MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN : 2808-8115
p-ISSN : 2809-1051

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i1.2666

SIMULASI NUMERIK VARIASI INTAKE TERHADAP KAREKTERISTIK ALIRAN PADA BASIN TURBIN VORTEX

Numerical Simulation of Intake Variations on Flow Characteristics in Vortex Turbine Basins

Rezky Andri[1], Dori Yuvenda[2], Purwantono[3], Fitrah Qalbina[4]
Universitas Negeri Padang
Rezkyandrii6@gmail.com; doriyuvenda@ft.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 17, 2024	Jan 22, 2024	Jan 25, 2024	Jan 29, 2024

Abstract

Water has an important role to be used as a source of electrical energy, water is used to drive turbines that will later produce electrical energy, water turbines have great potential to be developed, especially in vortex turbines. A vortex turbine is a turbine that utilizes whirlpool energy to rotate the turbine blades and then convert it into electrical energy. The purpose of this study was to determine the characteristics of the flow in each inflow variation in the vortex turbine basin. The simulation in the study was carried out using solidworks 2023 software using the CFD (Computational Fluid Dynamics) method. After running simulations, velocity data were obtained on each Outer Wall Tangential inflow design of 0.496 m/s, Involute of 0.517 m/s, Ramped Entry of Scrolled Evolute of 0.0857 m/s, and Involute Ramp of 0.551 m/s. pressure in each Outer Wall Tangential inflow design of 100,793.39 N/, Involute of 99,400.12 N/, Ramped Entry of Scrolled Evolute of 99,270.4 N/, and Involute Ramp of 99,324.31 $N/.m^2$ From the simulation results, it can be seen that the largest velocity is obtained in the Ramped Entry of Scrolled Evolute design, and the largest pressure is obtained in the Outer Wall Tangential design.

Keywords: Hydroelectric Power Station, Vortex turbine, Flow characteristics, Velocity, Pressure, Solidworks Simulation, CFD

Jurnal Masaliq is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak: Air memeiliki peran yang penting untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik, air digugunakan untuk menggerakkan turbin yang nantinya akan menghasilkan energi listrik, turbin air memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan, khususnya pada turbin vortex. Turbin vortex merupakan turbi yang memanfaatkan energi pusaran air untuk memutar sudu turbin lalu diubah menjadi energi listrik. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari aliran pada masing-masing variasi aliran masuk pada basin turbin vortex. Simulasi pada penelitian dilakukan mengunakan sofware solidworks 2023 menggunakan metode CFD (Computational Fluida Dynamics). Setelah dilakukan running simulasi didapatkan data velocity pada masing-masing desain aliran masuk Outer Wall Tagential sebesar 0,496 m/s, Involute sebesar 0,517 m/s, Ramped Entry of Scrolled Evolute sebesar 0,0857 m/s, dan Involute Ramp sebesar 0,551 m/s. Pressure pada masing-masing desain aliran masuk Outer Wall Tangential sebesar 100.793,39 N/m^2, Involute sebesar 99.400,12 N/m^2, Ramped Entry of Scrolled Evolute sebesar 99.270,4 N/m^2, dan Involute Ramp sebesar 99.324,31 N/m^2. Dari hasil simulasi dapat diketahui velocity terbesar didapat pada desain Ramped Entry of Scrolled Evolute, dan pressure terbesar didapat pada desain Outer Wall Tangential.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Air, Turbin vortex, Saluran masuk, Karakteristik aliran, Velocity, Pressure, Simulasi Solidworks, CFD

PENDAHULUAN

Energi listrik sangat penting dalam kehidupan Masyarakat, karena hampir seluruh aktivitas manusia selalu membutuhkan energi listrik. Sebagian besar energi listrik yang digunakan di Indonesia khususnya masih berasal dari sumber energi yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi dan gas alam. Sampai saat ini berbagai alternatif energi terbaharukan yang telah banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat, yaitu mulai dari energi matahari atau solar cell, panas bumi atau geotermal, angin dan air.

Peran energi terbarukan seperti air telah diidefenisikan mempunyai peran penting bagi masalah lingkungan global. Pembangkit listrik tenaga air merupakan contoh pemanfaatan energi terbarukan dan berpotensi digunakan sebagai pembangkit listrik masa depan. Indonesia adalah negara maritim yang memiliki jumlah sumber air yang melimpah, hal ini menjadi potensi dengan memanfaatkan sumber air yang ada seagai sumber energi khususnya dengan aliran air.

Berdasarkan data Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) penggunaan energi terbarukan di Sumatera Barat hingga 2020 telah mencapai 27,72% . jumlah ini jauh lebih besar dari penggunaan energi terbarukan secara nasional yang baru mencapau 11,2 %. Dari sisi pembangkit listrik, capaian porsi pemanfaatan sumber energi terbarukan Sumatera Barat mencapai 54,90%. Untuk pemanfaatan terbesar dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

mencapai 56,08% Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi sebesar 18,8%. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa sebesar 15,8%. Sisanya berupa Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikrohidro dan tenaga surya. Sumbar memiliki potensi sumber daya air sebesar 1.100 MW, Panas Bumi 1.705 MWe, Biomassa 923,1 MW, Panel Surya 5.898 MW dan Angin 428 MW. Dari potensi air sebnayak itu, dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air atau hidropower yang memiliki skala kecil sampai skala besar. Berdasarkan daya yang mampu dihasilkan hidropower dapat dibedakan dalam enam skala, mulai dari skala large sampai skala pico.

Penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan teknologi ini dilakukan oleh Franz Zotloeterer, seorang peneliti kebangsaan Austria. Ia memulai penelitian ini pada tahun 2004 dan, memulai pemasangan turbin pertamanya dengan judul "Gravitational water vortex power plant" di Obergrafendorf, Austria pada tahun 2005. Dalam penelitiannya dia mengemukakan bahwa turbin vortex dapat digunakan dengan tinggi jatuh air paling kecil 0,7 m. Dalam penelitiannya energi teoritis yang dapat dikonversi memiliki efisiensi 80% dan didalam keadaan aktual didapat efisiensi sebesar 73%.

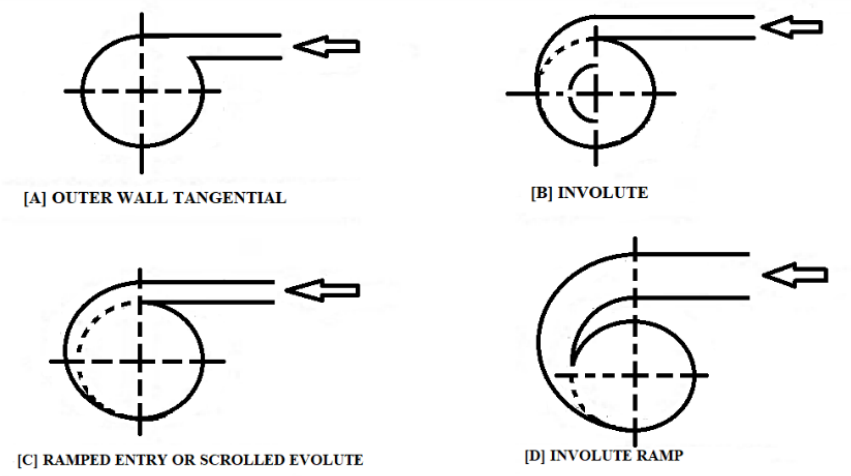
vortex adalah daerah fluida dimana sebagian besar alirannya bergerak memutar terhadap sumbu imajiner. Pola pergerakannya disebut aliran vortex. Vortex dapat dibentuk oleh fluida termasuk cairan, gas, dan plasma. Gerakan vortex berputar karena adanya perbedaan kecepatan antar lapisan fluida yang berdekatan (Syuhud et al., 2020)

Aliran *vortex* adalah massa fluida yang partikel-partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (*streamline)* membentuk lingkaran konsentris. Gerak *vortex* berputar berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara lapisan fluida yang berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak alamiah fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh didalamnya (Gibran et al., 2017)

Turbin vortex atau dikenal juga sebagai Gravitational Water Vortex Power Plant (GWVPP) adalah turbin yang memanfaatkan pusaran air buatan dari air sungai yang mengalir melalui saluran masuk ke tangki (basin) turbin yang berbentuk lingkaran kemudian keluar melalui saluran buang yang berada di tengah dasar tangki (basin). Pusaran air buatan ini kemudian dimanfaatkan untuk memutar sudu turbin lalu diubah menjadi energi listrik.

Ada beberapa tipe dari saluran masuk (inlet area) pada turbin vortex yaitu: saluran masuk tipe involute, saluran masuk tipe ramp dan saluran masuk tipe scroll. Berbagai tipe

tersebut dimaksudkan untuk lebih memaksimalkan kinerja dari turbin. Dengan konstruksi lubang masuk tipe involute, saluran masuk tipe ramp dan saluran masuk tipe scroll dapat mengurangi efek dari turbulensi yang terjadi disekitar dinding saluran masuk dan daerah antara saluran masuk (Rachmanto et al., 2020)

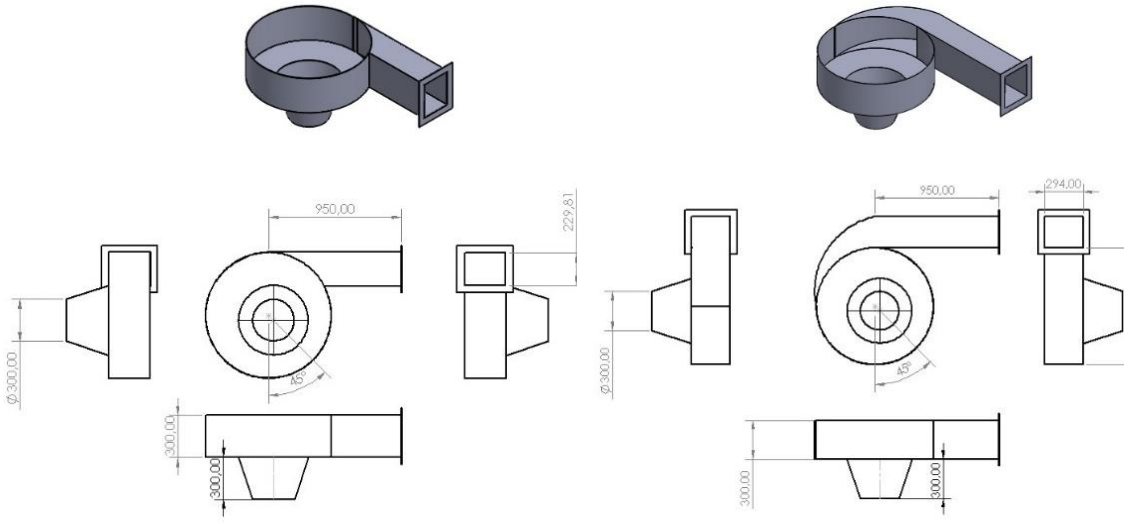


Gambar 1. Rancangan Saluran Masuk
Sumber: (Rachmanto et al., 2020)

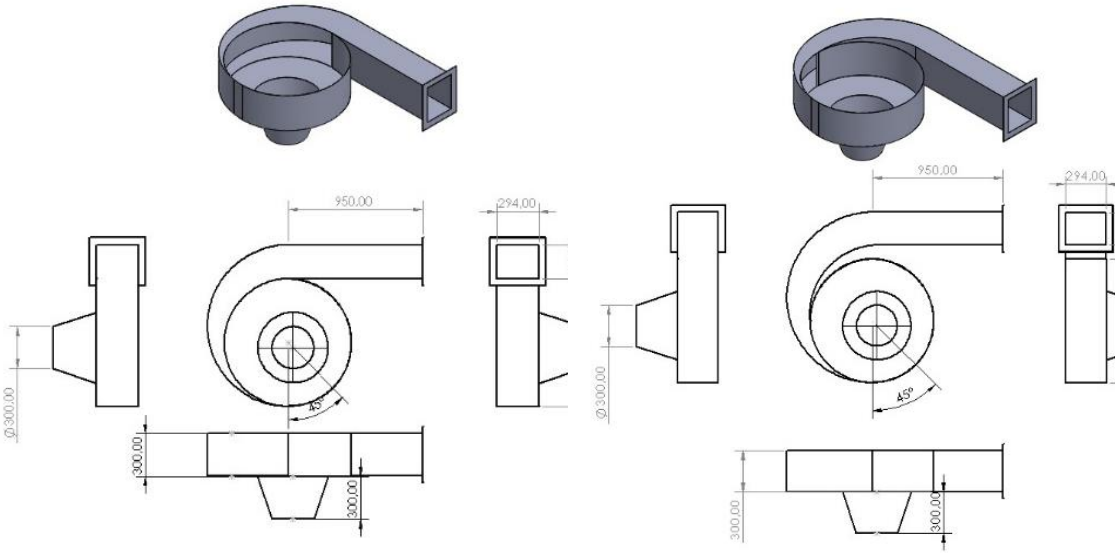
METODE

Rancangan aliran masuk

Rancangan aliran masuk turbin vortex ini memiliki beberapa variasi yang akan dilakukan dalam penelitian yang dapat dilihat sebagai berikut**:**



(a) (b)



(c) (d)

Gambar 2. Rancangan aliran masuk (a) Outer wall tangential, (b) involute, (c) Ramped entry of scrolled evolute, (d) involute ramp

Variabel Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan dengan mengunakan beberapa variabel berikut ini yaitu:

1. Variabel bebas

   Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi terhadap hasil dari variabel terikat atau sebab perubahan dan timbulnya perubahan. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi aliran masuk pada basin turbin vortex yaitu:

   a. Outer wall tangential
   b. Involute
   c. Ramped entry of scrolled evolute
   d. involute ramp

2. Variabel Terikat

   Variabel terikat ialah variabel yang dipengaruh oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat yang digunakan adalah:

   a. Velocity
   b. Pressure

3. Variabel kontrol

   Variabel kontrol adalah variabel yang tidak dapat dimanipulasi atau diubah, dan digunakan sebagai salah satu cara untuk meminimalkan, menetralkan, atau mengontrol pengaruh aspek tersebut. Dalam penelitian ini variabel kontrol yang digunakan yaitu

   a. Debit air ialah 0,028 m^3/s
   b. Tinggi dari basin turbin ialah 120 cm
   c. Panjang inlate 160 cm
   d. Runner sudu 4
   e. Diameter basin turbin atas 50 cm, bawah 30 cm

Teknik analisis data

Untuk pengambilan data dilakukan mengunakan simulasi CFD pada sofware Solidwoks, adapun tahapan simulasi yang dilakukan yaitu:

1. Pembuatan lid

   Lid berguna untuk set up dari bondary condition nantinya yang mana membutuhkan dua buah lid sebagai acuan input dan output dari bondary condition.
2. Setingan dari wizard

   Beberapa yang perlu diperhatikan dalam setting wizard yaitu tipe analisis closed channel atau internal, condition, gravity, Rotation serta fluida yang akan digunakan
3. Set up Boundary Condition

   Boundary Condition yang akan diiput sesuai berdasarkan data yang didapatkan pada survey kondisi lapangan yaitu memasukkan nilai dari debit sebesar 0,028 $\mathrm{m^3/s}$ sebagai debit masuk serta input dari bagian boundary condition yang pertama. Selanjutnya dilakukan set up boundary condition dedua yang mana ini merupakan bagian output yaitu tekanan yang dikeluarkan dari output.
4. Penentuan Goals

   Pada penelitian ini goals yang akan dicari ialah velocity dan pressure
5. Meshing

   Pada penelitian ini mesh yang akan digunakan ialah global mesh 7. Semakin rapat penggunaan sel mesh maka hasil yang akan didapatkan semakin akurat.

6. Running

   Menjalankan simulasi untuk mendapatkan parameter atau goals yang telah kita setting sebelumnya.

HASIL

Independet mesh

Independent Mesh Dalam proses simulasi, pembuatan mesh, ukuran dan jenis mesh harus diperhatikan karena hal tersebut sangat mempengaruhi tingkat ketelitian dari hasil simulasi. Semakin kecil ukuran mesh, maka semakin tinggi tingkat ketelitian yang didapat namun semakin besar daya komputasi dan waktu yang diperlukan. Dapat dilihat pada tabel 1 jumlah mesh sangat mempengaruhi hasil dari simulasi, semakin banyak jumlah total element maka dapat meningkatkan kecepatan aliran serta kecepatan aliran akan semakin konvergen. Hasil ini sesuai dengan penelititan yang dilakukan oleh Rachmanto et al., (2020), dari penelitian tersebut didapatkan kecepatan aliran yang semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah mesh.

Tabel 1. Data independet mesh

Total cell	300.173	356.714	409.284	452.075	508.711	561.821	607.291
velocity	0.0857	0.0849	0.086	0.085	0,0857	0,0871	0.0893
error	0,9 %	1,2%	1,1%	0,8%	1,6%	2.5%	

Pada kepadatan mesh tertentu maka perhitungan yang dihasilkan mendekati/sama, dapat dilihat dari perbedaan persentase pada tabel 1 Berdasarkan hasil perbandingan antara total element, kecepatan aliran (velocity), serta error dihasilkan kecepatan aliran (velocity) tertinggi dan error terendah pada mesh dengan total cell 508.711. Maka dari itu dalam penelitian ini menggunakan mesh dengan total element tersebut.

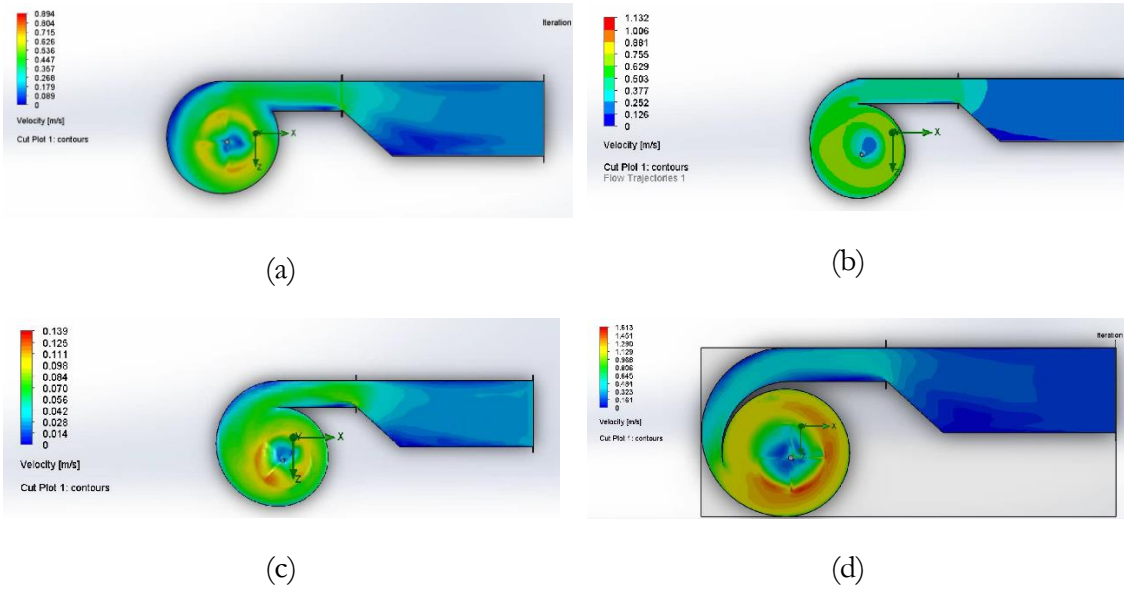
Hasil Flow Simulation Solidworks

1. Hasil Flow Simulation velocity dari variasi saluran masuk

   Hasil simulasi menggunakan Flow Simulation Solidworks telah diketahui. Simulasi ditampilkan dalam bentuk contour dan grafik pada top plane dari masing-masing variasi aliran masuk.

a) Contour

Berikut ini merupakan gambar dari contour velocity dari masing-masing variasi saluran masuk



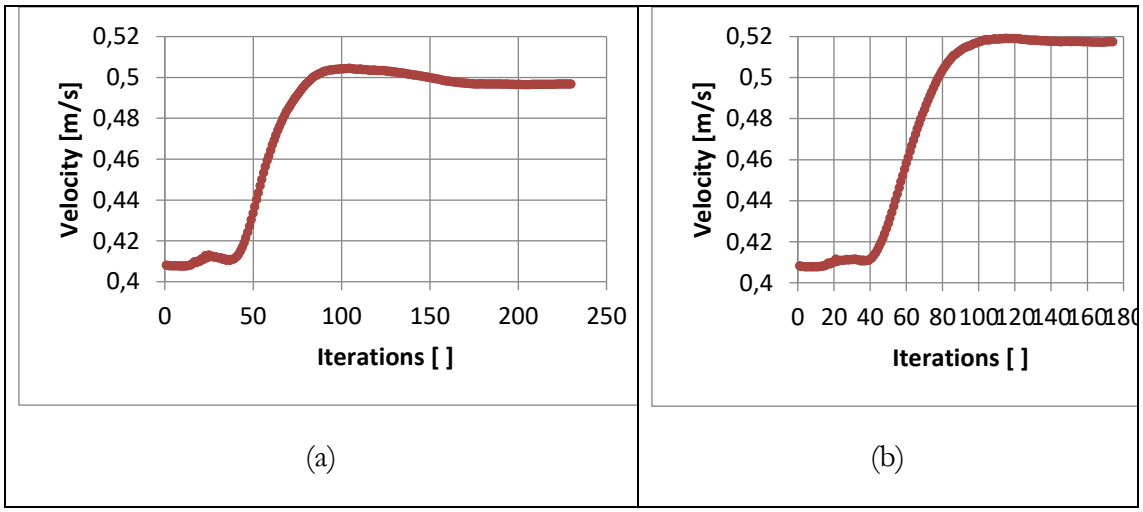
(a) (b)

(c) (d)

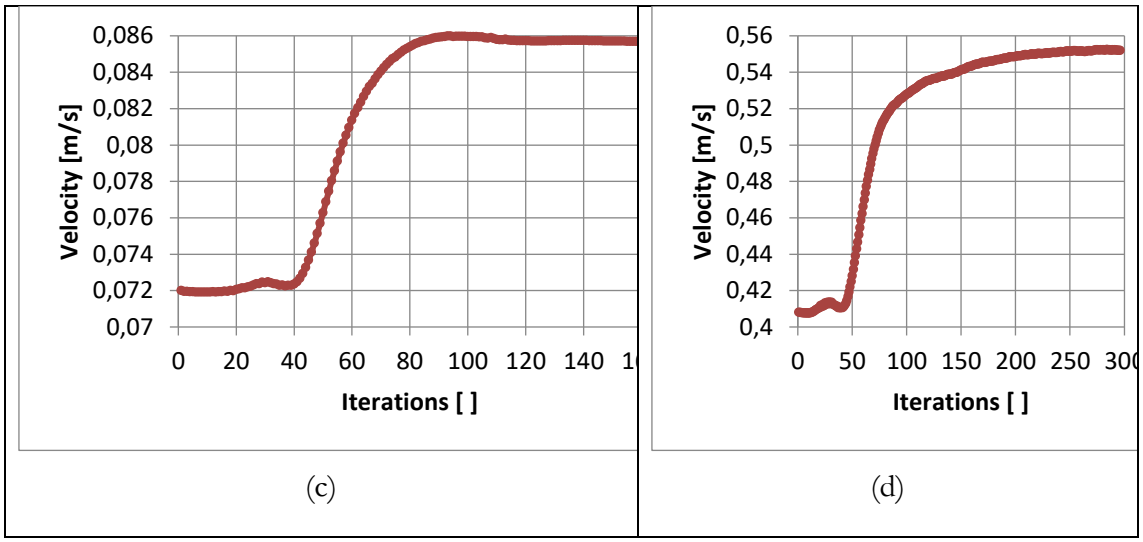
Gambar 3. Contour velocity (a) Outer wall tangential, (b) involute, (c) Ramped entry of scrolled evolute, (d) involute ramp

b) Grafik

Berikut ini merupakan gambar dari grafik velocity dari masing-masing variasi saluran masuk



(a) (b)

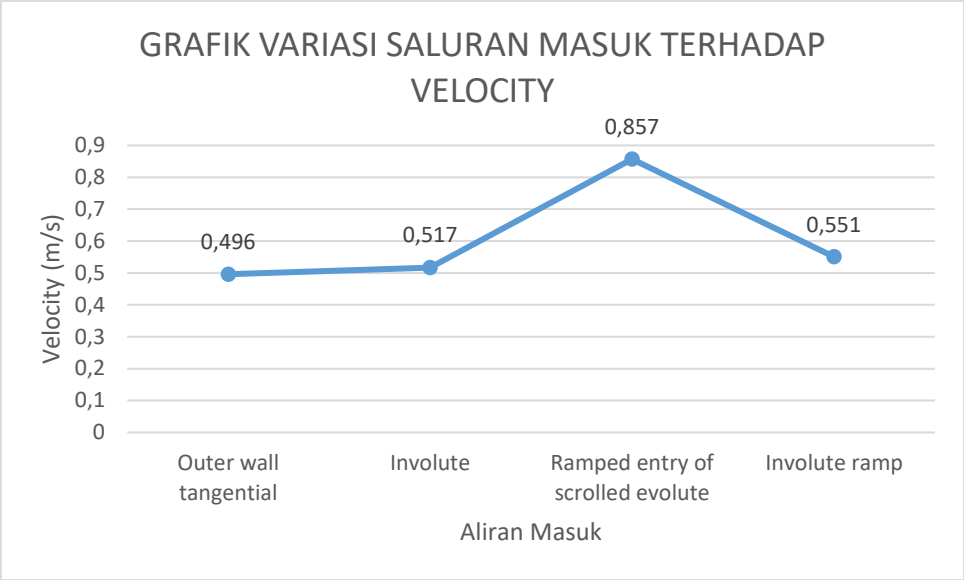


Gambar 4. Grafik velocity (a) Outer wall tangential, (b) Involute, (c) Ramped entry of scrolled evolute, (d) Involute ramp

Tabel 2. Tipe aliran masuk dengan kecepatan aliran (velocity)

No	Tipe saluran masuk	Debit (m^3/s)	Velocity (m/s)
1	Outer wall tangential	0,028	0,496
2	Involute	0,028	0,517
3	Ramped entry of scrolled evolute	0,028	0,857
4	Involute ramp	0,028	0,551

Dari table ditersebut diperoleh grafik variasi saluran masuk terhadap velocity pada gambar berikut

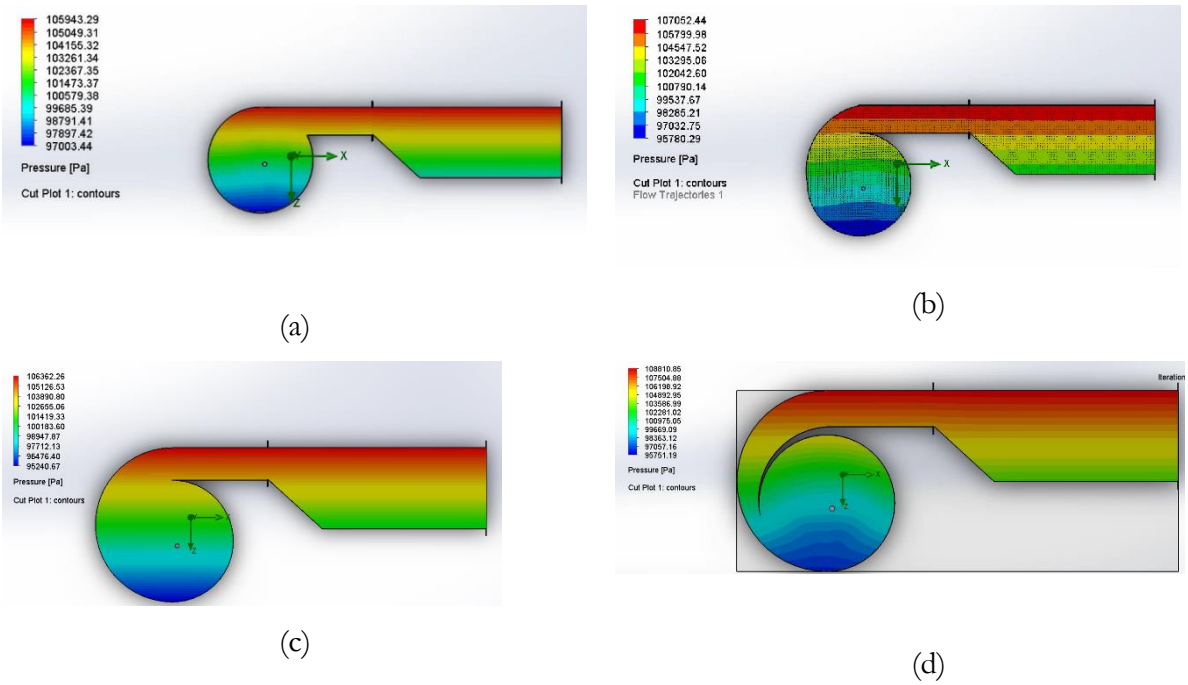


Gambar 5. Grafik variasi saluran masuk terhadap velocity

2. Hasil Flow Simulation pressure dari variasi saluran masuk

   Sama dengan velocity hasil simulasi menggunakan Flow Simulation Pressure telah diketahui. Simulasi ditampilkan dalam bentuk contour pada top plane dan grafik dari masing-masing variasi aliran masuk.

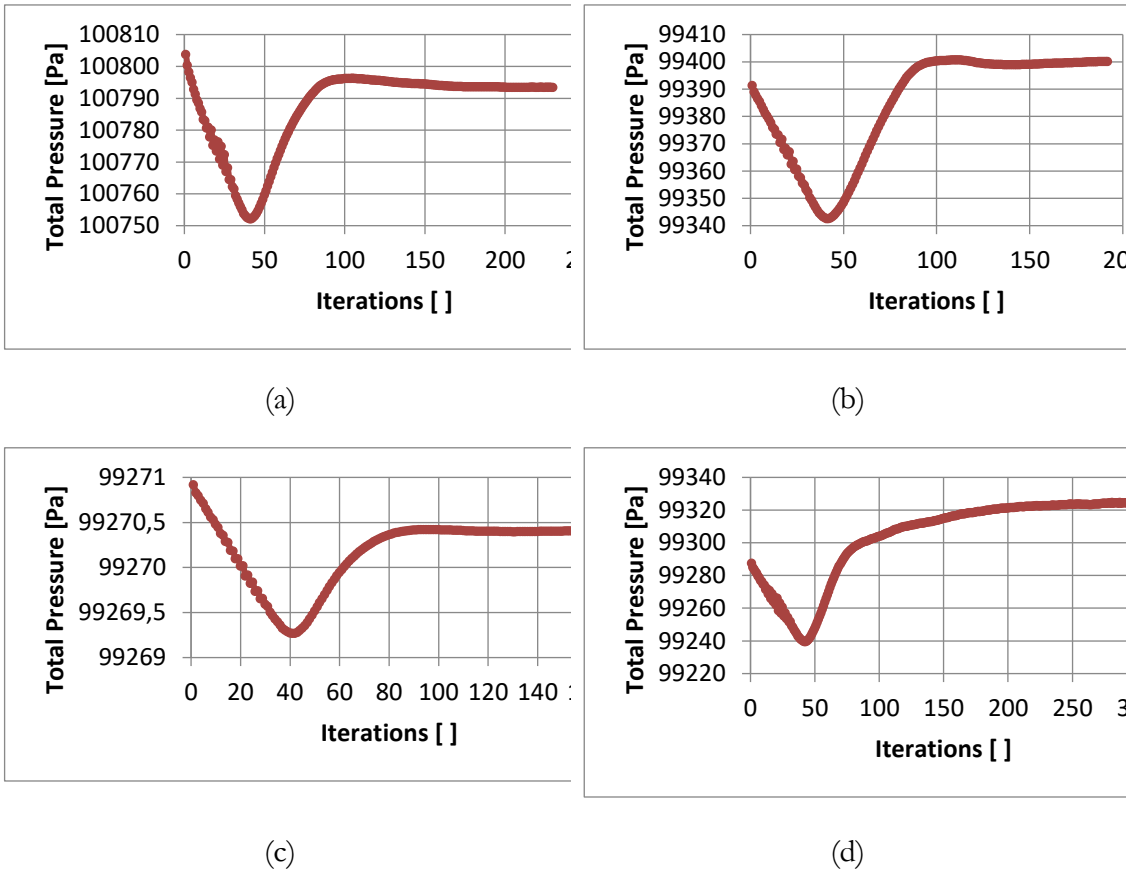
   a) Contour



Gambar 6. Contour Pressure (a) Outer wall tangential, (b) Involute, (c) Ramped entry of scrolled evolute, (d) Involute ramp

b) Grafik

Berikut ini merupakan gambar dari grafik total pressure dari masing-masing variasi saluran masuk.

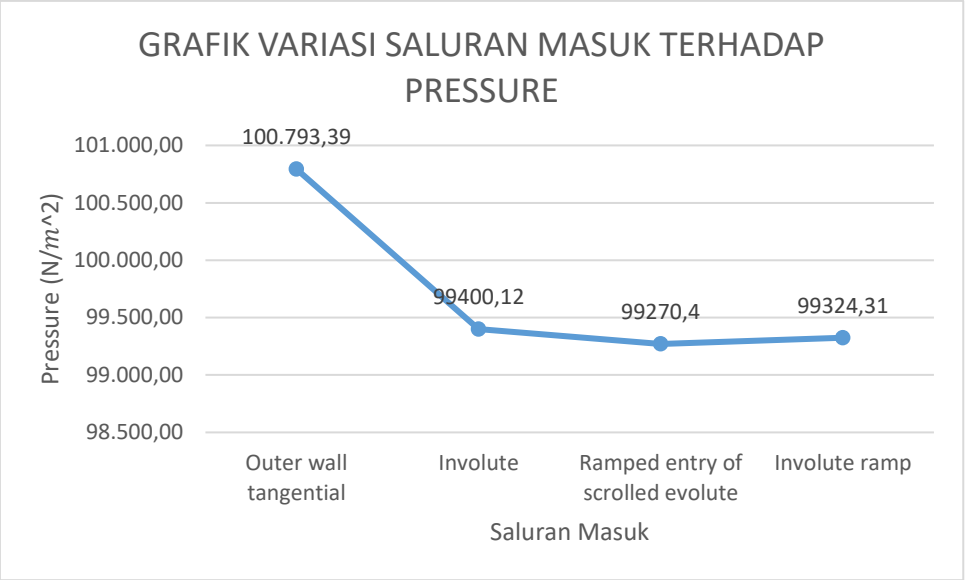


Gambar 7. Grafik Pressure (a) Outer wall tangential, (b) Involute, (c) Ramped entry of scrolled evolute, (d) Involute ramp

Tabel 3. Tipe aliran masuk dengan Tekanan aliran (Pressure)

No	Tipe saluran masuk	Debit (m^3/s)	Pressure (N/m^2)
1	Outer wall tangential	0,028	10.0793,39
2	Involute	0,028	99.400,12
3	Ramped entry of scrolled evolute	0,028	99.270,4
4	Involute ramp	0,028	99.324,31

Dari table ditersebut diperoleh grafik variasi saluran masuk terhadap pressure pada gambar berikut



Gambar 8. Grafik variasi saluran masuk terhadap Pressure

PEMBAHASAN

Pusaran yang kuat dan penuh sangat bermanfaat diberbagai industri, seperti pembangkit listrik tenaga vortex. Pusaran yang kuat dicirikan oleh aliran aksial yang kuat di lubang pembuangan dalam kombinasi dengan medan kecepatan tangensial yang mendominasi. Kekuatan aliran pusaran dan sifat permukaan bebas sangat bergantung pada aktivitas pra-pusaran dari pendekatan aliran sirkulasi. (Mulligan, 2014). Aliran vortex yang kuat ditunjukan dengan tedapatnya inti udara di dalam basin.

Berdasarkan gambar 5 dan 8 menunjukkan kecepatan aliran (velocity) dan tekanan aliran (pressure) tertinggi pada masing-masing tipe saluran masuk.Velocity dan pressure juga dipengaruhi oleh tipe-tipe saluran masuk. Dari tipe-tipe saluran masuk memiliki velocity dan presure yang berbeda-beda, adapun velocity pada saluran masuk Outer wall tangential sebesar 0,496 m/s sedangkan pressure nya sebesar 100.793,39 N/m^2, Velocity pada saluran masuk Involute sebesar 0,517 m/s sedangkan pressure nya sebesar 99.400,12 N/m^2, Velocity pada saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute sebesar 0,857 m/s sedangkan pressure nya sebesar 99.270,4 N/m^2, Velocity pada saluran masuk Involute ramp sebesar 0,551 m/s, sedangkan pressure nya sebesar 99.324,31 N/m^2.

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan juga velocity terbesar pada saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute dari pada salururan masuk outer wall tangential, Involute, dan Involute ramp yaitu sebesar 0,857 m/s, akan tetapi saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute memiliki pressure yang lebih rendah dari pada salururan masuk outer

wall tangential, Involute, dan Involute ramp, yang mana pressure tertinggi terdapat pada saluran masuk outer wall tangential yaitu sebesar 100.793,39 N/m^2.

Setelah dilakukannya flow simulation didapatkan juga untuk kecepatan alirannya (velocity) berbanding terbalik dengan tekanan alirannya (pressure), yang mana semakin tinggi tekanan aliran (pressure) maka kecepatan alirannya (velocity) semakin kecil, begitu juga sebaliknya semakin tinggi kecepatan alirannya (velocity) maka tekanan alirannya (pressure) semakin kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan simulasi CFD sofware solidworks flow simulation untuk mengetahui karateristik aliran pada variasi intake pada basin turbin vortex meliputi velocity, dan pressure didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Velocity terbesar dengan debit air 0,028 didapat pada saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute yaitu sebesar 0,857 m/s, sedangkan untuk velocity terendah didapat pada saluran masuk Outer wall tangential sebesar 0,496 m/s
2. Pressure terbesar dengan debit air 0,028 didapat pada saluran masuk outer wall tangential yaitu sebesar 100.793,39 N/m^2, sedangkan pressure terenda didapat pada saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute yaitu sebesar 99.270,4 N/m^2.
3. Velocity terbesar pada saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute dari pada salururan masuk outer wall tangential, Involute, dan Involute ramp yaitu sebesar 0,857 m/s, akan tetapi saluran masuk Ramped entry of scrolled evolute memiliki pressure yang lebih rendah dari pada salururan masuk outer wall tangential, Involute, dan Involute ramp, yang mana pressure tertinggi terdapat pada saluran masuk outer wall tangential yaitu sebesar 100.793,39 N/m^2.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Roykhan A., dkk 2019. (2019). *Studi Pemanfaatan Saluran Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik*. *04*(01), 1–8.

Arwizet K. (2013). Mesin Konversi Energi Jilid 1. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitar Negeri Padang, pp. 178–180.

Basri, M. H., Rizky, R., Febrianto, A., Annasrullah, A., Aminuddin, A., Ramadhan, A. B., Ramadhan, A. A., Awk, Y. K., Zaman, M. B., Aris V, M. A., Zamani, A., &

Burhanudddin, B. (2021). Pemanfaatan Saluran Irigasi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (VORTEX) untuk Daerah Tidak Terdampak Pasokan Listrik PLN. *GUYUB: Journal of Community Engagement*, *2*(1), 12–25.

Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, *2*(1), 41–49.

Bahri, A., Jasa, L., & Sudarmojo, Y. P. (2017). Merancang Dan Mengimplementasi Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Jurusan Teknik Elektro Dan Komputer Universitas Udayana. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, *16*(2), 43. https://doi.org/10.24843/mite.2017.v16i02p08

Batas, K., & Di, K. (2016). *Permukaan Peregangan Dengan on the Stretching Surface With Convecive Boundary Condition in a Stagnaton - Point*.

Gusti Muttaqin, I., Sucipta, M., & Suarda, M. (2022). Simulasi Computational Fluid Dynamic Pada Model Turbin Vortex Variasi Kecepatan Rotasi Runner. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, *1*(8), 1445–1454. https://doi.org/10.54443/sibatik.v1i8.188

Rachmanto, T., Juliawan, Y., Padang, Y. A., Mesin, J. T., Teknik, F., & Mataram, U. (2020). *Pengaruh variasi saluran masuk terhadap aliran vortex pada basin turbin vortex*. *62*.

Randa Admiral S. A., (2023). PERMODELAN UNJUK KERJA TURBIN PUSARAN (VORTEX) UNTUK MODEL ALAT UJI PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS FLUENT. Fakultas Teknik Universitas Lampung

Sitinjak, S. P., Hermawan, I., & Nasution, A. (2021). Simulasi Aliran Air Turbin Ulir Pembangkit Listik Mikrohidro Dengan Variasi Debit Menggunakan Software Solidworks. *Jurnal Teknovasi*, *08*, 60–71.

Studi, P., Teknik, P., Teknik, F., & Jakarta, U. N. (2017). *SIMULASI PERPINDAHAN KALOR PADA RADIATOR DENGAN CAMPURAN RADIATOR COOLANT DAN AQUADES MENGGUNAKAN CFD*.

Sumantri, F., & Fitri, M. (2017). Perancangan alat uji vortex bebas dan vortex paksa. *Zona Mesin*, *8*(2), 1–9.

Yazid, N. (2021). Pemanfaatan Potensi Air Yang Ramah Lingkungan Sebagai Sumberdaya Energi Listrik. *UEEJ-Unbara Environment Engineering Journal*, *02*(01), 1–7.

Yohanes Morong, J. (2016). Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan. *Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi Politeknik Negeri Manado*, 1–35.