

SIMULASI NUMERIK PENGARUH VARIASI RASIO PANJANG SUDU PENGGANGGU DENGAN SUDU UTAMA SETENGAH LINGKARAN TERHADAP KINERJA TURBIN *CROSSFLOW* POROS HORIZONTAL

Arif Yusuf Maulana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arif.18045@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Energi merupakan faktor terbesar pendorong kemajuan suatu negara. Akibatnya manusia kini semakin mengembangkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan sumbernya terbarukan (renewable). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil yang memanfaatkan energi potensial air. Turbin *crossflow* air adalah salah satu komponen PLTMH yang berfungsi mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik sehingga menghasilkan listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi rasio panjang sudu dengan sudu utama setengah lingkaran terhadap kinerja turbin *crossflow* poros horizontal. Penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik untuk mengetahui daya dan efisiensi pada turbin dengan memvariasikan rasio panjang sudu sebesar 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 dengan sudu utama berbentuk setengah lingkaran. Variasi kapasitas air sebesar 9,572 L/s, 11,024 L/s, 14,322 L/s, 16,152 L/s, dan 18,113 L/s dan variasi bilangan *Reynolds*. Pada penelitian ini turbin dengan rasio 2:4 kapasitas 18,113 L/s memiliki daya tertinggi sebesar 3,97 Watt. Efisiensi yang paling optimum pada variasi rasio 1,8:4 kapasitas 9,572 L/s menghasilkan efisiensi sebesar 87,42%. Pada simulasi ini juga menunjukkan hasil performa turbin melalui *velocity contour*, dan *velocity streamline*. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa dengan memvariasikan rasio panjang sudu dengan sudu pengganggu dapat mempengaruhi hasil kinerja turbin *crossflow*. Semakin besar tekanan pada sudu maka daya yang dihasilkan akan semakin besar dan mengakibatkan pengaruh pada nilai efisien yang diberikan pada kinerja turbin.

Kata Kunci: *Crossflow*, Daya, Efisiensi, Rasio sudu pengganggu, Simulasi, Turbin.

Abstract

Energy is the biggest factor driving the progress of a country. As a result, humans are increasingly developing alternative and renewable energy sources that are environmentally friendly. Micro Hydro Power Plants (PLTMH) are small-scale power plants that utilize the potential energy of water. The *crossflow* water turbine is one of the components of PLTMH that functions to convert the potential energy of water into kinetic energy, thereby generating electricity. The objective of this research is to determine the effect of varying the ratio of the blade length to the half-circle main blade on the performance of the horizontal axis *crossflow* turbine. The study used numerical simulation methods to determine the power and efficiency of the turbine by varying the blade length ratio of 1.4:4, 1.6:4, 1.8:4, and 2:4 with a semicircular main blade. Variation of water capacity of 9.572 L/s, 11.024 L/s, 14.322 L/s, 16.152 L/s, and 18.113 L/s and variation of Reynold's number. In this research, the turbine with a ratio of 2: 4 capacity of 18.113 L / s has the highest power of 3.97 Watt. The most optimum efficiency in the ratio variation of 1.8:4 with a capacity of 9.572 L/s produces an efficiency of 87.42%. This simulation also shows the results of turbine performance through *velocity contour*, and *velocity streamline*. From the simulation results, it can be seen that varying the ratio of blade length to the disruptor blade can affect the performance of the *crossflow* turbine. The greater the pressure on the blade, the greater the power generated and the resulting effect on the efficient value given to the turbine performance.

Keywords: *Crossflow*, Power, Efficiency, Disruptive blade ratio, Simulation, Turbine.

PENDAHULUAN

Energi air merupakan salah satu energi yang dapat dijadikan sebagai energi terbarukan dan dapat dimanfaatkan maupun diubah menjadi energi listrik yang akan terus menghasilkan tenaga non-stop serta ketersediaannya terus dihasilkan oleh adanya siklus hidrologi. Selain itu negara Indonesia adalah negara maritim yang memiliki potensi besar untuk pengembangan listrik tenaga air, dikarenakan kondisi topografi dialiri oleh banyak sungai dan daerah daerah

tertentu mempunyai danau yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Salah satunya pada pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Lubis, 2007).

Pemakaian jenis turbin *crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lain. Salah satu contohnya adalah daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin *Ossberger* menyimpulkan bahwa daya guna kincir air jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70%

sedangkan efisiensi turbin *crossflow* mencapai 82%. Tingginya efisiensi turbin *crossflow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner. Kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitas yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem keluaran air dari runner. (Figueiredo & Martins, 2010).

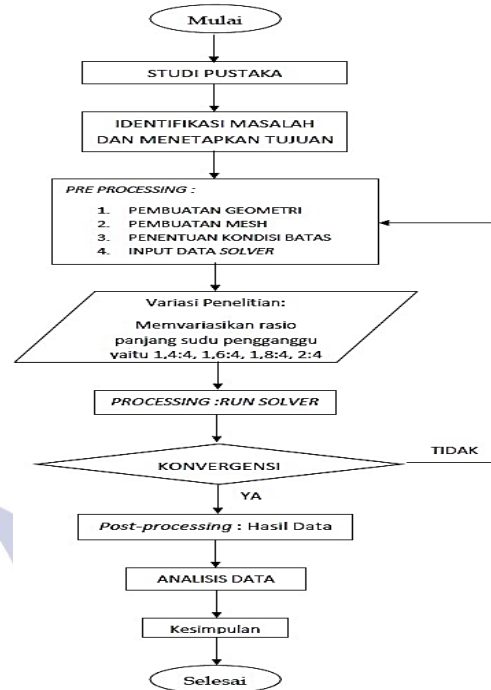
Dalam penelitian (Waskito & Wailanduw, 2022) yang berjudul “Simulasi Numerik Sayap Dengan *Airfoil* NACA 4412 Dengan Variasi *Symmetry* dan *Asymmetry Sweep* Terhadap Gaya Angkat dan Gaya Hambat” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi leading edge sweep angle terhadap nilai gaya angkat, gaya hambat, coefficient of pressure, dan karakteristik aliran pada sayap dengan airfoil NACA 4412 secara simulasi menggunakan software simulasi numerik Computational Fluid Dynamics (CFD). Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan melakukan variasi sweep angle dapat mempengaruhi karakteristik aliran pada sayap. Semakin besar sudut sweep angle maka akan meningkatkan gaya angkat dan gaya hambat, dan mengakibatkan nilai C_p pada trailing edge sayap meningkat. Dengan pertimbangan data-data yang diperoleh, diketahui bahwa F_L/F_D tersebar adalah pada sweep angle 0° , maka sweep angle 0° pada airfoil NACA 4412 dipilih sebagai varian terbaik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Endarti & Adiwiowo, 2018) yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Panjang Sudu Pengganggu Dengan Sudu Utama Setengah Lingkaran Terhadap Kinerja Turbin *Crossflow* Poros Horizontal” penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan rasio panjang sudu pengganggu dengan sudu utama setengah lingkaran terhadap turbin *crossflow* poros horizontal. Variasi rasio panjang sudu pengganggu yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki nilai 1 : 4, 1,5 : 4, dan 2 : 4 yang akan diuji. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa turbin dengan rasio panjang sudu pengganggu 1,5 : 4 memiliki daya tertinggi yang dihasilkan pada kapasitas 18,113 L/s, dengan daya turbin sebesar 4,461 Watt pada pembebanan 9000 gram. Efisiensi tertinggi juga dihasilkan oleh turbin dengan rasio panjang sudu pengganggu 1,5 : 4 pada kapasitas 11,024 L/s, dengan nilai efisiensi sebesar 96,20% pada pembebanan 5000 gram.

Beberapa peneliti terdahulu sudah banyak yang melakukan inovasi dengan tujuan mendapatkan hasil kinerja turbin yang optimal, tetapi masih belum ada peneliti yang melakukan penelitian tentang pengaruh variasi rasio panjang sudu pengganggu dengan sudu utama setengah lingkaran terhadap turbin *crossflow* dengan poros horizontal menggunakan metode simulasi.

METODE

• Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

• Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi numerik. dengan menggunakan simulasi numerik berbasis komputasi CFD ini mempermudah peneliti untuk mendapatkan parameter-parameter hasil pengujian tanpa eksperimen aktual dan parameter-parameter hasil yang bisa didapat lebih banyak dibanding dengan eksperimen uji aktual serta dapat memvisualisasikan karakteristik tiap aliran.

• Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa variabel yaitu;

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah model turbin *crossflow* dengan variasi rasio 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4.

Variabel Terikat

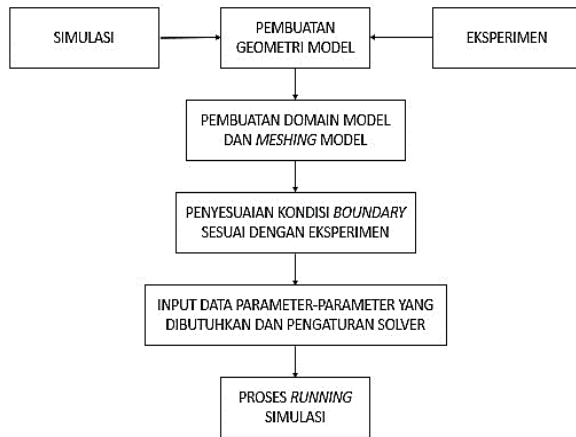
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya, efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *crossflow*, *Velocity contour* turbin *crossflow*, *Velocity streamline* turbin *crossflow*.

Variabel Kontrol

- Jumlah sudu pada turbin air.
- Kondisi fluida yang digunakan.
- Variasi bilangan *Reynolds* yang digunakan adalah $7,94 \times 10^4$; $9,14 \times 10^4$; $1,18 \times 10^5$; $1,33 \times 10^5$; $1,50 \times 10^5$.
- Kapasitas atau debit aliran air selama pengujian yaitu sebesar 9,572 L/s, 11,024 L/s, 14,322 L/s, 16,152 L/s, dan 18,113 L/s.

- Kecepatan aliran pada simulasi ini adalah 0,499 m/s, 0,574 m/s, 0,746 m/s, 0,841 m/s, dan 0,943 m/s.

• Skema Simulasi

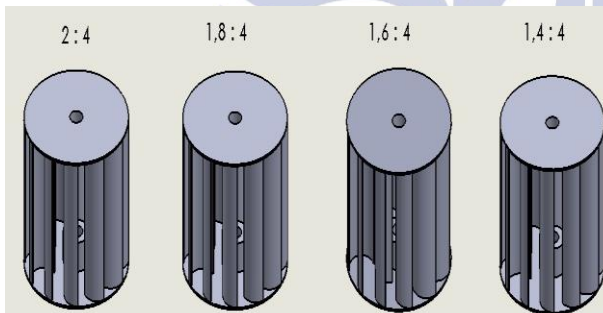


Gambar 2. Skema Simulasi

• Teknik Pengumpulan Data

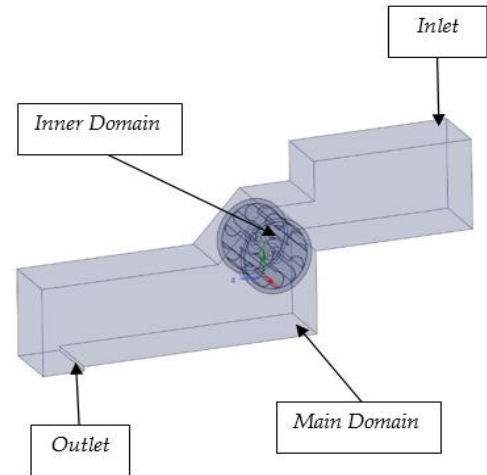
Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahapan sebagai berikut:

- *Pre-processing*
 - Penggambaran geometri
Proses penggambaran geometri menggunakan software *Solidworks 2016* untuk pembuatan model turbin *crossflow*.



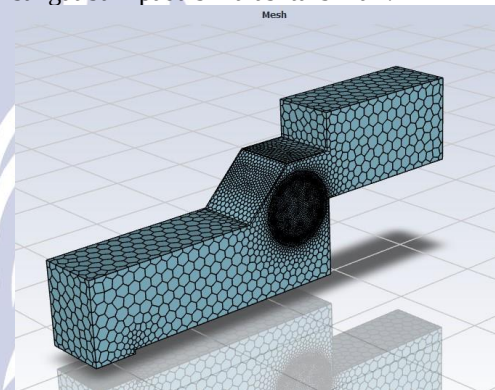
Gambar 1. Hasil Pemodelan Turbin *Crossflow*

- Pembuatan *Domain*
Proses pembuatan *domain* dengan software *ansys 2020 R1* serta memanfaatkan fitur software tambahan yaitu *SpaceClaim Geometry*,



Gambar 2. *Domain* Turbin *Crossflow*

- Pembuatan *Meshing*
Meshing yang digunakan pada simulasi ini berbentuk *polyhexcore* dimana tipe *mesh* ini sangat baik pada simulasi turbin air.



Gambar 3. Hasil Volume Mesh Turbin *Crossflow*

- Penentuan *Solver*
Solver setting pada simulasi ini menggunakan tipe *solver 3D*. Model turbulensi yang digunakan adalah *k-omega standart*. Pada kondisi *boundary*, *inlet* dianggap sebagai “*velocity inlet*”, sedangkan *outlet* dianggap sebagai “*outflow*”.

- *Processing/Solving*
Pada tahap *processing*, semua kondisi sudah di *setting* sedemikian rupa dan kemudian akan dilakukan proses iterasi hingga tercapainya hasil yang *convergen*,
- *Post-processing*
Pada tahap *post-processing* hasil yang ditampilkan berupa data perhitungan terkait data distribusi gaya dan tekanan.
- *Validasi Data*
Pada tahap validasi data ini hasil dari perhitungan ditampilkan dalam bentuk visual atau gambar berupa kontur kecepatan dan garis *streamline* kecepatan

- Validasi Model Turbulensi

Tabel 1. Validasi Model Turbulensi

No	Penelitian	Variasi Sudu Pengganggu 2:4	
		Daya Turbin (Watt)	Error (%)
1	Eksperimen	0,52	
2	Kepsilon Standard	0,47	9,61
3	Kepsilon RNG	0,45	13,46
4	Kepsilon Reliaezble	0,46	11,53
5	Komega Standard	0,55	5,76
6	Komega BSL	0,60	15,38
7	Komega STT	0,56	7,69

- Grid Independence Test

Tabel 2. Validasi Grid Independence Test

No	Grid	Jumlah Nodes	Daya Turbin (Watt)	Error (%)
1	1	178157	0,39	24,97
2	2	177371	0,40	23,07
3	3	176484	0,57	9,61
4	4	159113	0,35	32,69
5	5	133895	0,33	36,53

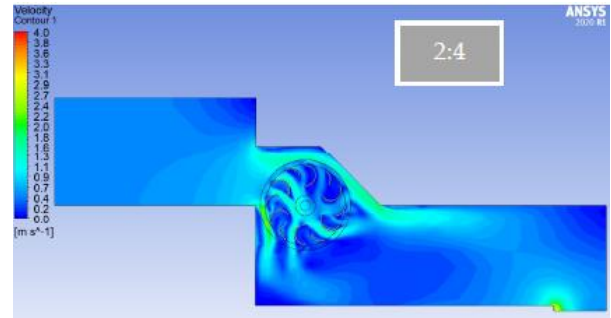
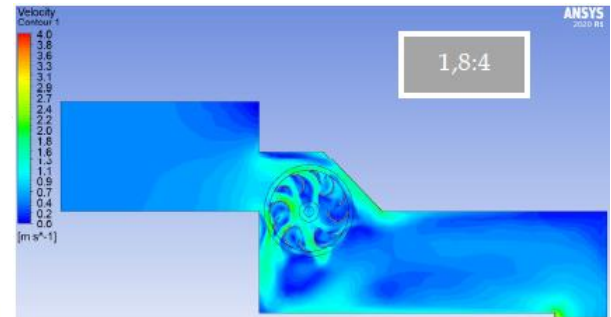
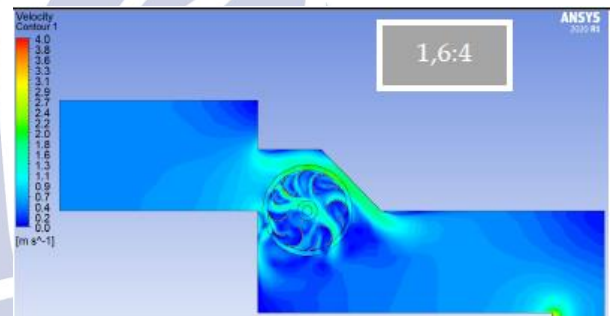
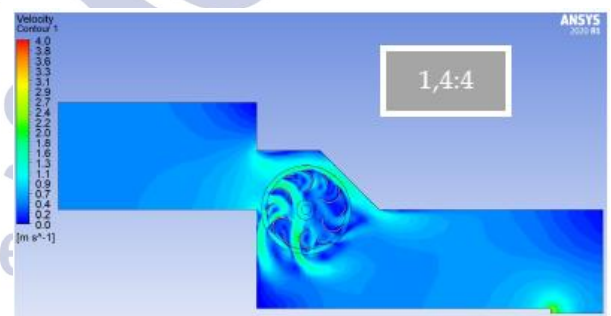
• Teknik Analisa Data

Penelitian ini diadakan guna mengetahui pengaruh variasi rasio panjang sudu pengganggu pada sudu berpenampang setengah lingkaran terhadap kinerja turbin *crossflow* poros horizontal tersebut dengan menganalisa dalam bentuk 3D kemudian disajikan dalam bentuk kontur distribusi kecepatan dan garis *streamline* aliran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

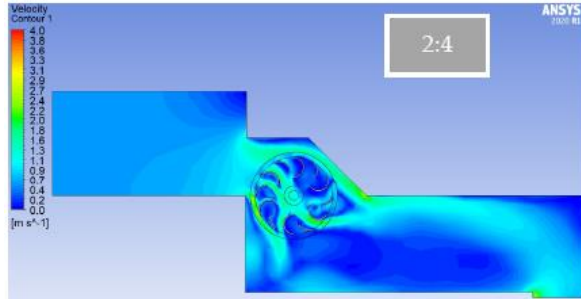
• Hasil Penelitian

Velocity Contour pada $Re\ 7,94 \times 10^4$

Gambar 4. *Velocity Contour* Rasio Sudu 2:4Gambar 5. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,8:4Gambar 6. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,6:4Gambar 7. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,4:4

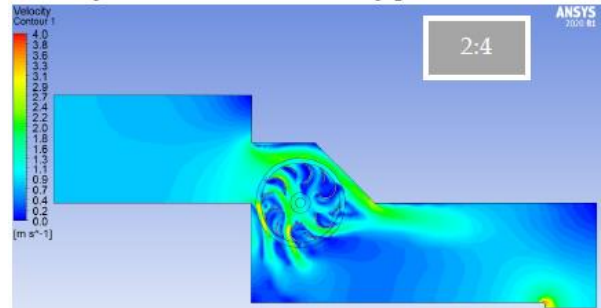
Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 2:4 aliran masuk tidak merata ke seluruh bagian turbin sehingga percepatan yang terjadi tidak maksimal dan daya yang dihasilkan juga kecil seperti pada variasi rasio sudu 1,4:4, sedangkan pada variasi rasio sudu 1,6:4 dan rasio sudu 1,8:4 aliran fluida masuk secara menyeluruh pada tiap sudu *runner* yang mengakibatkan daya yang dihasilkan lebih tinggi.

Velocity Contour pada $Re\ 9,14 \times 10^4$

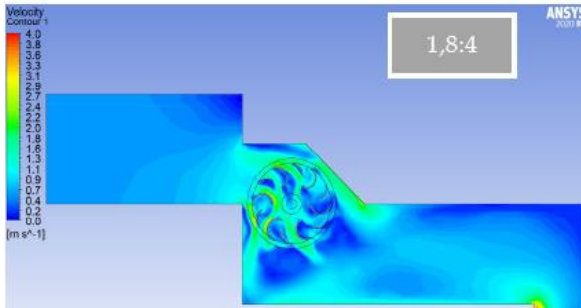


Gambar 8. *Velocity Contour* Rasio Sudu 2:4

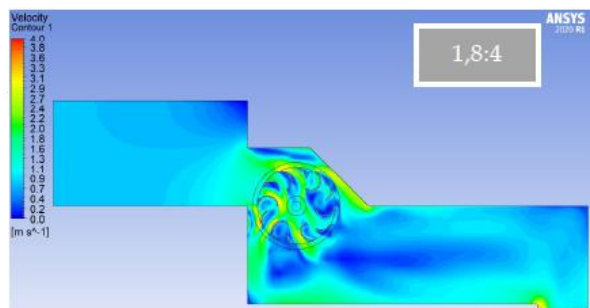
Velocity Contour pada $Re\ 1,18 \times 10^5$



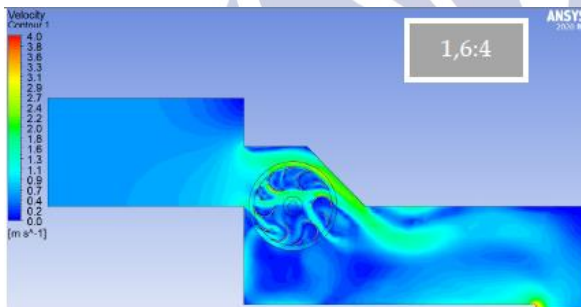
Gambar 12. *Velocity Contour* Rasio Sudu 2:4



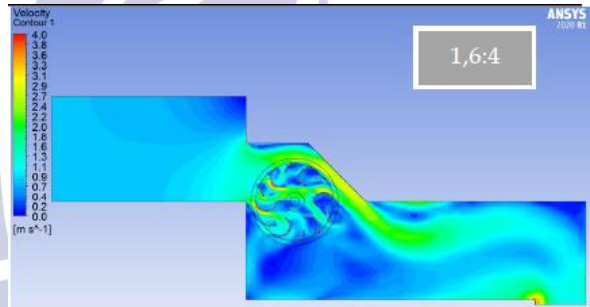
Gambar 9. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,8:4



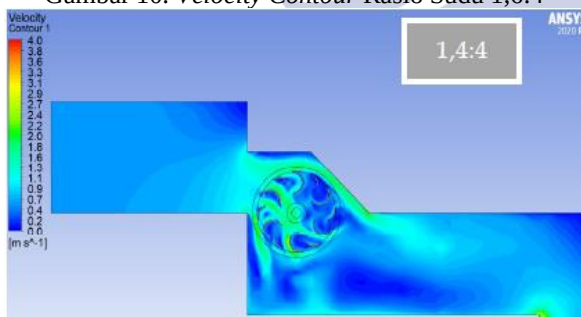
Gambar 13. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,8:4



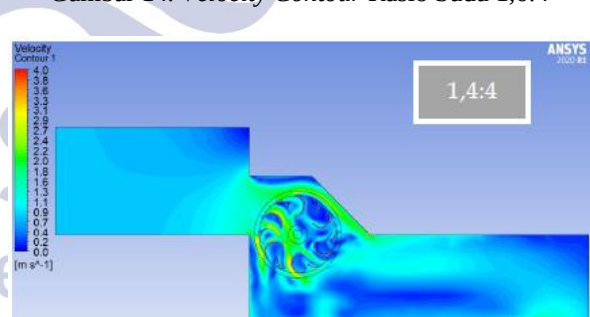
Gambar 10. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 14. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,6:4



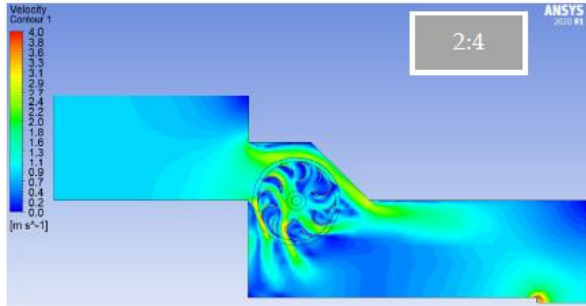
Gambar 11. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,4:4



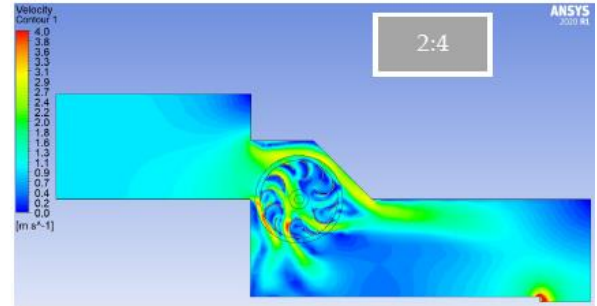
Gambar 15. *Velocity Contour* Rasio Sudu 1,4:4

Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,8:4 aliran masuk secara merata ke seluruh bagian sudu turbin sehingga percepatan terjadi secara maksimal dan daya yang dihasilkan juga besar seperti pada variasi rasio sudu 1,6:4, sedangkan pada variasi rasio sudu 1,4:4 dan rasio sudu 2:4 aliran fluida masuk tidak menyeluruh pada tiap sudu *runner* yang mengakibatkan daya yang dihasilkan kecil.

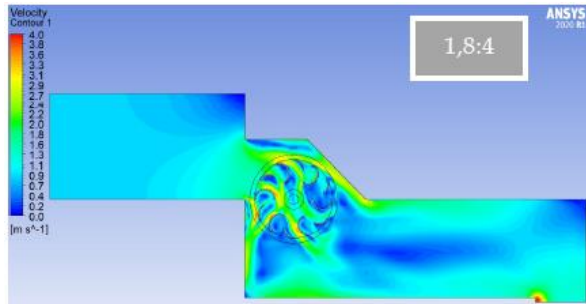
Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,8:4 aliran masuk secara merata ke seluruh bagian sudu turbin sehingga percepatan terjadi secara maksimal dan daya yang dihasilkan juga besar seperti pada variasi rasio sudu 1,6:4, sedangkan pada variasi rasio sudu 1,4:4 aliran fluida masuk tidak menyeluruh pada tiap sudu *runner* yang mengakibatkan daya yang dihasilkan kecil, dan pada rasio sudu 2:4 aliran *inlet* masuk secara merata pada variasi ini dibandingkan dengan variasi yang sebelumnya sehingga hasil daya yang dihasilkan meningkat.

Velocity Contour pada $Re\ 1,33 \times 10^5$ 

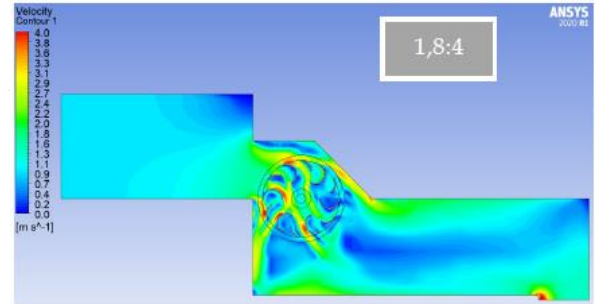
Gambar 16. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4

Velocity Contour pada $Re\ 1,50 \times 10^5$ 

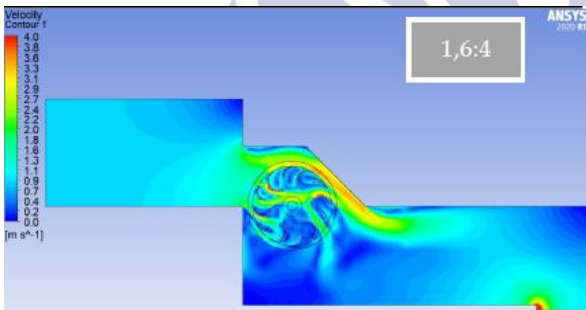
Gambar 20. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4



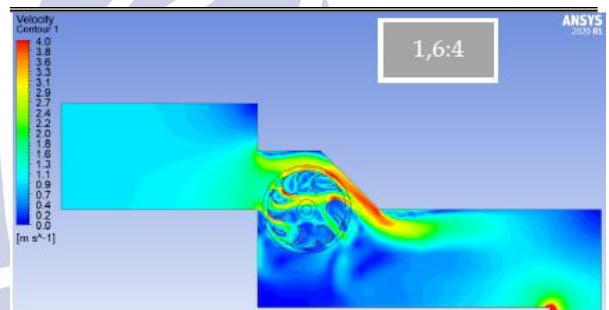
Gambar 17. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



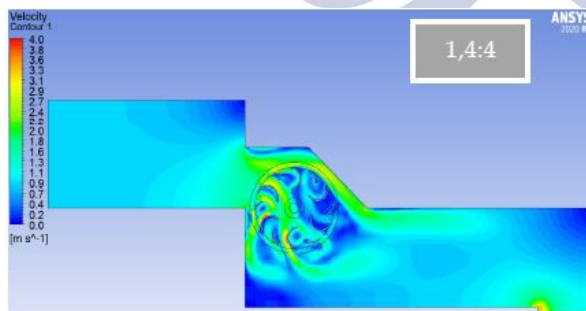
Gambar 21. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



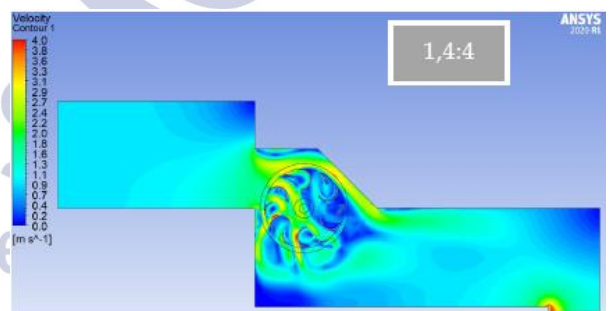
Gambar 18. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 22. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 19. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

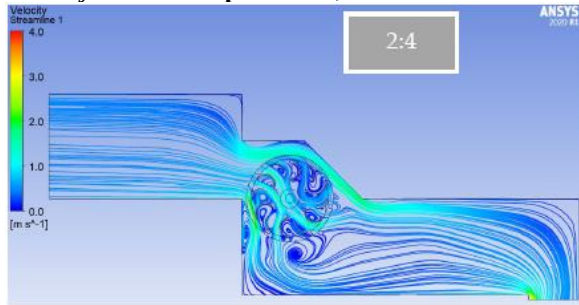


Gambar 23. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,6:4 dan variasi rasio 2:4 aliran masuk secara merata ke seluruh bagian sudu turbin sehingga percepatan terjadi secara maksimal dan daya yang dihasilkan juga besar, sedangkan pada variasi rasio sudu 1,4:4 dan variasi rasio 1,8:4 aliran fluida masuk tidak menyeluruh pada tiap sudu *runner* yang mengakibatkan daya yang dihasilkan kecil.

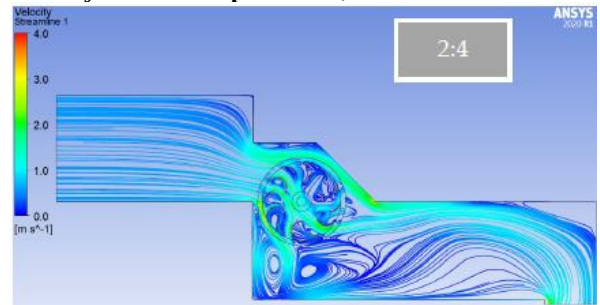
Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 aliran masuk secara merata ke seluruh bagian sudu turbin sehingga percepatan terjadi secara maksimal dan daya yang dihasilkan juga besar dibandingkan dengan variasi RE yang sebelumnya, dikarenakan kecepatan aliran dan juga kapasitas air pada variasi ini besar.

Velocity Streamline pada $Re\ 7,94 \times 10^4$

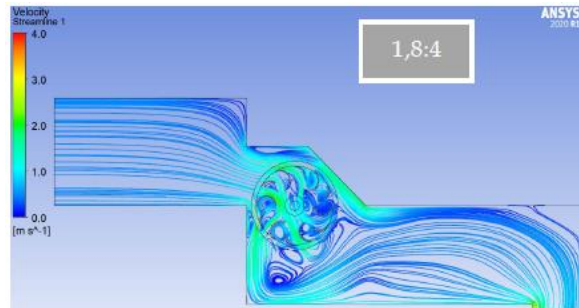


Gambar 24. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4

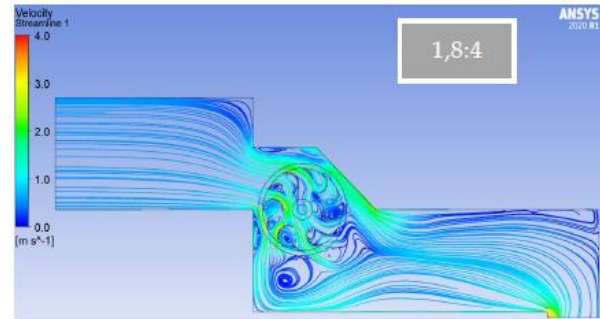
Velocity Streamline pada $Re\ 9,14 \times 10^4$



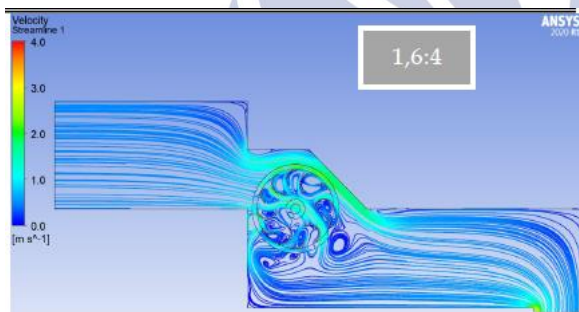
Gambar 28. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4



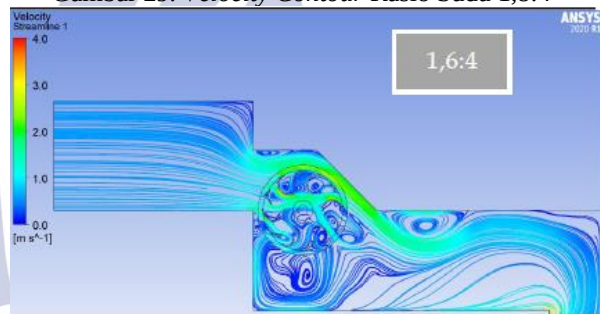
Gambar 25. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



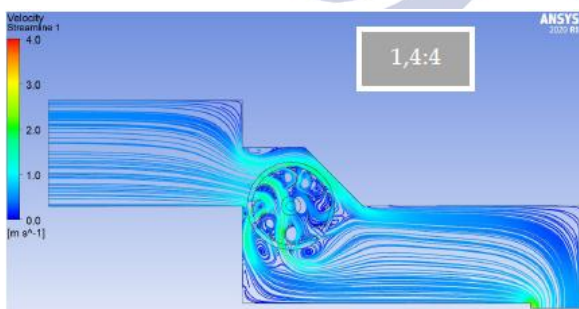
Gambar 29. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



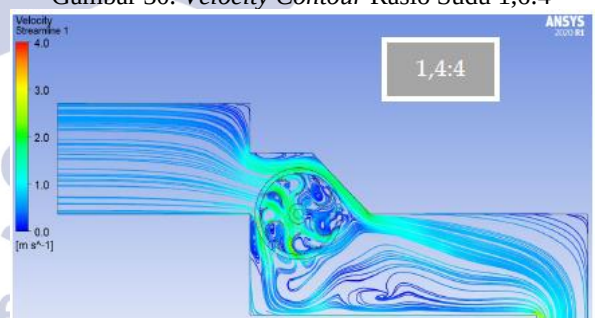
Gambar 26. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 30. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



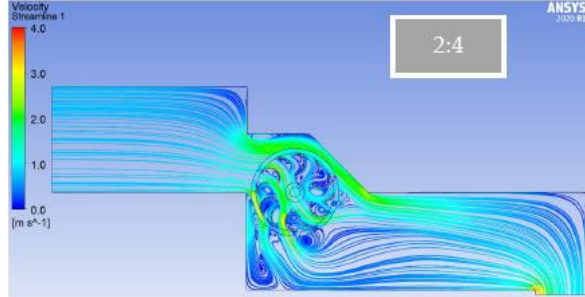
Gambar 27. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4



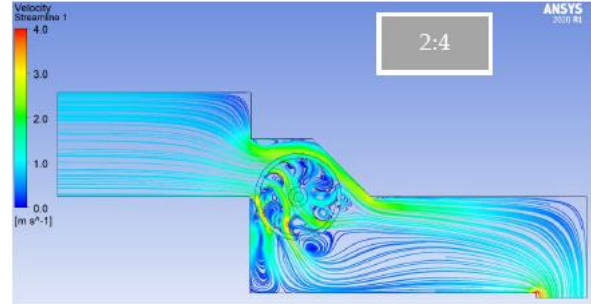
Gambar 31. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 *velocity streamline* pada tiap variasi bilangan *Reynolds* mirip dengan satu sama lain karena memiliki karakteristik aliran yang sama untuk tiap variasi, akan tetapi mempunyai nilai kecepatan yang berbeda-beda satu sama lain.

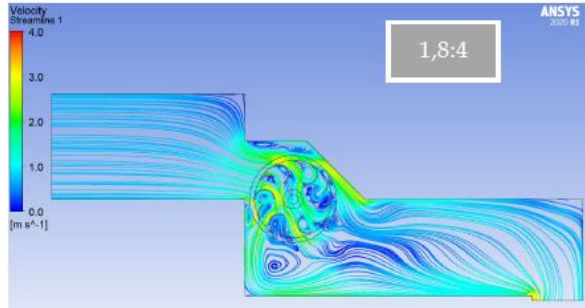
Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 *velocity streamline* pada tiap variasi bilangan *Reynolds* mirip dengan satu sama lain karena memiliki karakteristik aliran yang sama untuk tiap variasi, akan tetapi mempunyai nilai kecepatan yang berbeda-beda satu sama lain, namun pada variasi rasio sudu 1,6:4 dan 1,4:4 kondisi *streamline* aliran ketika melewati *runner* berantakan dikarenakan pada rasio sudu tersebut aliran tidak masuk kedalam *runner* dengan baik sehingga aliran tidak stabil setelah melewati *runner*.

Velocity Streamline pada $Re\ 1,18 \times 10^5$ 

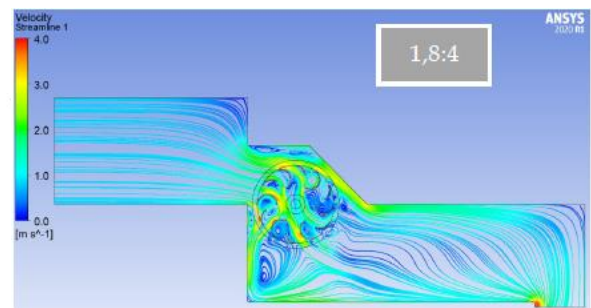
Gambar 32. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4

Velocity Streamline pada $Re\ 1,33 \times 10^5$ 

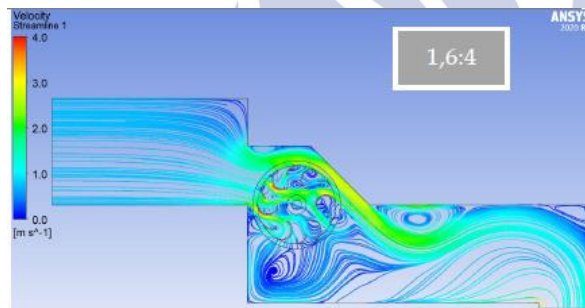
Gambar 36. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4



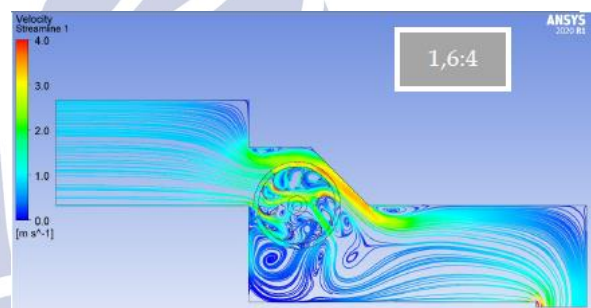
Gambar 33. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



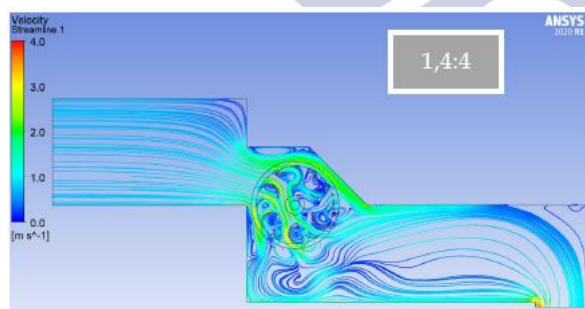
Gambar 37. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



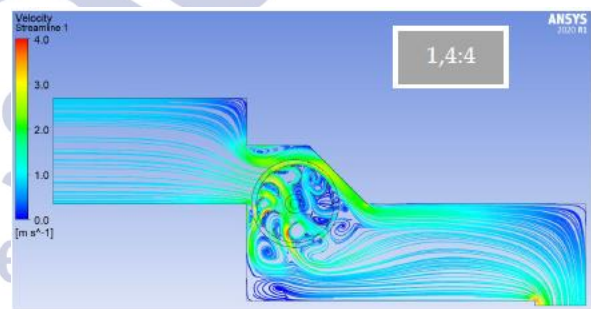
Gambar 34. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 38. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



Gambar 35. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

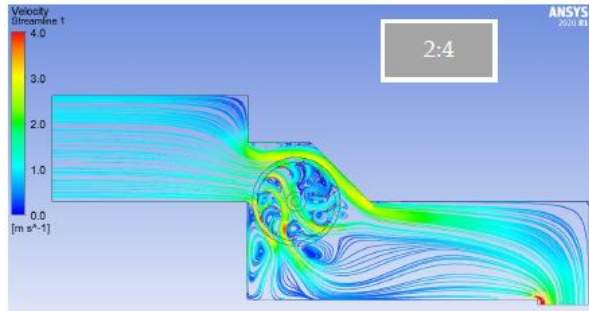


Gambar 39. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

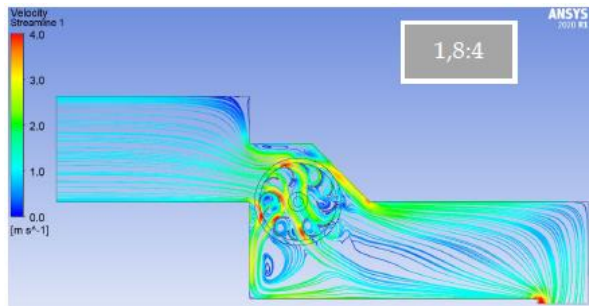
Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 *velocity streamline* pada tiap variasi bilangan *Reynolds* mirip dengan satu sama lain karena memiliki karakteristik aliran yang sama untuk tiap variasi, akan tetapi pada variasi sudu 1,8:4 dan 1,6:4 aliran masuk ke sudu-sudu *runner* dengan baik sehingga menghasilkan daya yang tinggi dibanding variasi rasio yang lain.

Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 *velocity streamline* pada tiap variasi bilangan *Reynolds* mirip dengan satu sama lain karena memiliki karakteristik aliran yang sama untuk tiap variasi, akan tetapi pada variasi sudu 1,6:4 aliran yang telah melewati sudu-sudu *runner* menjadi tidak beraturan dikarenakan pada *wall* atas aliran sangat menumpuk yang ditandai dengan garis aliran menjadi sangat rapat dan warna garis menjadi merah, sehingga tekanan yang dihasilkan tinggi dan kecepatan menjadi menurun.

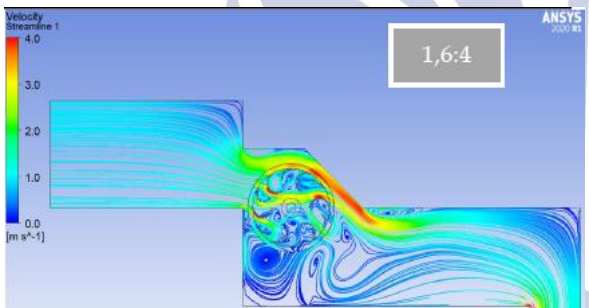
Velocity Streamline pada $1,50 \times 10^5$



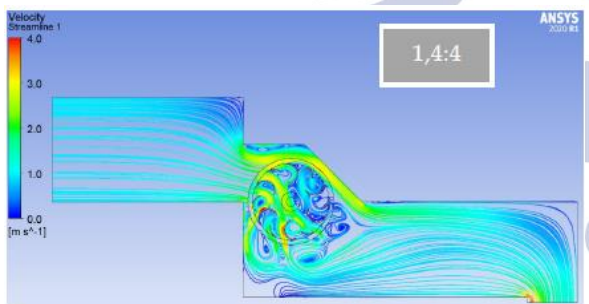
Gambar 40. Velocity Contour Rasio Sudu 2:4



Gambar 41. Velocity Contour Rasio Sudu 1,8:4



Gambar 42. Velocity Contour Rasio Sudu 1,6:4



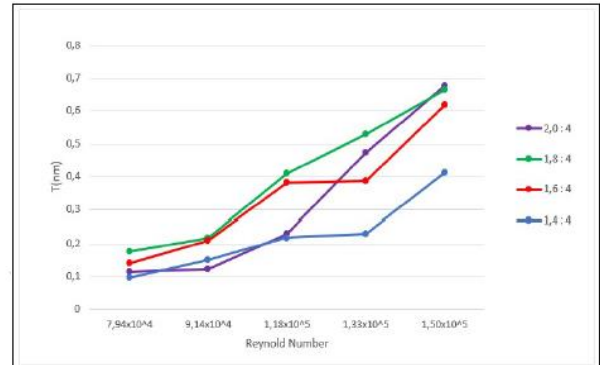
Gambar 43. Velocity Contour Rasio Sudu 1,4:4

Dapat dilihat pada variasi rasio sudu 1,4:4, 1,6:4, 1,8:4, dan 2:4 *velocity streamline* pada tiap variasi bilangan *Reynolds* mirip dengan satu sama lain karena memiliki karakteristik aliran yang sama untuk tiap variasi, akan tetapi pada variasi sudu 1,6:4 aliran yang telah melewati sudu-sudu *runner* menjadi tidak beraturan dikarenakan pada *wall* atas aliran sangat menumpuk yang ditandai dengan garis aliran menjadi sangat rapat dan warna garis menjadi merah, sehingga tekanan yang dihasilkan tinggi dan kecepatan yang dihasilkan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan

variasi rasio sudu yang lain. Pada rasio sudu 2:4 yang memiliki daya paling tinggi dibanding dengan variasi rasio yang lain.

Pembahasan

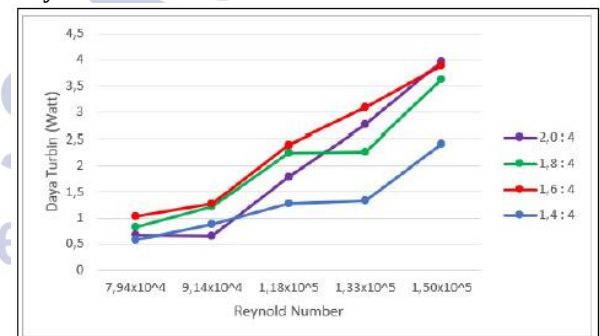
Pengaruh Variasi bilangan *reynolds* Terhadap hasil Torsi



Gambar 44. Grafik Hasil Perolehan Torsi

Dilihat dari grafik diatas bahwa rata – rata hasil perolehan torsi menunjukan tren menaik secara stabil. tetapi terjadi kenaikan hasil torsi yang besar pada turbin rasio sudu 2:4 pada variasi *Reynolds Number* $1,50 \times 10^5$ dengan nilai 0,677 N.m. perubahan ini terjadi karena luas penampang pada sudu yang yang ditabrak aliran air yang besar pada setiap sudu nya sehingga hasil torsi yang dihasilkan tinggi dibandingkan dengan variasi rasio yang lain. Sedangkan pada variasi rasio sudu 1,6:4 pada variasi *Reynolds Number* $1,18 \times 10^5$ dan $1,33 \times 10^5$ mengalami peningkatan nilai torsi yang tidak terlalu tinggi dari nilai torsi 0,383 N.m meningkat menjadi 0,386 N.m.

Pengaruh Variasi *Reynolds Number* Terhadap Daya

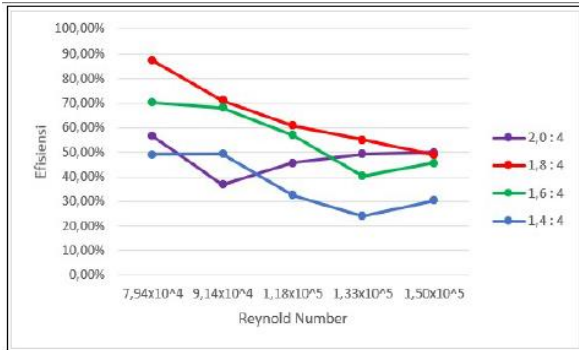


Gambar 45. Grafik Hasil Perhitungan Daya Turbin

Dari grafik diatas rata – rata hasil daya turbin menunjukan tren menaik secara konstan. Daya turbin mengalami peningkatan dari variasi *Reynolds Number*, daya tertinggi terjadi pada rasio sudu 2:4 variasi *Reynolds Number* $1,50 \times 10^5$ dengan daya sebesar 3,97 watt. Daya turbin dengan rasio sudu 1,8:4 mengalami peningkatan dengan daya turbin tertinggi terjadi pada variasi *Reynolds number* $1,50 \times 10^5$ dengan daya turbin sebesar 3,89 watt. Daya turbin dengan rasio sudu 1,6:4 mengalami peningkatan dengan daya tertinggi terjadi

pada variasi *Reynolds number* $1,50 \times 10^5$ dengan daya turbin sebesar 3,62 watt. Daya turbin dengan rasio sudu 1,4:4 mengalami peningkatan dengan daya tertinggi terjadi pada variasi *Reynolds number* $1,50 \times 10^5$ dengan daya turbin sebesar 2,41 watt.

Pengaruh Variasi *Reynolds Number* Terhadap Efisiensi Turbin



Gambar 46. Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

Dari analisis yang sudah diberikan diatas maka dapat disimpulkan bahwa variasi rasio sudu 1,8:4 pada *Reynolds Number* $7,94 \times 10^4$ memiliki hasil efisiensi yang paling tinggi dibandingkan yang lain. Hasil ini terjadi karena pada turbin dengan rasio itu arah aliran air ketika menabrak sudu turbin pada arah yang baik atau optimal. Sedangkan pada turbin dengan rasio sudu 1,4:4, hasil nilai efisiensi yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan rasio sudu 1,6:4 dikarenakan aliran air menabrak turbin tidak pada kondisi yang baik sehingga mengakibatkan penurunan kinerja.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan, kesimpulan yang dihasilkan sebagai berikut:

- Daya tertinggi dapat dicapai oleh rasio panjang sudu pengganggu 2:4 menghasilkan daya sebesar 3,97 Watt pada kapasitas 18,113 L/s. Sedangkan, turbin dengan panjang sudu pengganggu 1,8:4 menghasilkan daya sebesar 3,89 Watt, turbin dengan panjang sudu pengganggu 1,6:4 menghasilkan daya sebesar 3,62 Watt dan turbin dengan rasio panjang sudu pengganggu 1,4:4 menghasilkan daya sebesar 2,41 Watt.
- Efisiensi optimum dihasilkan dari turbin dengan rasio panjang sudu pengganggu 1,8:4 menghasilkan efisiensi sebesar 87,42% pada kapasitas 9,572 L/s. Sedangkan, turbin dengan variasi rasio 1,4:4 menghasilkan efisiensi sebesar 49,04%, turbin dengan variasi rasio 1,6:4 memiliki nilai efisiensi sebesar 70,48%, dan turbin dengan variasi rasio 2:4 memiliki efisiensi sebesar 56,63%.
- Pada hasil simulasi ini dapat ditarik kesimpulan mengenai memvariasikan rasio panjang sudu dengan sudu pengganggu dapat mempengaruhi hasil kinerja turbin crossflow. Semakin besar tekanan pada sudu maka daya yang dihasilkan akan semakin besar dan

mengakibatkan pengaruh pada nilai efisien yang diberikan pada kinerja turbin

Saran

- Perlu adanya penelitian lanjutan pada variasi rasio sudu pengganggu dengan sudu utama setengah lingkaran yang berbeda.
- Pada penelitian berikutnya diharapkan peralatan dan komponen yang mendukung proses penelitian lebih baik agar mempermudah dan memperlancar proses pengambilan data selama masa penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. (2019). Analisa Numerik Sudut Sudu Masuk Dan Keluar Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Turbin.
- Ali, M. (2018). Computational Fluid Dynamics Computational Fluid Dynamics CSE-801. In Fluid Mechanics. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012405935100006X>
- Endarti, H., & Adiwibowo, P. H. (2018). Abstrak uji eksperimental pengaruh variasi rasio panjang sudu pengganggu dengan sudu utama setengah lingkaran terhadap kinerja turbin. 2018.
- Figueiredo, J., & Martins, J. (2010). Energy Production System Management - Renewable energy power supply integration with Building Automation System. *Energy Conversion and Management*, 51(6), 1120–1126. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.12.020>
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook Of Machine Design (S.I. Units), Ram Nagar, New Delhi, Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. Machine Design, 1(I), 200. <https://docs.google.com/file/d/0B7OQo6ncgyFjwW53VEJEclZuSzQ/edit>
- Philip J. and Leylegian, J. C. (2011). *Fox and McDonald's introduction to Fluid Mechanics*. Jhon Wiley & Sonc Inc.
- Waskito, A., & Wailanduw, G. (2022). Simulasi Numerik Sayap dengan Airfoil NACA 4412 dengan Variasi Sweep Angle Terhadap Gaya Angkat dan Gaya Hambat. *Abstrak adit ansys.pdf*.