

Pembangkitan *vortex* merupakan fenomena aliran fluida yang banyak dikaji. Penelitian pembangkitan *vortex* antara lain telah dilakukan untuk dinamika pusat rotasi fluida pada penggabungan *vortex*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *vortex* yang berada di pusat perputaran fluida memiliki waktu difusi yang lebih panjang dibandingkan *vortex* yang eksentris dan menjadi *vortex* dominan dalam proses penggabungan [18]. Analisis numerik dilakukan untuk formasi *water vortex*. Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi *vortex* dipengaruhi oleh ketinggian atau volume air di dalam basin [19]. Perancangan alat uji *vortex* dilakukan untuk jenis *vortex* bebas dan paksa. Hasil perancangan menggunakan wadah berbentuk lingkaran sebagai pembangkit *vortex* [5].

Sebuah penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh bentuk wadah cembung dan cekung untuk turbin *water vortex* sistem gravitasi. Hasil penelitian antara lain menunjukkan bahwa bentuk basin cekung cenderung meningkatkan kecepatan aliran di lubang *output* basin [20]. Sedangkan penelitian lain dilakukan untuk perbandingan pembangkitan *vortex* dengan variasi geometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi *vortex* maka kekuatan *vortex* semakin besar. Tinggi *vortex* berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan tangensial maksimum yang terjadi di lingkaran diameter *vortex*. Aliran fluida di dalam *vortex* cenderung bergerak ke arah tangensial dibandingkan ke arah aksial [21].

Berdasarkan latar belakang ini maka diperlukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan pengaruh eksentrisitas dan jarak antar lubang keluar basin terhadap dimensi *vortex*.

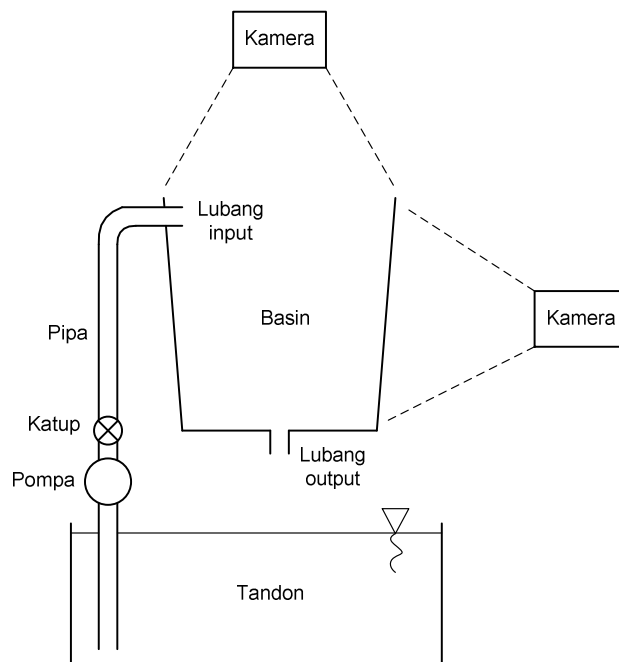
## II. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan eksperimen menggunakan peralatan dengan skema seperti Gambar 2. Peralatan uji didesain sedemikian rupa sehingga aliran air dapat bersirkulasi dari tandon penampung ke dalam basin sebagai wadah pembentukan *vortex*. Basin menggunakan wadah plastik transparan dengan ukuran diameter atas 33 cm, diameter bawah 28 cm dan tinggi 33 cm. Aliran fluida dikondisikan dengan sebuah pompa

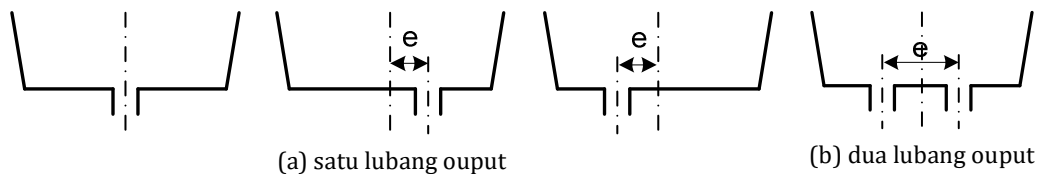
dan melewati saluran pipa yang dilengkapi dengan katup pengatur aliran. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC berukuran diameter 1 inci.

Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah lubang *output* yaitu 1 dan 2 lubang. Variasi 1 lubang menggunakan pipa berukuran sama dengan saluran lubang *input* (1 inci), sedangkan untuk variasi 2 lubang menggunakan pipa berukuran separuhnya (0,5 inci). Untuk 1 lubang *output* divariasikan posisi tengah sumbu basin, dan titik pusat lubang digeser ke kiri dan ke kanan sebesar 3 cm. Untuk variasi 2 lubang, eksentrisitas atau jarak antar sumbu lubang divariasikan sebesar 3, 4 dan 5 cm. variasi eksentrisitas lubang dapat dilihat pada skema di **Gambar 3**. Debit aliran fluida divariasikan untuk 3 debit dengan pengaturan bukaan katup sebesar  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan bukaan penuh. Debit diukur di lubang *input* menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali dan dihitung nilai rata-ratanya.

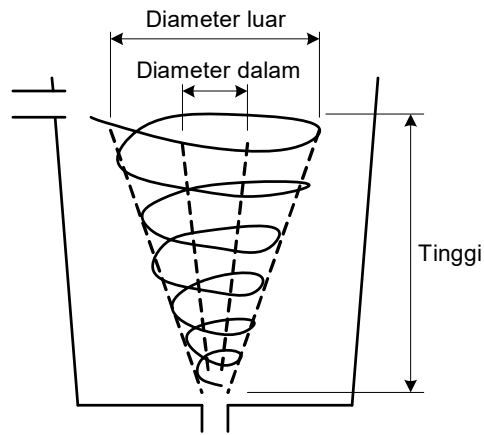
Pengamatan *vortex* dilakukan dengan 2 kamera, sebuah kamera diposisikan dengan jarak 50 cm di atas basin dan 50 cm di samping basin. Kamera merekam *vortex* selama 20 detik. Pengolahan data tinggi dan diameter *vortex* dilakukan dengan aplikasi Kinovea 08.15. Diameter *vortex* yang diukur adalah diameter dalam dan diameter luar dimana yang diukur adalah diameter di bagian paling atas atau di permukaan air. Pengukuran dengan aplikasi grafis ini dilakukan untuk setiap selang waktu 5 detik untuk mendapatkan nilai rata-rata.



**Gambar 2.** Skema peralatan penelitian



**Gambar 3.** Skema variasi jumlah lubang *output*



Gambar 4. Skema dimensi vortex

### III. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data debit didapatkan debit sebesar 0,09; 0,15 dan 0,20 lt/dt. Berikut ini contoh foto-foto tampilan vortex untuk debit 0,20 lt/dt.



1 lubang ouput, tengah



1 lubang ouput, kiri



1 lubang output, kanan



2 lubang jarak 3 cm



2 lubang jarak 3 cm



2 lubang jarak 3 cm

Gambar 5. Contoh foto-foto vortex

Contoh tampilan pengolahan data tinggi dan diameter vortex menggunakan aplikasi Kinovea dapat dilihat di **Gambar 5**. Hasil pengolahan data dapat dilihat di **Tabel 1-6**.



**Gambar 6.** Contoh tampilan pengolahan data

**Tabel 1.** Tinggi *vortex* rata-rata (cm) untuk variasi 1 lubang *output*

Debit (lt/dt)	Lubang tengah	Lubang kanan	Lubang kiri
0,09	20,95	3,25	2,89
0,15	21,25	5,33	4,70
0,20	25,03	5,77	4,79

**Tabel 2.** Tinggi *vortex* rata-rata (cm) untuk variasi 2 lubang *output*

Debit (lt/dt)	Eksentrisitas 3 cm	Eksentrisitas 4 cm	Eksentrisitas 5 cm
0,09	3,51	0,80	1,41
0,15	6,39	1,64	1,71
0,20	8,70	3,75	2,75

**Tabel 3.** Diameter dalam rata-rata (cm) untuk variasi 1 lubang *output*

Debit (lt/dt)	Lubang tengah	Lubang kanan	Lubang kiri
0,09	4,36	4,53	3,47
0,15	5,97	6,5	4,97
0,20	6,62	6,87	5,81

**Tabel 4.** Diameter dalam *vortex* rata-rata (cm) untuk variasi 2 lubang

Debit (lt/dt)	Eksentrisitas 3 cm	Eksentrisitas 4 cm	Eksentrisitas 5 cm
0,09	3,44	3,38	2,54
0,15	4,18	4,38	2,75
0,20	6,05	4,94	3,52

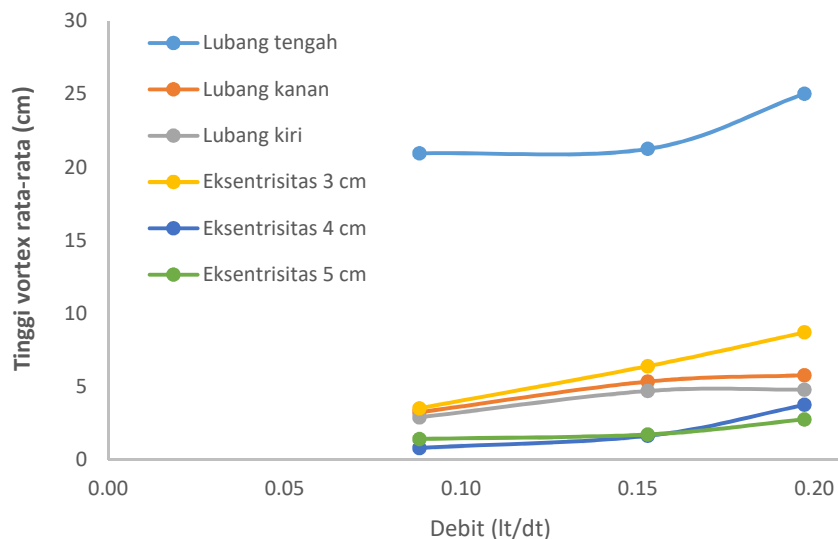
**Tabel 5.** Diameter luar rata-rata (cm) untuk variasi 1 lubang *output*

Debit (lt/dt)	Lubang tengah	Lubang kanan	Lubang kiri
0,09	20,73	10,49	2,89
0,15	22,28	11,47	5,08
0,20	23,96	15,01	9,59

**Tabel 6.** Diameter luar rata-rata (cm) untuk variasi 2 lubang *output*

Debit (lt/dt)	Eksentrisitas 3 cm	Eksentrisitas 4 cm	Eksentrisitas 5 cm
0,09	7,03	8,56	5,42
0,15	8,70	11,75	6,46
0,20	9,94	11,80	6,92

### 3.1. Tinggi *vortex*



**Gambar 7.** Grafik tinggi *vortex* variasi rata-rata

Grafik tinggi *vortex* pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa semakin besar debit maka tinggi *vortex* semakin besar, semakin kecil debit maka semakin rendah juga tinggi *vortex* yang didapat. Hal ini disebabkan karena debit dapat mempengaruhi tinggi *vortex*. Debit yang besar dapat menciptakan tinggi *vortex* yang maksimal. Fenomena ini disebabkan karena volume air yang terjebak dan mengalir di dalam basin lebih banyak sehingga dapat menciptakan suatu pusaran yang lebih besar dan menciptakan tinggi yang maksimal. Sebaliknya semakin kecil debit maka akan semakin rendah pula tinggi *vortex* yang diciptakan karena volume air dalam basin tersebut rendah.

Debit aliran sebesar 0,09; 0,15 dan 0,20 lt/dt jika diprosentasekan menunjukkan perubahan debit sebesar 73,26% dan 123,62%. Peningkatan debit ini menyebabkan peningkatan tinggi *vortex* rata-rata sebesar 1,44 – 77,54% untuk variasi satu lubang *output*.



Peningkatan terbesar terjadi di lubang *ouput* sebelah kanan. Sedangkan untuk variasi dua lubang *ouput* terjadi peningkatan sebesar 21,45 – 368,75%. Peningkatan maksimum terjadi untuk jarak eksentrisitas 4 cm.

Perubahan tinggi *vortex* rata-rata, untuk satu lubang *ouput*, ditinjau dari variasi posisi lubang dan dengan mengacu pada posisi lubang tengah maka terjadi peningkatan sebesar 15,52 – 23,06% untuk posisi lubang di geser ke kanan dan 13,80 – 22,12% untuk posisi lubang digeser ke kiri. Sedangkan untuk variasi dua lubang *ouput*, dengan mengacu pada eksentrisitas 3 cm maka terjadi peningkatan sebesar 22,82-43,10% untuk eksentrisitas 4 cm dan peningkatan sebesar 26,80 – 40,23% untuk eksentrisitas 5 cm.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tinggi *vortex* pada posisi variasi satu lubang masing-masing *output*. Variasi pertama dengan lubang *output* bagian tengah yang memiliki tinggi maksimum lebih baik diantara tinggi variasi lubang kanan dan tinggi variasi lubang kiri. Hal ini terjadi karena lubang *output* bagian tengah adalah titik center sumbu basin yang menyebabkan fluida mengalir dengan baik dan menghasilkan pusaran yang lebar dan tinggi *vortex* yang sempurna. Sedangkan variasi bagian kanan mempunyai tingkat lebih tinggi dari pada variasi bagian kiri.

Hal ini karena lubang *output* bagian kanan berdekatan dengan lubang *input* yang menyebabkan jarak lintasan aliran lebih panjang. Air menjadi lebih lama bertahan di dalam basin karena lintasannya menjadi lebih panjang. Kondisi ini menyebabkan dimensi *vortex* akan lebih tinggi. Variasi bagian kiri mempunyai tingkatan tinggi lebih rendah diantara variasi lubang *output* bagian kanan dan lubang *output* bagian tengah. Karena lubang *output* bagian kiri memiliki jarak lebih jauh dari titik center dan lubang *input*.

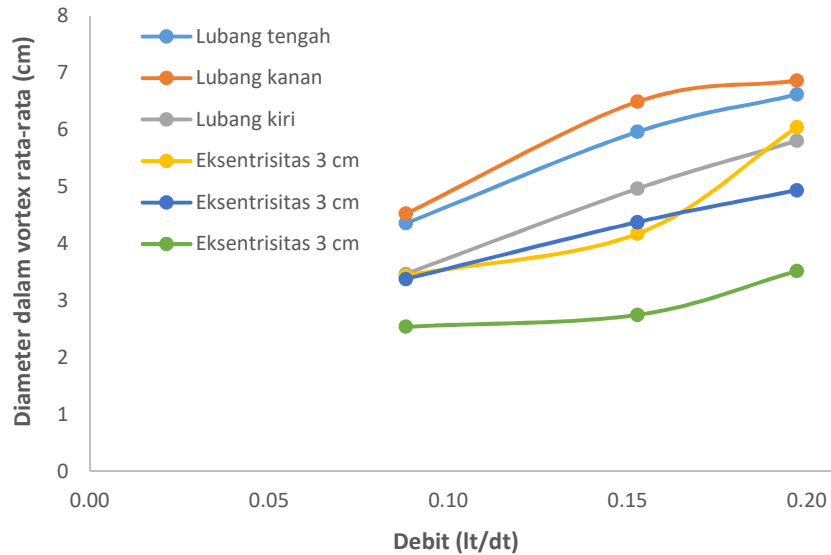
Grafik tinggi *vortex* pada **Gambar 7** juga menunjukkan bahwa terdapat variasi dua lubang *output* yang berjarak 3, 4, dan 5 cm yang juga mempunyai masing – masing perbedaan tinggi. Tingkat tinggi *vortex* maksimum yang lebih baik terjadi pada variasi jarak antar lubang *output* 3 cm sebesar 10 cm dengan debit 0,20 lt/dt. Hal ini terjadi karena jarak antar kedua lubang *output* lebih dekat sehingga menghasilkan tinggi *vortex* yang maksimal. Sementara pada variasi jarak 4 cm lubang *output* memiliki tinggi *vortex* sebesar 4 cm pada variasi debit 0,20 lt/dt. Tinggi pada variasi jarak 4 cm ini menunjukkan tinggi tengah sebelum tinggi minimum untuk jarak antar lubang. Hal ini terjadi karena jarak antar kedua lubang *output* tidak terlalu dekat dan juga tidak terlalu jauh sebab jarak antar lubang *output* mempengaruhi tinggi suatu *vortex* itu sendiri.

Sementara pada variasi jarak 5 cm terjadi tinggi minimum *vortex* sebesar 3 cm pada debit 0,20 lt/dt. Hal ini terjadi karena jarak antar kedua lubang *output* saling berjauhan sehingga menghasilkan tinggi yang sangat minim dibandingkan dengan jarak 3 cm dan 4 cm. Fenomena ini terjadi karena jarak antar lubang yang semakin dekat berdekatan dengan titik center sumbu basin yang dapat menghasilkan *vortex* yang cukup tinggi, dan jarak antar lubang *output* yang semakin jauh dari titik center sumbu basin dapat menghasilkan tinggi *vortex* yang rendah atau tidak maksimal.

### 3.2. Diameter *vortex*

Diameter *vortex* terbagi menjadi dua bagian, terdapat diameter bagian luar dan diameter bagian dalam. Diameter bagian luar adalah diameter yang terbentuk saat *input* menembakkan fluida yang melingkari dinding basin sehingga membentuk pusaran dengan diameter yang besar. Pusaran tersebut terus berputar hingga membentuk pusaran yang diameternya lebih kecil dan tingkat pusarannya lebih cepat karena fluida yang terdapat di dalam basin berebut untuk keluar melalui lubang *output* dan hal ini membentuk diameter dalam *vortex*.





**Gambar 8.** Grafik diameter dalam *vortex* rata-rata

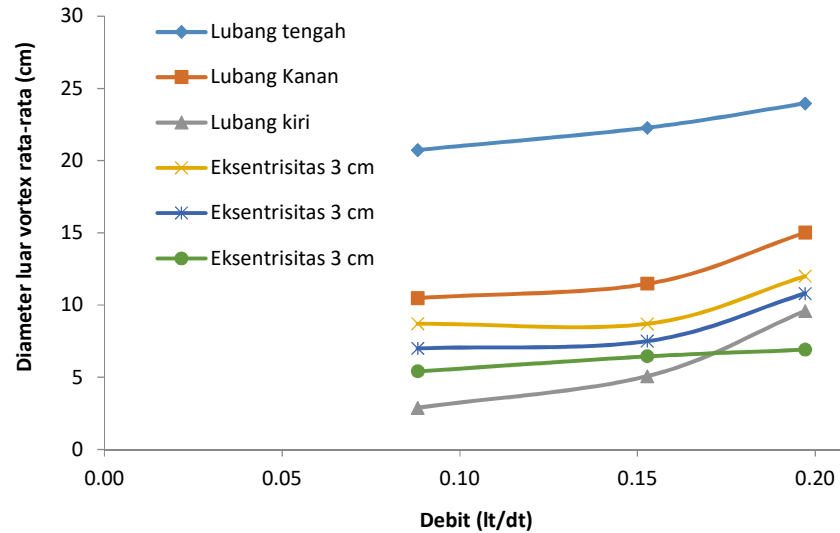
Grafik pada **Gambar 8** menunjukkan bahwa semakin besar debit yang digunakan maka diameter dalam *vortex* semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil debit yang digunakan maka diameter dalam *vortex* juga semakin kecil. Hal ini disebabkan karena debit yang lebih besar dapat meningkatkan volume air yang ada di dalam basin sehingga pusaran diameter yang terbentuk lebih lebar. Diameter bagian dalam *vortex* maksimum terdapat pada variasi lubang bagian kanan sebesar 7 cm pada debit 0,20 lt/dt. Perubahan debit menyebabkan perubahan diameter dalam rata-rata sebesar 36,93 – 67,44%. Peningkatan maksimum terjadi di variasi lubang *output* sebelah kiri, untuk variasi satu lubang. Untuk variasi dua lubang *output*, peningkatan sebesar 8,27 – 75,93%. Peningkatan maksimum terjadi untuk variasi eksentrisitas 3 cm.

Sementara pada diameter bagian dalam *vortex* tengah sebelum diameter dalam *vortex* minimum terjadi pada variasi lubang *output* bagian tengah sebesar 6,5 cm pada debit 0,20 lt/dt. Sedangkan diameter *vortex* bagian dalam minimum terjadi pada variasi lubang *output* bagian kiri sebesar 5,5 cm pada debit 0,20 lt/dt. Diameter maksimum yang terjadi pada *output* bagian kanan karena lubang *output* bagian kanan berdekatan dengan lubang *input* basin sehingga menghasilkan diameter yang lebih besar.

Grafik pada **Gambar 8** juga menunjukkan bahwa diameter *vortex* bagian dalam variasi jarak antar lubang *output* 3 cm, 4 cm, dan 5 cm. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar debit yang digunakan maka diameter *vortex* bagian dalam semakin besar dan sebaliknya. Hal ini disebabkan karena debit yang lebih besar dapat meningkatkan volume air yang ada di dalam basin sehingga pusaran diameter yang terbentuk lebih lebar. Diameter *vortex* bagian dalam terjadi pada variasi jarak lubang *output* 3 cm sebesar 6 cm pada debit 0,20 lt/dt.

Sementara diameter *vortex* bagian dalam tengah sebelum diameter bagian dalam *vortex* minimum terjadi pada jarak antar lubang *output* 4 cm sebesar 4,9 cm pada debit 0,20 lt/dt. Sedangkan untuk diameter bagian dalam *vortex* minimum terjadi pada variasi jarak 5 cm sebesar 3 cm pada debit 0,20 lt/dt. Diameter masing – masing jarak dapat berbeda karena pengaruh jarak antar lubang. Semakin dekat jarak antar lubang diameter dalam akan semakin lebar. Sebaliknya semakin jauh jarak antar lubang diameter dalam semakin mengecil (sempit). Hal tersebut terjadi akibat titik center sumbu basin yang berdekatan dengan lubang *output* yang berjarak lebih dekat.

Perubahan posisi lubang *output*, untuk variasi satu lubang menyebabkan peningkatan diameter dalam *vortex* rata-rata sebesar 76,46 – 96,43%. Peningkatan maksimum terjadi di variasi lubang ouput sebelah kanan. Sedangkan untuk variasi dua lubang ouput, terjadi peningkatan sebesar 58,21 – 98,33%. Peningkatan maksimum terjadi pada eksentrisitas 4 cm.



**Gambar 9.** Grafik diameter luar *vortex* rata-rata (cm)

Grafik pada **Gambar 9** menunjukkan bahwa semakin besar debit yang dialirkan maka diameter bagian luar *vortex* semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil debit yang digunakan maka diameter bagian luar *vortex* juga semakin kecil. Fenomena yang sama terjadi seperti halnya pada diameter dalam *vortex*. Diameter bagian luar *vortex* maksimum terdapat pada variasi lubang bagian tengah sebesar 25 cm pada debit 0,20 lt/dt. Sementara pada diameter bagian luar *vortex* tengah sebelum diameter dalam *vortex* minimum terjadi pada variasi lubang *output* bagian kanan sebesar 15 cm pada debit 0,20 lt/dt. Sedangkan diameter *vortex* bagian luar minimum terjadi pada variasi lubang *output* bagian kiri sebesar 10 cm pada debit 0,20 lt/dt. Diameter maksimum yang terjadi pada *output* bagian tengah karena lubang *output* bagian tengah adalah titik center sumbu basin. Seperti halnya diameter dalam rata-rata, perubahan debit menyebabkan perubahan diameter luar rata-rata sebesar 7,46 – 231,83%. Peningkatan maksimum terjadi di variasi lubang *output* sebelah kiri, untuk variasi satu lubang. Untuk variasi dua lubang *output*, peningkatan sebesar 0,11 – 54,29%. Peningkatan maksimum terjadi untuk variasi eksentrisitas 4 cm.

Grafik pada **Gambar 9** juga menunjukkan bahwa diameter *vortex* bagian luar variasi jarak antar lubang *output*. semakin besar debit yang digunakan maka diameter *vortex* bagian dalam semakin besar dan sebaliknya. Hal ini disebabkan karena debit yang lebih besar dapat meningkatkan volume air yang ada di dalam basin sehingga pusaran diameter yang terbentuk lebih lebar. Diameter *vortex* bagian luar terjadi pada variasi lubang *output* 3 cm sebesar 12 cm pada debit 0,20 lt/dt. Sementara diameter *vortex* bagian luar tengah sebelum diameter bagian luar *vortex* minimum terjadi pada jarak antar lubang *output* 4 cm sebesar 11 cm pada debit 200 lt/dt dengan variasi bukaan katup penuh. Sedangkan untuk diameter bagian luar *vortex* minimum terjadi pada variasi jarak 5 cm sebesar 6 cm pada debit 0,20 lt/dt. Diameter maksimum terjadi pada variasi jarak antar lubang 3 cm hal

tersebut terjadi akibat titik center sumbu basin yang berdekatan dengan lubang *output* yang berjarak lebih dekat.

Perubahan posisi lubang *output*, untuk variasi satu lubang menyebabkan peningkatan diameter luar rata-rata sebesar 27,55 – 197,62%. Peningkatan maksimum terjadi di variasi lubang *output* sebelah kanan. Sedangkan untuk variasi dua lubang *output*, terjadi peningkatan sebesar 64,07 – 124,43%. Peningkatan maksimum terjadi pada eksentrisitas 4 cm. Peningkatan ini menunjukkan kesesuaian dengan peningkatan diameter dalam rata-rata.

### 3.3. Pembahasan Umum

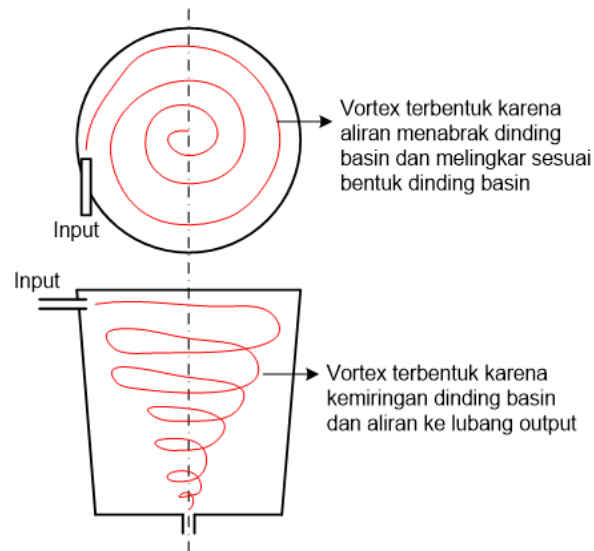
Dari hasil penelitian ini pengaruh posisi satu lubang *output* yang memiliki tingkat maksimum terhadap tinggi *vortex* terjadi pada variasi lubang *output* bagian tengah. Fenomena ini terjadi karena lubang *output* berada di garis center sehingga aliran fluida menuju di titik sumbu basin. Sedangkan untuk lubang *output* kiri dan kanan lintasan gerakannya menjadi lebih pendek. Sehingga tinggi *vortex* menjadi lebih rendah dan diameter menjadi lebih kecil. Untuk *output* dua lubang, semakin besar jarak antar lubang maka semakin jauh dari titik center. Maka lintasan air pada basin menjadi lebih pendek. Hal ini menyebabkan tinggi dan diameter *vortex* lebih rendah.

Variasi satu lubang *output* bagian tengah (center), tinggi *vortex*nya dapat berputar simetri dari atas ke bawah hingga mencapai lubang *output* saat fluida mengalir keluar, dan volume terhadap basin pun maksimal. Fenomena ini dapat terjadi karena variasi satu lubang *output* bagian tengah (center) pusarannya memiliki udara di tengahnya sehingga dapat menahan pusaran air menjadi cenderung simetri akibat gaya sentrifugal. Sementara untuk variasi satu lubang *output* bagian kiri, kanan, dan dua lubang *output* berpengaruh terhadap tinggi *vortex* yang pusarannya tidak dapat berputar hingga mencapai lubang *output* (mengambang), pada saat fluida mengalir keluar dan volume basin tidak maksimal. Fenomena ini disebabkan karena udara yang terdapat pada variasi lubang *output* selain bagian tengah (center) bertabrakan dengan aliran air yang dapat menimbulkan tinggi yang mengambang dan jumlah volume basin yang tidak maksimal.

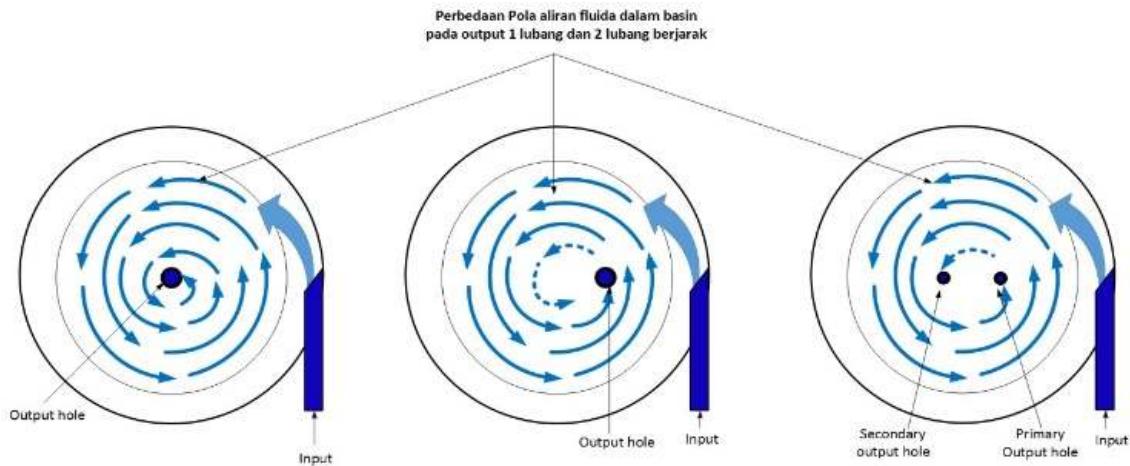
Berdasarkan tipenya, *vortex* yang terjadi dalam penelitian ini termasuk ke dalam tipe 2 sesuai referensi [17]. Pada pengertiannya, *vortex* tipe 2 ini yang putaran airnya mulai menunjukkan adanya cekungan ke dalam di bagian tengah pusaran. Bagian tengah pusaran tidak berisi aliran air tetapi berisi udara. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan *vortex* menghasilkan kecepatan ke arah tangensial sesuai referensi [22]. Air cenderung bergerak ke arah dinding basin dan berupaya untuk mempertahankan diri sebelum keluar melalui lubang *output* karena gaya berat.

Pengaruh eksentrisitas terhadap tinggi *vortex* adalah semakin besar jarak pada lubang *output* maka tinggi *vortex* semakin kecil. Hal ini disebabkan karena jarak lubang *output* yang semakin besar mempengaruhi lintasan aliran air menjadi lebih panjang. Panjang lintasan ini menyebabkan fluida membutuhkan waktu lebih lama untuk keluar dari basin maka tinggi *vortex* menjadi minim. Dua lubang *output* cenderung menyebabkan aliran fluida menjauhi dinding basin atau mendekati titik centernya. Hal ini yang menyebabkan diameter menjadi lebih kecil. Berdasarkan pembahasan ini maka debit aliran mempengaruhi karakteristik *vortex*. Demikian halnya untuk variasi satu lubang *output*, posisi lubang berpengaruh terhadap tinggi dan diameter *vortex*. Selanjutnya untuk variasi jarak antar lubang *output* posisi jarak antar lubang yang lebih dekat dapat menciptakan tinggi dan diameter yang maksimal. Hal ini disebabkan karena jarak antar lubang yang berkaitan dengan titik center. Pengaruh eksentrisitas terhadap diameter *vortex* adalah semakin besar jarak pada lubang *output* maka diameter *vortex* semakin kecil. Hal ini disebabkan karena jarak lubang *output* yang semakin besar mempengaruhi lintasan aliran

fluida menjadi lebih panjang. Dua lubang *output* cenderung menyebabkan aliran fluida menjauhi dinding basin atau mendekati titik tengahnya. Hal ini yang menyebabkan diameter menjadi lebih kecil.



**Gambar 10.** Skema aliran tinggi dan diameter *vortex*



**Gambar 11.** Perbedaan pola aliran fluida pada basin

Berdasarkan pembahasan di atas maka debit aliran mempengaruhi karakteristik *vortex*. Demikian halnya untuk variasi satu lubang *output*, posisi lubang berpengaruh terhadap tinggi dan diameter *vortex*. Selanjutnya untuk variasi jarak antar lubang *output* posisi jarak antar lubang yang lebih dekat dapat menciptakan tinggi dan diameter yang maksimal. Hal ini disebabkan karena jarak antar lubang yang berkaitan dengan titik center.

## IV. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Hasil analisis data dan pembahasan menunjukkan bahwa eksentrisitas dan jarak antar lubang saluran keluar basin berpengaruh terhadap dimensi *vortex*. Debit aliran juga berpengaruh terhadap dimensi *vortex*. Debit aliran meningkatkan tinggi *vortex* sampai dengan 368,75%. Variasi jumlah lubang *output* yaitu satu lubang *output* dan posisi lubang berpengaruh terhadap tinggi dan diameter *vortex*. Tinggi *vortex* meningkat sampai dengan 25,10%, diameter dalam meningkat sampai 96,43% dan diameter luar meningkat sampai dengan 197,62%. Variasi jarak antar lubang *output* atau eksentrisitas berpengaruh terhadap tinggi dan diameter *vortex*. Tinggi *vortex* meningkat sampai dengan 43,10%, diameter dalam meningkat sampai dengan 98,33% dan diameter luar meningkat sampai dengan 124,43%.

### 4.2. Saran/Rekomendasi

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan merubah posisi lubang *input*, diameter lubang *input* atau rasio diameter atas dan bawah basin.

## Daftar Pustaka

- [1]. Miranto, Susanto. R., Putra, D.K., *Unjuk Kerja Kontak Pendingin Termoelektrik Dengan Variasi Laju Aliran Massa Air Pendingin*, Jurnal Teknik Mesin JTM, 2018, **7(1)**: p. 44-49
- [2]. Utomo. B. Widodo. K., Kamal. S., *Perpindahan Panas Aliran Fluida Viskos Melintas Berkas Tabung*, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII, 2008: p. 153, 1-7
- [3]. Kueh, T.C., Beh, S.L., Rilling, D., Ooi, Y., *Numerical Analysis of Water Vortex Formation for the Water Vortex Power Plant*, International Journal of Innovation, Management and Technology, 2014, **5(2)**: p. 111-115
- [4]. Suhartono; Hapsari, R.I., Zenurianto, M., Hanggara, I., *Performa Model Tes Hidrolis Untuk PLTMH Head Rendah Dengan Menggunakan Tekanan Aliran dan Kecepatan Pusaran Air (Vortex)*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 2020, **5(1)**: p. 28-36.
- [5]. Syuhud, M.A., Basri, M.H., Indarto, B., *Rancang Bangun Basin Silinder Berpenampang Lingkaran Dengan Diameter 50 cm pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)*, Elemen, Teknik Mesin, 2020, **7(2)**: p. 78-85
- [6]. Utomo, M.B., Basri, M.H., Hasan, F., *Eksperimen Variasi Tabung Basin Silinder Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder*, Cyclotron, 2020, **3(2)**: p. 11-17
- [7]. Powalla, D., Hoerner, S., Cleynen, O., Müller, N., Stamm, J., Thévenin, D., *A Computational Fluid Dynamics Model for a Water Vortex Power Plant as Platform for Etho- and Ecohydraulic Research*, Energies **2021**, 14(639): p. 1-15
- [8]. Sedai, A., Yadav, B.K., Kumal, B.B., Khatiwada, A., Dhakal, R., *Performance Analysis of Gravitational Water Vortex Power Plant Using Scale-Down Model*, Proceeding of Current Research in Hydropower Technologies, CRHT X, Kathmandu University, 2020: p. 1-10
- [9]. Bajracharya, T.R., Shakya, S.R., Timilsina, A.B., Dhakal, J., Neupane, S., Gautam, A., Sapkota, A., *Effects of Geometrical Parameters in Gravitational Water Vortex Turbines*

- with Conical Basin, Hindawi Journal of Renewable Energy, 2020, Article ID 5373784: p. 1-16
- [10]. Guzman, V. J.A., Glasscock, J.A., Analytical Solution for a Strong Free-Surface Water Vortex Describing Flow in a Full-Scale Gravitational Vortex Hydropower System, *Water Science and Engineering*, 2021, **14(1)**: p. 72-79
- [11]. Warjito, Budiarmo, Christopher, C.R., Adanta, D, *The Effect of Basin Geometry on Gravitational Vortex Hydropower*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, **788**: p. 1-10
- [12]. Safitri, N.F., *Analisis Profil Sudu Turbin Mikro Hidro Vortex Untuk Mendapatkan Efisiensi Optimum*, Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan ke 4 Tahun 2018 ISSN (P): 2460 – 8696 Buku 1: Teknik, Kedokteran Hewan, Kesehatan, Lingkungan dan Lanskap, 2018: p. 535-541
- [13]. Angga, M., Jasa, L., Weking, A.I., *Studi Analisisperubahan Debit dan Tekanan Air pada Permodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 2018, **17(2)**:p. 257-262.
- [14]. Rohermanto, A., *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)*, *Jurnal Vokasi*, 2007, **4(1)**: p. 28-36.
- [15]. Indarto, A., Junowo P.T., Rispiningtati, *Kajian Potensi Sungai Srinjing Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Brumbung di Kabupaten Kediri,* *Jurnal Teknik Pengairan*, 2012, **3(2)**:p. 174-184.
- [16]. Anam, A., Raharjo, T., Mochtar, A., *Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok Dengan Sudut Input 10°*, Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2018, Malang, 2018: p. 324-329
- [17]. Wasito. W. dan S. Wahyu. D. *Realisasi dan Analisa Sumber Baru Terbarukan Nanohidro dari Aliran Air Berdebit Kecil*, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 2011, **2(1)**: 1-5
- [18]. Qomariyah, S., *Vortex Pada Bangunan Pengambilan (Intake) Waduk Wonogiri*, *Media Teknik Sipil*, 2007, **5(2)**: p. 125-130
- [19]. Sunu, P.W., *Dinamika Pusat Rotasi Fluida pada Proses Difusi Penggabungan Vortex*, *Jurnal Teknik Mesin*, 2008, **10(1)**: p. 28-34
- [20]. Sumantri, F., Fitri, M., *Perancangan Alat Uji Vortex Bebas dan Vortex Paksa*, *Zona Mesin*, 2017, **8(2)**: p. 1-9
- [21]. Sánchez, A.R., Rio, J.A.S.D., Muñoz, A.J.G., Montoya, J.A.P, *Numerical and Experimental Evaluation of Concave and Convex Designs for Gravitational Water Vortex Turbine*, *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 2019, **64(1)**: p. 160-172
- [22]. Zehad, S.H., Al Faiyaz, S., Ahmed, I., Raihan, A.M., *A Comparative Numerical Analysis for Vortex Generation on Different Geometries*, *Proceedings of the World Congress on Engineering 2021 WCE 2021, London, July 7-9, 2021*: p. 1-6