

STUDI NUMERIK PENGARUH SUDU BERPENAMPANG LENGKUNG DENGAN VARIASI KELENGKUNGAN TERHADAP KINERJA TURBIN *VORTEX*

Tubagus Habibillah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : tubagus.18050754035@mhs.unesa.ac.id

Diastian Vinaya Wijanarko

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : diastianwijanarko@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini, menggunakan model turbin air jenis aliran *vortex* dengan sudu berpenampang lengkung dan dimensi yang sama dengan model sebenarnya. Geometri kelengkungan sudu sudu diubah sehingga didapatkan hasil dari kinerja turbin *vortex*. Kelengkungan sudu sudu yang digunakan adalah 33°, 34°, 35°, 36°. *Mesh* yang dipakai adalah *Test/Hybrid Tgrid* atau segitiga. Model turbulen yang digunakan *k-omega* standard dengan variasi *Reynold Number* $4,04 \times 10^4$, $4,18 \times 10^4$, $4,46 \times 10^4$, $4,95 \times 10^4$. Data hasil yang dianalisa adalah daya turbin, efisiensi turbin, *velocity contour* dan *pressure contour*. Hasil dari penelitian turbin aliran *vortex* dengan variasi kelengkungan sudu sudu adalah daya tertinggi dengan variasi *reynold number* $4,04 \times 10^4$ terjadi pada kelengkungan sudu 36° sebesar 21,34 watt. daya tertinggi dengan variasi *reynold number* $4,18 \times 10^4$, $4,46 \times 10^4$ dan $4,95 \times 10^4$ terjadi pada kelengkungan sudu 33° yaitu sebesar 28,13 watt, 44,80 watt dan 44,75 watt. Sedangkan efisiensi tertinggi dengan variasi *reynold number* $4,04 \times 10^4$ terjadi pada kelengkungan sudu 36° sebesar 63,68 %. efisiensi tertinggi dengan variasi *reynold number* $4,18 \times 10^4$, $4,46 \times 10^4$ dan $4,95 \times 10^4$ terjadi pada kelengkungan sudu 33° yaitu sebesar 65,29 %, 85,07% dan 71,91%. Dari hasil analisis tersebut bahwa variasi kelengkungan sudu sudu yang mendekati sudut 35° memiliki pengaruh terhadap kenaikan daya pada turbin reaksi *vortex*, hal ini dikarenakan arah jatuh aliran yang mengenai permukaan sudu sudu lebih merata sehingga membuat putaran turbin lebih cepat dibandingkan dengan turbin variasi kelengkungan sudu 35°.

Kata Kunci: Studi Numerik, Turbin *Vortex*, Kelengkungan Sudu Turbin, *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

Abstract

This research, uses a vortex flow type water turbine model with curved blades and the same dimensions as the actual model. The geometry of the blade angle curvature is changed to obtain results from the performance of the vortex turbine. The curvature angles of the blades used are 33°, 34°, 35°, 36°. The mesh used is Test/Hybrid Tgrid or triangle. The turbulent model used is standard k-omega with variations in Reynolds Number 4.04×10^4 , 4.18×10^4 , 4.46×10^4 , 4.95×10^4 . The result data analyzed is turbine power, turbine efficiency, velocity contour and pressure contour. The results of research on vortex flow turbines with variations in blade angle curvature are that the highest power with a Reynolds number variation of 4.04×10^4 occurs at an angle of curvature of 36° of 21.34 watts. The highest power with variations in the Reynolds number of 4.18×10^4 , 4.46×10^4 and 4.95×10^4 occurs at an angle of curvature of 33°, namely 28.13 watts, 44.80 watts and 44.75 watts. Meanwhile, the highest efficiency with a Reynolds number variation of 4.04×10^4 occurs at a curvature angle of 36° of 63.68%. The highest efficiency with variations in the Reynolds number of 4.18×10^4 , 4.46×10^4 and 4.95×10^4 occurs at an angle of curvature of 33°, namely 65.29%, 85.07% and 71.91%. From the results of this analysis, variations in the curvature of the blade angle that approach 35° have an influence on the increase in power in the vortex reaction turbine. This is because the direction of the flow that hits the surface of the blade angle is more even, making the turbine spin faster compared to turbines with variations of angle curvature of 35°.

Keywords: Numerical Study, Vortex Turbine, Turbine Blade Curvature, Computational Fluid Dynamics (CFD).

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang sedang dihadapi di zaman ini adalah energi. Energi selalu dibutuhkan manusia hampir dalam setiap aktivitas dan selalu menjadi hal krusial dalam keseharian masyarakat karena sangat dibutuhkan. Semakin bertambahnya tahun, pasokan energi yang diminta oleh masyarakat, terutama di bidang industri, terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini bisa terjadi dikarenakan jumlah produksi di industri terus mengalami penambahan kapasitas di setiap tahunnya.

Penambahan frekuensi permintaan energi setiap tahun berakibat pada banyaknya jumlah permintaan terhadap

batu bara, minyak bumi dan gas alam yang merupakan bagian dari energi tak terbarukan. Saat ini stok energi tak terbarukan yang biasa dipakai di pabrik-pabrik untuk digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan bakar semakin menipis seiring dengan berjalannya waktu.

Dari studi kasus tersebut terciptalah inisiatif untuk mencari alternatif lain sebagai pengganti atau setidaknya mengurangi porsi pemakaian terhadap energi fosil yang dalam masa ini sudah semakin menurun jumlahnya menurut sejumlah beberapa kalangan. Air, angin, matahari dan lain-lain, merupakan sumber energi yang masih banyak belum dimaksimalkan dalam hal pemanfaatan potensinya untuk dijadikan sumber energi terbarukan atau energi alternatif. Secara geografis, Indonesia termasuk

dalam negara agraris yang sumber airnya sangat melimpah sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sumber energinya. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan salah satu pemanfaatan sumber energi yang dapat diperbaharui dengan memanfaatkan aliran air.

Saluran Irigasi, Sungai, dan Air Terjun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya untuk menggerakkan saluran irigasi, sungai, dan air terjun. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan ketinggian kepala air terjun dan jumlah air yang jatuh ke dalamnya. Secara bahasa, PLTMH berarti “mikro” yang berarti “kecil” dan “hidro” berarti “air”. Oleh karena itu, “mikrohidro” dapat diartikan sebagai “pembangkit listrik tenaga air skala kecil” (PLTA).

PLTMH tidak memerlukan waduk yang besar seperti dalam PLTA. Mayoritas PLTMH yang ada saat ini masih menghasilkan listrik dengan menggunakan high water head. Sedangkan pembangkit listrik ini dapat menghasilkan tenaga dengan memanfaatkan air irigasi atau air sungai untuk menggerakkan generator dan turbin (Rohermanto, 2007). Hal ini menjadi acuan penggunaan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran vortex yang disebut juga lingkaran aliran pada suatu fluida yang mengalir melalui saluran yang mengalami perubahan mendadak.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Kueh et al. (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “*Numerical Analysis Of water Vortex Formation For The Water Vortex Power Plant*”, menyatakan bahwa kekuatan aliran vortex akan meningkat dengan pertambahan tinggi dari vortex.

Penelitian yang dilakukan oleh Sandeputra dan Adiwibowo (2017) dalam penelitiannya dengan judul “*Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Variasi Saluran Keluaran Basen*”, daya yang paling besar diperoleh jarak jauh sebesar 3 cm dengan batas sebesar 8,899 L/s dan muatan 25.000 gram diperoleh daya turbin sebesar 25,4005 watt. Sedangkan efisiensi tertinggi dicapai pada jarak 3 cm dengan kapasitas 5,647 L/s dan berat 15.000 gram dengan efisiensi 56,189%.

Penelitian yang dilakukan oleh Afryzal dan Adiwibowo (2017). Dengan judul “*Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar*”, mengungkapkan bahwa daya turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada pembebanan 25000 gr dengan kapasitas air sebesar 8,89 L/s diperoleh daya turbin sebesar 21,84 watt. Sedangkan efisiensi turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada pembebanan 20000 gr dengan kapasitas air sebesar 6,94 L/s diperoleh efisiensi turbin sebesar 44,3%.

Menurut Nandhika dan Permatasari, (2018). Penelitian yang berjudul “*Analisis Profil Sudu Turbin Mikro Hidro Vortex Untuk Mendapatkan Efisiensi Optimum*”. Dalam penelitiannya melaksanakan menggunakan metode simulasi dengan jumlah sudu tetap dan nilai kecepatan angular yang divariasikan antara 50 rpm sampai 250 rpm dengan interval 50 rpm. Simulasi performa turbin

dilakukan dengan metode CFD menggunakan software ANSYS Fluent. Hasil simulasi menunjukkan bahwa profil sudu crossflow pada 150 rpm memiliki efisiensi yang paling tinggi pada angka 76%.

Penelitian yang dilakukan oleh Aspriansyah dan Adiwibowo (2021). Dalam penelitian yang berjudul “*Simulasi Numerik Pengaruh Kemiringan Sudu Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Kinerja Turbin Aliran Vortex*”, menyatakan bahwa daya tertinggi yang dihasilkan pada turbin dengan kemiringan sudut sudu 37,5° pada Reynold number $4,46 \times 10^5$ sebesar 45,01 Watt. Sedangkan nilai efisiensi tertinggi didapatkan pada turbin dengan kemiringan sudut sudu 37,5° pada Reynold number $4,46 \times 10^5$ sebesar 70,25 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Lisado dan Adiwibowo (2021). Dalam penelitian yang berjudul “*Eksperimental Pengembangan Sudu Sudu Berpenampang Lengkung Dengan Variasi Kelengkungan Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex*”, menyatakan bahwa daya optimal yang dihasilkan pada turbin dengan kelengkungan sudut sudu 35° pada kapasitas 10,803 L/s yaitu 50,053 Watt. Sedangkan nilai efisiensi teroptimal didapatkan pada turbin dengan kelengkungan sudut sudu 35° pada kapasitas 9,4123 L/s yaitu 66,67%.

Pada penelitian sebelumnya studi numerik masih belum dilakukan pada variasi sudu berpenampang lengkung pada turbin vortex, oleh karena itu fokus pada penelitian ini yaitu melakukan studi numerik pada variasi kelengkungan sudu.

METODE PENELITIAN

- Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi numerik.

- Variabel Penelitian

Variabel Bebas

- Menurut Sugiyono (2019:69) Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Model turbin aliran vortex sudu lengkung dengan kelengkungan sudut sudu 33°, 34°, 35°, 36°.

Variabel Terikat

Sugiyono (2014) mendefinisikan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau dipengaruhi sebagai akibat dari adanya variabel bebas tersebut. Pada penelitian ini memiliki variabel terikat diantaranya yaitu:

- Efisiensi turbin vortex.
- Daya turbin vortex.
- *Velocity contour*.
- *Pressure contour*.

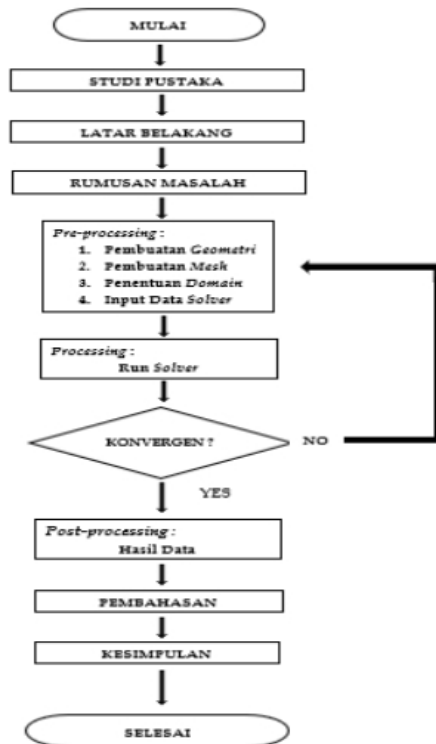
Variabel Kontrol.

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konsisten agar

pengaruh variabel independen terhadap lingkungan tidak dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang tidak diperiksa. Berikut ini adalah variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini:

- Jumlah sudu yang digunakan pada turbin air.
- Spesifikasi dimensi turbin air.
- Material turbin air.
- Kondisi fluida (air) yang digunakan.
- Variasi *Reynolds number* yang digunakan adalah $4,04 \times 10^4$; $4,18 \times 10^4$; $4,46 \times 10^4$; $4,95 \times 10^4$.

- **Diagram Alir Penelitian**



Gbr 1 Diagram Alur Penelitian

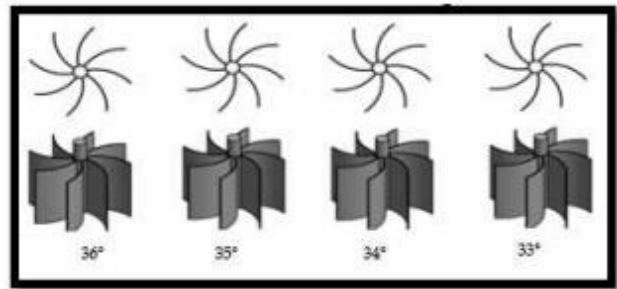
- **Teknik Pengumpulan Data**

> Tahap Pre-processing:

Teknik pengumpulan data adalah sebuah tahapan awal ataupun permulaan yang harus atau wajib dilakukan atau dikerjakan sebelum mengerjakan, mencari, merangkai dan memberikan atau menghasilkan analisa pada suatu model dengan menggunakan sebuah metode yang terkenal dan biasa disebut dengan metode CFD (Computation Fluid Dynamics). Dalam tahapan Teknik penyusunan data yang ini dibagi menjadi beberapa sub-tahapan yaitu:

- Perancangan Geometri

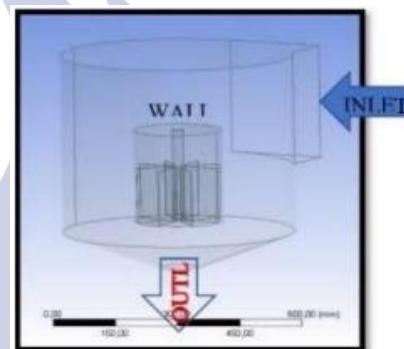
Perancangan geometri harus dibuat sesuai atau minimal menyerupai dengan bentuk nyata di dunia fisik atau aslinya dengan memakai inventor 2020



Gbr 2. Pembuatan Geometri

- Pembuatan Domain

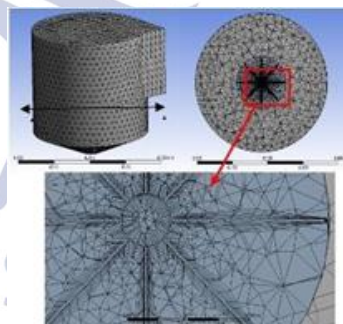
Pembuatan *domain* untuk simulasi ini menggunakan aplikasi ANSYS Design Modeler 18.1. Dimulai dengan *import* geometri yang telah disiapkan kemudian membentuk desain seperti saluran air yang ada dilaboratorium mekanika fluida



Gbr 3. Pembuatan Domain

- Penyusunan Meshing

Proses penyusunan mesh dikerjakan menggunakan *software* ANSYS *meshing* 19.2 dengan bentuk *meshing triangle*.



Gbr 4. Pembuatan Meshing

- Pengaturan Solver

Tujuan pemilihan solver adalah untuk memastikan bahwa kondisi pengujian sebanding dengan kondisi aktual dalam hal geometri 2D atau 3D, untuk mengidentifikasi model turbulen (model viskositas), dan untuk mengidentifikasi kondisi batas terowongan cekungan. Terowongan cekungan mempunyai saluran masuk yang berfungsi sebagai saluran masuk kecepatan, saluran keluar yang berfungsi sebagai saluran keluar

tekanan, dan bagian sisi bawah yang berfungsi sebagai dinding.

Processing/Solving

Dalam tahapan ini, seluruh kondisi yang telah ditentukan di tahap sebelumnya kemudian dilanjutkan perhitungan (iterasi). Pada tahap iterasi, diharapkan tercapai hasil yang *convergen*

Post-Processing

Pada bagian ini disajikan data kualitatif dan kuantitatif yang merupakan hasil perhitungan (iterasi) yang dilakukan pada tahap (pengolahan) sebelumnya. Data distribusi gaya dan tekanan merupakan contoh data kuantitatif. Data kualitatif tersebut kemudian disajikan secara visual dalam bentuk kontur kecepatan dan tekanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini peneliti akan menjelaskan urutan proses simulasi numerik serta data yang diperoleh dari proses simulasi dalam kondisi steady maupun unsteady. Pada simulasi numerik didapatkan data diantaranya: velocity contour, velocity streamline dan pressure contour serta nilai torsi, daya turbin dan efisiensi

- Validasi Model

Model viscous yang akan digunakan pada penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Iqswanda dan Adiwibowo (2021). Pada penelitian tersebut didapatkan hasil yang paling optimal dalam menentukan model viscous ialah model k-omega standard. Oleh karena itu model viskos yang relevan untuk simulasi CFD dalam penelitian ini adalah k-omega Standard.

- Grid Independent Test

No	Element	Torsi (N.m)	Error
1	Eksperimen	0,86	-
2	68000	0,70	18,6%
3	86861	0,84	2,3%
4	109934	0,74	13,9%
5	134118	0,78	9,3%
6	174065	1,80	109,30%
7	596561	2,49	189,53%

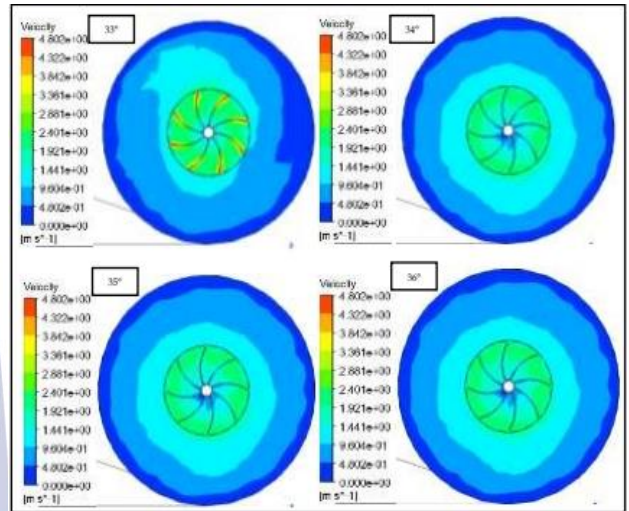
Komposisi *grid* terbaik dimana persentase *error* 2,3 % dengan nilai Torsi 0,84 N.m adalah *grid* kedua. *Grid* kedua memiliki jumlah *elements* sebanyak 86861. Dilihat dari banyaknya jumlah *elements* dari keseluruhan variasi *grid*, *grid* kedua lah yang paling tepat untuk digunakan dalam proses iterasi karena memiliki nilai *error* paling sedikit.

Jumlah *elements* yang lebih kecil dapat

mempermudah dan mempercepat untuk melakukan proses iterasi sehingga tidak menghabiskan banyak waktu dan efisien.

- Hasil Pengujian Simulas Numerik
Velocity Contour

Velocity Contour Kondisi *Unsteady* pada $RE\ 4,04 \times 10^4$



Gbr 5. *Velocity Countour* kondisi *unsteady* pada $RE\ 4,04 \times 10^4$

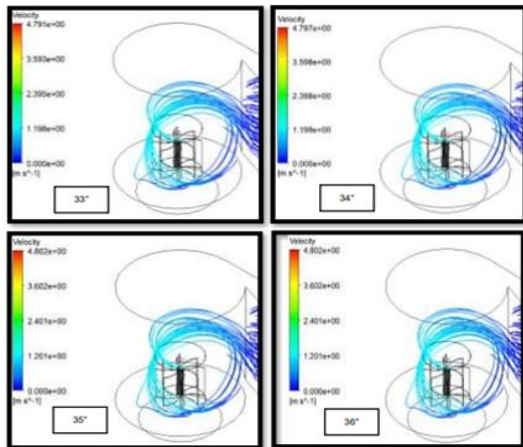
Bentuk kecepatan pada turbin dengan titik kurva 33° akan terlihat ketika aliran yang masuk melalui inlet mengalami stagnasi (biru redup) pada dinding batas dimana pada saat itu kecepatan air berada pada titik terendah. Kemudian ketika aliran bertempat disekeliling turbin air mengalami penambahan kecepatan yang ditunjukkan dengan warna biru langit

Tabel 1 Grid Independent Test

dan berangsur biru muda dengan nilai kisaran 9,58e-01 m/s (0.9568m/s). Ketika aliran jatuh membentur sudu turbin, kecepatan turbin bertambah diperlihatkan dengan warna hijau dengan nilai kisaran 2,395e+00 m/s (2.395 m/s). Ketika air melewati sudu turbin air mengalami pengurangan kecepatan ditunjukkan dengan warna hijau berangsur menjadi biru muda lalu mengalami stagnasi disekeliling sudu turbin ditandai dengan warna biru langit berangsur menjadi biru tua.. Selanjutnya untuk *Reynold Number* $4,18 \times 10^4$, $4,46 \times 10^4$, dan $4,95 \times 10^4$ memiliki karakteristik aliran yang hampir sama namun ketika aliran jatuh menabrak turbin memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi ditunjukkan dengan warna kuning yang berangsur menjadi warna oranye.

Velocity Streamline

Velocity Streamline Kondisi *Unsteady* pada $RE\ 4,04 \times 10^4$

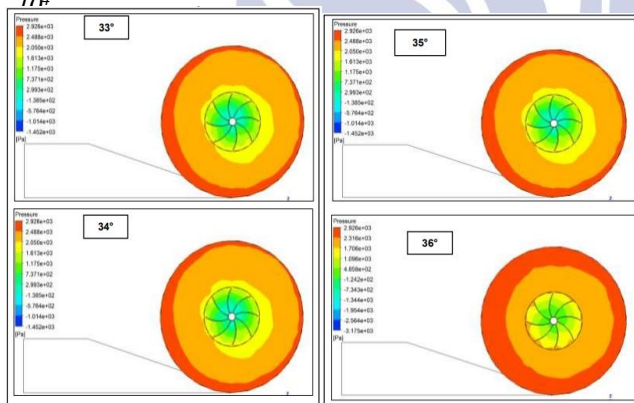


Gbr 6. Velocity Streamline kondisi unsteady pada RE $4,04 \times 10^4$

Aliran streamline dengan variasi sudut 33° . Sebelum mengenai turbin, aliran streamline berada dalam keadaan stagnan dan mengalami peningkatan kecepatan. Setelah melewati sudu turbin, aliran streamline mengalami penurunan kecepatan dan menjadi stasioner.

Pressure Contour

Pressure Contour Kondisi Unsteady pada RE $4,04 \times 10^4$



Gbr.7 Pressure Countour kondisi unsteady pada RE $4,04 \times 10^4$

Pressure contour pada kondisi unsteady. Dengan variasi Reynold number $4,04 \times 10^4$ variasi sudut 33° tekanan paling tinggi terjadi disekeliling tembok basin ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai tekanan $2,296e+03$ pa (2296 pa) saat aliran menabrak sudu terdapat penurunan tekanan ditunjukkan warna hijau dan selanjutnya ketika turbin berputar terdapat tekanan dari arah berlawanan dari putaran turbin terjadi di sudu – sudu turbin yang ditunjukkan dengan warna oranye berangsur ke kuning dengan nilai tekanan berkisar $1,613e+03$ pa (1613 pa). Pada sudut 35° dan 36° tekanan yang terdapat di dinding boundary wall memiliki kontur dan nilai yang hampir sama dengan yang terjadi pada sudut 34° , tekanan terbesar terjadi disekeliling boundary wall ditunjukkan dengan warna merah dan akan berangsur berkurang ketika berada disekitaran turbin ditunjukkan dengan warna oranye yang berangsur

kuning. Untuk semua variasi sudut tekanan yang terjadi ketika aliran menabrak sudu turbin akan berkurang dalam jumlah yang cukup besar, hal ini dikarenakan di area sudu turbin kecepatan yang terjadi disekelilingnya cukup besar sehingga menyebabkan tekanan yang terjadi menjadi berkurang. Hasil dari simulasi turbin air yang telah disajikan menunjukkan bahwa pengaruh dari kelengkungan sudut sudu pada turbin aliran vortex berpenampang plat datar berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan dari tiap kelengkungan sudut sudu dan variasi Reynold number.

- Perhitungan Efisiensi dari Turbin Air

Hasil torsi dan omega yang timbul karena interaksi peragaan diterapkan untuk menghitung daya dan produktivitas yang dihasilkan oleh turbin, kemudian dilakukan proses penjabaran pengaruh kemiringan sudut sudu terhadap kinerja turbin.

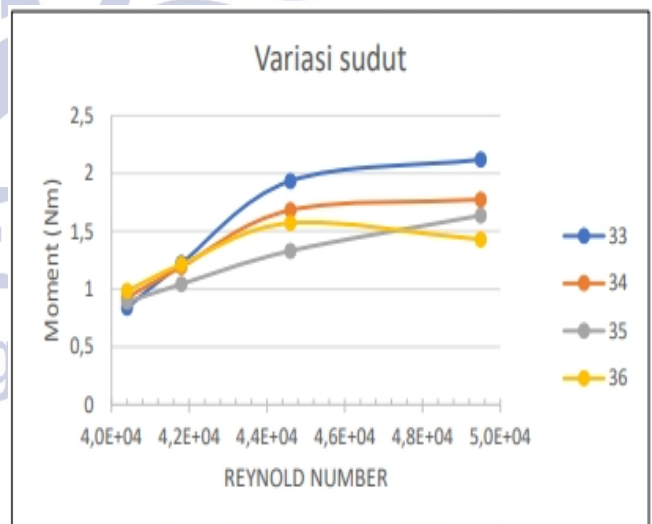
- Menghitung Luas Penampang Aliran (A)

Luas penampang dihitung dengan menggunakan persamaan:

- Menghitung Kecepatan Aliran (V)
- Menghitung Daya Air yang Mengalir (Pa)
- Menghitung Daya Turbin (Pt)
- Menghitung Efisiensi Turbin (η)

- Pembahasan

- Pengaruh Variasi Reynold Number Terhadap Torsi Turbin.



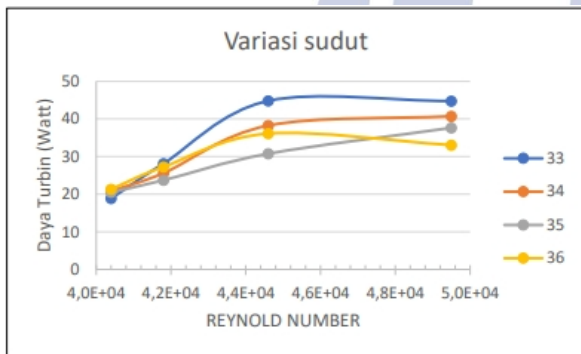
Gbr 8. Grafik Hasil Perolehan Torsi

Hasil perolehan torsi rata-rata direpresentasikan secara grafis sebagai peningkatan konstan. Peningkatan kecepatan aliran air juga berkorelasi langsung dengan peningkatan torsi. Namun pada variasi bilangan Reynolds $4,46 \times 10^4$ dan nilai 1,93 N.m, turbin menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan kelengkungan sudut sudu 33° . Hal

ini dimungkinkan karena aliran air lebih efektif dibandingkan variasi sudut kelengkungan lainnya karena luas sudut yang dipengaruhinya cukup seragam pada setiap sudut. Sehingga dorongan yang terjadi pada bagian tepi turbin akan lebih sempurna dan cepat sehingga akan menghasilkan tenaga yang lebih besar.

Efisiensi turbin akan dipengaruhi oleh semakin besarnya nilai torsi yang dihasilkan. Pada variasi sudut 33° dan variasi bilangan Reynolds 4,04 x 10⁴, nilai torsi terendah diperoleh pada variasi sudut 33° dan variasi bilangan Reynolds 0,84 N.m. Hal ini dikarenakan kondisi bilangan Reynolds 4,04 x 10⁴ mempunyai kecepatan aliran paling rendah dibandingkan variasi lainnya. Proses simulasi menghasilkan hasil torsi terbesar yaitu torsi sebesar 2,12 N.m.

- Pengaruh Variasi Reynold Number Terhadap Daya Turbin



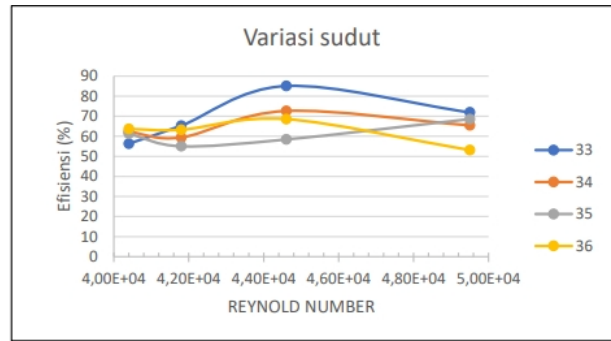
Gbr 9. Grafik Hasil Perhitungan Daya Turbin

Grafik diatas merupakan grafik daya yang dihasilkan turbin dengan kelengkungan sudut sudu 33°, 34°, 35°, 36°. Dari grafik hasil perhitungan daya turbin diatas rata – rata hasil daya turbin menunjukkan tren menaik secara konstan. Daya turbin dengan kelengkungan sudut sudu 33° mengalami peningkatan yang cukup signifikan ketika berada di variasi reynold number 4,46 x 10⁴ sebesar 44,80 watt dari yang sebelumnya 28,13 watt pada variasi reynold number 4,18 x 10⁴. Daya tertinggi pada sudut 33° terjadi pada variasi reynold number 4,95 x 10⁴ dengan daya sebesar 47,98 watt.

sudut kelengkungan 33° menghasilkan hasil seperti diatas dapat disimpulkan bahwa turbin dengan daya yang lebih besar dibanding dengan turbin hasil eksperimen dengan kelengkungan sudut 35°. Kejadian ini bisa ada sebab pada turbin dengan kelengkungan 33° mendapatkan rotasi turbin semakin laju sehingga daya yang dihasilkan juga semakin besar.

- Pengaruh Variasi Reynold Number Terhadap Daya Turbin

Pengaruh variasi Reynold number terhadap efisiensi yang dihasilkan turbin, dapat dilihat pada grafik berikut.



Gbr 10. Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

Pada variasi reynold number 4,04 x 10⁴ turbin pada beberapa variasi kelengkungan sudut sudu menghasilkan efisiensi yang cenderung mengalami peningkatan. Pada kondisi reynold number tersebut efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan kelengkungan sudut sudu 36° sebesar 63,68 %. Karena pada kondisi reynold number tersebut kecepatan aliran air yang mendorong turbin berada pada kecepatan aliran air terendah, sehingga dorongan aliran tidak sepenuhnya mampu mendorong turbin berputar maksimal. Untuk variasi sudut sudu 33°, 34° dan 35° pada reynold number 4,04 x 10⁴ efisiensi yang dihasilkan ialah sebesar 56,34%, 62,22% dan 61,24%. Pada kondisi reynold number 4,18 x 10⁴ efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan kelengkungan sudut sudu 33° sebesar 65,29 % kenaikan efisiensi ini berbanding lurus dengan daya turbin yang dihasilkan, dimana pada reynold number tersebut turbin dengan kelengkungan sudut sudu 33° menghasilkan daya turbin tertinggi. Untuk variasi sudut sudu 34°, 35° dan 36° pada reynold number 4,18 x 10⁴ efisiensi yang dihasilkan ialah sebesar 59,42%, 55,03% dan 63,27%. Pada sudut 36° mengalami penurunan diakibatkan pada sudut kelengkungan tersebut aliran air yang mendorong sudu turbin tidak optimal. Sehingga turbin tidak mampu memaksimalkan dorongan aliran menjadi putaran. Pada variasi reynold number 4,46 x 10⁴ daya turbin yang dihasilkan hampir pada semua variasi kelengkungan sudut sudu mengalami penurunan jika dibandingkan pada variasi reynold number sebelumnya kecuali yang terjadi pada sudut 33°. Efisiensi tertinggi dihasilkan turbin dengan sudut sudu 33° yaitu sebesar 85,07 %. Untuk variasi sudut sudu 34°, 35° dan 36° pada reynold number 4,46 x 10⁴ efisiensi yang dihasilkan ialah sebesar 72,63%, 58,41% dan 68,57%. Pada sudut 33° turbin mengalami kenaikan yang drastis jika dibandingkan dengan variasi sudut yang lain pada kondisi reynold number yang sama. Hal ini dikarenakan kemampuan turbin pada sudut 33° lebih optimal ketika menerima dorongan dan mempertahankan aliran yang mengenai permukaan sudu turbin menjadi sebuah putaran. Pada variasi reynold number 4,95 x 10⁴ efisiensi yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan variasi sudut 33° sebesar 71,91 %. Untuk variasi sudut sudu 34°,

35° dan 36° pada reynold number $4,95 \times 10^4$ efisiensi yang dihasilkan ialah sebesar 65,46%, 60,48% dan 53,12%.

Dari analisis diatas dapat ditarik simpulan bahwa sudu lengkung 33° pada $Re\ 4,46 \times 10^4$ memiliki efisiensi terbesar. Hal ini disebabkan karena pada turbin dengan sudut 33° arah jatuh aliran mengenai sudu turbin pada arah yang optimal yang artinya gaya dorong mengenai sudu turbin secara maksimal. Untuk turbin dengan titik 36°, produktivitas selanjutnya secara umum akan lebih rendah dibandingkan efektivitas yang dihasilkan untuk turbin dengan titik 33°. Sebab, kinerja turbin menurun karena aliran air tidak lagi optimal. Pada rumus efisiensi, daya turbin dibagi daya air kemudian dikalikan 100% sehingga terjadi penurunan efisiensi. Hasil efisiensi akan semakin kecil atau rendah jika pembagi atau daya air semakin besar.

PENUTUP

Simpulan

Dari data penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Velocity contour yang dihasilkan hampir semua variasi kelengkungan sudut sudu memiliki kecepatan aliran yang mengenai permukaan turbin secara merata, namun memiliki nilai yang sedikit lebih berbeda antara satu sama lain. Velocity streamline dalam hampir semua variasi kelengkungan sudut sudu arah jatuh aliran memiliki jalur yang hampir sama yaitu mengenai tampak luar yang menjadikan perputaran turbin lebih cepat dan optimal. Berdasarkan pressure contour variasi kelengkungan sudut 33° memiliki tekanan di setiap sudu-turu yang mempengaruhi torsi yang dihasilkan.

- Perolehan daya terbesar dihasilkan oleh turbin aliran vortex ini yaitu pada kelengkungan sudut sudu 33° pada reynold number $4,46 \times 10^4$ sebesar 44,80 watt. Pada reynold number $4,95 \times 10^4$ dengan daya yang didapatkan 44,75 watt. Sedangkan daya turbin terendah juga dihasilkan sudut 33° pada reynold number $4,04 \times 10^4$ dengan daya yang didapatkan sebesar 18,88 watt. Turbin 36° mengalami penurunan daya turbin pada reynold number $4,46 \times 10^4$ dengan daya turbin sebesar 36,11 watt.

- Nilai efisiensi tertinggi yang didapatkan pada variasi reynold number $4,04 \times 10^4$ terdapat pada sudut sudu 36° sebesar 63,68 %. Pada $Re\ 4,18 \times 10^4$ efisiensi tertinggi turbin didapatkan pada sudut sudu 33° sebesar 65,29 %. Pada reynold number $4,46 \times 10^4$ efisiensi tertinggi turbin didapatkan pada sudut sudu 33° sebesar 85,07 %. Pada reynold number $4,95 \times 10^4$ efisiensi tertinggi turbin didapatkan pada sudut sudu 33° sebesar 71,91 %. Pada sudut 36 memperoleh efisiensi terendah diluruh variasi reynold nya.

Efisiensi yang cenderung mengalami kemerosotan diawali karena ketika merumuskan efisiensi dengan rumus

daya turbin dibagi dengan daya air kemudian dikalikan 100%, jika pembagi atau daya air semakin besar maka hasil efisiensi yang dicapai akan semakin kecil atau minimum. Dengan menggunakan variasi kelengkungan sudut sudu yang mendekati sudut 35° pada turbin aliran vortex, mulai dari sudut 33°, 34°, 35°, 36° memiliki hasil performa turbin yang bervariasi. Pada sudut 33° kelengkungan sudut yang dimiliki paling optimal.

Saran

Dari kesimpulan yang tercantum diatas, maka beberapa saran yang perlu dicantumkan oleh penulis diantaranya sebagai berikut:

-) Perangkat laptop atau komputer yang lebih baik diharapkan dapat digunakan pada penelitian simulasi numerik di masa depan agar menghasilkan hasil yang lebih tepat, akurat, dan cepat.

-) Dalam penelitian kedepannya, diharapkan akan lebih banyak menggunakan variabel lebih banyak dan baru sehingga hasilnya akan lebih baik dan dilanjutkan dengan penelitian percobaan agar hasilnya dapat diukur pada saat yang bersamaan.

-) Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki prosedur meshing dengan nilai yang mendekati sempurna dan kepadatan meshing yang lebih tinggi.

-) Untuk menyempurnakan hasil simulasi, diharapkan dilakukan penambahan langkah waktu dan iterasi pada penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afryzal, N. R. dan Adiwibowo, P. H. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 5 (2): hal 147 – 157
- Arikunto, S. 2010. Prosedur Penelitian. Rineka Cipta, 266.
- Arsana, I. M. dan Wulandari, C. S. 2019. Alat Industri Kimia. ISBN 9786237398202. Malang : Kuantum Buku Sejahtera.
- Ahmadi, A. 2003. Psikologi Umum. Jakarta: Rineka Cipta. Faisal, H., Syahril, G, Andianto, P., Farida, A., dan Tugiman, M. 2015. " Analisa Performansi Turbin Vortex Menggunakan Perangkat Lunak Cfd Pada Dua Variasi Dimensi Sudu Serta Debit Air Masuk". Jurnal Dinamis. Vol. 3 (3).
- Hudan, A. K. dan Adiwibowo, P. H. 2017. "Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran Vortex Terhadap Daya Dan Efisiensi". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 05. No. 2: hal 61- 69.
- Khurmi, R S. and Gupta J.K.. 2005. Machine Design. New Delhi: Eurasia Publishing House.

Kueh, T. C., Beh, S. L., Rilling, D. and Ooi, Y.. (2014).
“Numerical Analysis Of Water Vortex Formation For
The Water Vortex Power Plant”.

Nandhika, F. S. dan Permatasari, R. 2018. “Analisis
Profil Susu Turbin Mikro Hidro Vortex.



UNESA
Universitas Negeri Surabaya